



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed Khider Biskra

Faculté des sciences exactes et sciences de la nature et de la vie

Département des Sciences Agronomiques

THÈSE

Pour l'obtention du Diplôme de Doctorat En Sciences Agronomiques

Abondance saisonnière de la pyrale des dattes (*Ectomyelois ceratoniae* Zeller., 1839), bioécologie, comportement et essai de lutte

Présenté par : MEHAOUA Mohamed Seghir

Soutenue le : 18 décembre 2014

Devant le jury composé de :

Président :	BELHAMRA Mohamed	Professeur	Université Mohamed Khider	Biskra
Promoteur :	OUAKID M ^{ed} Laid	Professeur	Université Badji Moktar	Annaba
Examineurs :	SI BACHIR Abdelkrim	Professeur	Université Hadj Lakhdar	Batna
	BAIRI Abdelmadjid	Professeur	Université Badji Moktar	Annaba
	BENZIOUCHE Salah Eddine	M.C.A	Université Mohamed Khider	Biskra

Année Universitaire : 2013-2014

Dédicaces

A la mémoire de ma très chère mère Khadidja,

A mon père Bachir,

A mon beau-père Mohamed,

A ma belle-mère Dalila,

A ma femme, j'exprime mes plus grands remerciements et toute ma reconnaissance pour tous les sacrifices et efforts, sans lesquels je n'aurais jamais pu achever ce travail. Je te remercie spécialement, du fond du cœur pour ta grande patience, ton soutien moral, ta compréhension et ta présence affectueuse à mes côtés jusqu'à la dernière minute,

A mes enfants que j'aime profondément, je les prie de m'excuser pour leur avoir consacré peu de mon temps lors de la réalisation de ce travail,

A mes frères et beaux-frères,

A mes sœurs et belles-sœurs,

Au grand Chef et à son équipe de recherche,

A ma famille,

A mes amis (es),

Je dédie ce modeste travail

Mehaoua Med Seghir

REMERCIEMENTS

En tout premier lieu, je remercie, Monsieur **BELHAMRA Mohamed** Professeur à l'Université de Mohamed Kheider de Biskra, de m'avoir fait l'honneur de présider le jury de ma thèse. Malgré vos multiples occupations et responsabilités vous avez toujours su m'apporter les conseils scientifiques judicieux qui s'imposent. Vos conseils et remarques pertinents m'ont toujours poussé à faire mieux. A vrai dire je ne saurai assez vous exprimer ma reconnaissance et ma profonde gratitude.

Je remercie vivement Monsieur **SI BACHIR Abdelkrim**, Professeur à l'université de Batna, pour avoir accepté de juger ce travail mais aussi pour les nombreux conseils et encouragements que vous me faites. Qu'il trouve ici, l'expression de ma profonde gratitude.

A vous, Monsieur **BAIRI Abdelmadjid**, Professeur à l'Université Badji Mokhtar d'Annaba, je vous adresse mes sincères remerciements pour l'honneur que vous me faites en acceptant de participer à mon jury. Je suis profondément marqué par l'accueil que je reçois à chacun de mes passages à Annaba. Je vous réitère ma considération et mon estime.

Je tiens à remercier également le Docteur **BENZIOUCHE Salah Eddine** de l'Université de Mohamed Kheider de Biskra, pour avoir accepté d'examiner mon travail et de faire partie de mon jury. Qu'il trouve ici, le témoignage de mon profond respect.

J'aimerais exprimer ma profonde reconnaissance et mes remerciements les plus sincères à mon directeur de recherche, monsieur **OUAKID Med Laïd**, Professeur à l'Université Badji Mokhtar d'Annaba, pour m'avoir accueilli dans son équipe de recherche, et m'avoir fourni d'excellents moyens logistiques, je ne saurai assez vous exprimer toute ma reconnaissance et mon estime. Vous avez su me guider inlassablement, en me faisant profiter de votre expérience dans tous les aspects de la recherche scientifique. Je suis très marqué par votre sens du travail méthodique. En tant que directeur, vous vous êtes toujours comporté en conseiller ami et vos suggestions ne m'ont pas fait défaut pour parvenir à ces résultats. Malgré vos multiples responsabilités et occupations, vous avez mis la main avec minutie à la finition de ce document. Par votre grandeur de cœur, votre disponibilité exceptionnelle et votre amour pour la science, vous avez toujours agi à mon égard avec délicatesse en ne ménageant aucun

moyen possible pour la bonne réalisation de ces travaux. Je vous renouvelle mes sincères remerciements.

J'adresse mes plus vifs remerciements et ma plus chaleureuse et amicale reconnaissance à Monsieur le Professeur Sellami Mahdi, du département de Zoologie à l'Institut National Agronomique, pour ces conseils précieux. Qu'ils trouvent ici mes remerciements les plus distingués.

Je remercie profondément Monsieur Guimeur Kamel chef du département des sciences agronomiques, pour le soutien moral et matériel.

Je ne saurai remercier Mr Hadjeb Ayoub, pour son aide précieuse au laboratoire et dans les travaux de terrain et son soutien moral qu'il m'a apporté. Veuillez trouver ici l'expression de ma sincère et humble gratitude.

A ma collègue Mme BEDJAOUI Hanane, Vous avez toujours répondu avec promptitude à mes différents questionnements. Je garde pour vous une grande estime et vous remercie très vivement.

Qu'il me soit permis de remercier mes chers amis de l'équipe de recherche du département de biologie de l'université d'Annaba : Wafa, Rym, Hiba, Saliha, Hadjer et Fatiha pour leur soutien moral

Je tiens à remercier également tous les ingénieurs et les techniciens de la station régionale de la protection des végétaux de Biskra (SRPV) et en particulier Monsieur Nadji Sliman et Boubaker Nabil, ils ont mis à ma disposition tous les moyens matériels et humains pour réaliser ce travail.

J'associe à ces remerciements toute l'équipe du Département de Science Agronomique, les enseignants-chercheurs, les techniciens, et mes collègues doctorants, pour tous les échanges techniques, scientifiques et pour leur sympathie.

Je remercie très vivement mes beaux parents qui m'ont toujours soutenu et encouragé dans les durs moments de la réalisation de cette thèse, je garde pour vous une gratitude indélébile.

Mes sincères remerciements vont également à mes chers amis (es), Benbouza H., Menacer S., Mimeche F., Belkhiri D., Laoufi H., Bensalah M.K., Metai N., Tabib R., Matalah S., Boumaraf B., Houhou M.T., Khechai S., Doua T., Ben Ali B., Amouri A.M., Ghanami H., Karoui H., Ben Ali M., Hadji S., Menasria K., Idrenmouchen S., Aoudjit R., Merabti B. Bouaicha R., Mahiout D., Bouanane R., Debi A., Ismail F., Lebouze I. , Saidane H., Fekih A., Guemari K., Faouaz, Smati M., Bouchachi A., Mazrouni A.K., pour le soutien moral ou matériel qu'ils m'ont apporté.

MEHAOUA Med Seghir

Liste des figures

Figure 1 : Situation géographique de la wilaya de Biskra.....	6
Figure 2 : Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Biskra pour la période 2003 – 2013.....	11
Figure 3 : Localisation de la région de Biskra sur le climagramme d'EMBERGER.....	13
Figure 4 : Potentialités agricoles de la région de Biskra.....	14
Figure 5 : Localisation de la station d'étude.....	16
Figure 6 : Vue générale de la parcelle d'étude.....	17
Figure 7 : Cycle biologique d' <i>E. ceratoniae</i> Zeller.....	19
Figure 8 : Dégâts d' <i>Ectomyelois ceratoniae</i> sur la datte Deglet Nour.....	20
Figure 9 : Placement des pièges à phéromones.....	21
Figure 10 : Piège à phéromone.....	22
Figure 11 : Thermomètre électronique.....	22
Figure 12 : Elevage de masse de la pyrale des dattes sur milieu d'élevage artificiel	24
Figure 13 : Étude des paramètres biologiques d' <i>E. ceratoniae</i> sur milieu d'élevage artificiel.....	25
Figure 14 : Élevage de l' <i>E. ceratoniae</i> dans les fruits des différentes variétés de datte.....	27
Figure 15 : Dispositif de test dans une enceinte close.....	32
Figure 16 : Test en olfactomètre.....	33
Figure 17 : Procédé de traitement des larves d' <i>E. ceratoniae</i> par les deux biopesticides.....	36
Figure 18 : Fluctuation de la population d' <i>Ectomyelois ceratoniae</i> durant les années 2009, 2010 et 2011.....	38
Figure 19 : Fluctuations des températures et des populations d' <i>Ectomyelois ceratoniae</i> durant l'hiver (A : 2009, B : 2010 et C : 2011).....	40
Figure 20 : Fluctuations des températures et des populations d' <i>Ectomyelois ceratoniae</i> durant le printemps (A : 2009, B : 2010 et C : 2011).....	42
Figure 21 : Fluctuations des températures et des populations d' <i>Ectomyelois ceratoniae</i> durant l'été (A : 2009, B : 2010 et C : 2011).....	44
Figure 22 : Fluctuations des températures et des populations d' <i>Ectomyelois ceratoniae</i> durant l'automne (A : 2009, B : 2010 et C : 2011).....	46

Liste des tableaux

Tableau 1. Les principaux sols de la région de Biskra et du reste du Sahara algérien.....	7
Tableau 2. Températures moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période 2003-2013.....	8
Tableau 3. Précipitations moyennes mensuelles en (mm) de la région de Biskra durant la période 2003-2013.....	9
Tableau 4. Taux d'humidité relative de la région de Biskra durant la période 2003-2013.....	10
Tableau 5. Vitesses moyennes mensuelles des vents durant la période 1996-2006 exprimées en kilomètre par heures.....	10
Tableau 6. Superficies et productions des cultures dans la wilaya de Biskra.....	15
Tableau 7: Caractéristiques morphologiques des trois variétés de datte étudiées.....	17
Tableau 8: Caractéristiques chimiques des trois variétés de datte étudiées.....	18
Tableau 9 : Corrélation des fluctuations des populations de la pyrale des dattes et des variations des températures minimales, maximales et moyennes durant la saison hivernale.....	41
Tableau 10 : Corrélation des fluctuations des populations de la pyrale des dattes et des variations des températures minimales, maximales et moyennes durant la saison printanière.....	43
Tableau 11 : Corrélation des fluctuations des populations de la pyrale des dattes et des variations des températures minimales, maximales et moyennes durant la saison estivale.....	45
Tableau 12 : Corrélation des fluctuations des populations de la pyrale des dattes et des variations des températures minimales, maximales et moyennes durant la saison automnale.....	47
Tableau 13 : Durée moyenne de développement (en jour) d' <i>E. ceratoniae</i> en milieu artificiel.....	48
Tableau 14 : Nombre des œufs pondus par femelle et taux d'éclosion	49
Tableau 15 : Les paramètres de reproduction d' <i>E. ceratoniae</i> en milieu artificiel.....	50
Tableau 16 : Les paramètres de croissance de la population d' <i>E. ceratoniae</i> élevée sur un milieu artificiel.....	50
Tableau 17 : Nombre des mâles et des femelles émergées et sex-ratio d' <i>E. ceratoniae</i>	51
Tableau 18 : Longévité des mâles et femelles d' <i>E.ceratoniae</i>	51

Tableau 19 : Durée moyenne de développement (en jours) d' <i>E. ceratoniae</i> sur les fruits des trois variétés de datte testées.....	52
Tableau 20 : Les paramètres de reproduction d' <i>E. ceratoniae</i> sur les fruits de trois variétés de datte.....	54
Tableau 21 : Les paramètres de croissance de la population d' <i>E. ceratoniae</i> sur les fruits de trois variétés de datte.....	55
Tableau 22 : Sex-ratio d' <i>E. ceratoniae</i> élevées sur les trois variétés de datte.....	56
Tableau 23 : Comparaison entre la longévité des mâles et des femelles d' <i>E. ceratoniae</i> élevées dans les trois variétés de datte.....	56
Tableau 24 : Comparaison entre la longévité des mâles et des femelles d' <i>E. ceratoniae</i> de chaque variété de datte.....	57
Tableau 25 : Attractivité en enceinte close des différents stades larvaires d' <i>E. ceratoniae</i> par les odeurs des dattes fraîches et leurs extraits au pentane et à l'hexane.....	58
Tableau 26 : Temps de latence (en secondes) de l'attractivité des stades larvaires d' <i>E. ceratoniae</i> par les odeurs des dattes fraîches et leurs extraits au pentane et à l'hexane en enceinte close.....	60
Tableau 27 : Temps de parcours (en secondes) de l'attractivité des stades larvaires d' <i>E. ceratoniae</i> par les odeurs des dattes fraîches et leurs extraits au pentane et à l'hexane en enceinte close.....	61
Tableau 28 : Attractivité en olfactomètre des différents stades larvaires d' <i>E. ceratoniae</i> par les odeurs des dattes fraîches et des extraits de dattes au pentane et à l'hexane.....	62
Tableau 29 : Temps de détection (en secondes) de l'attractivité des stades larvaires d' <i>E. ceratoniae</i> par les odeurs des dattes fraîches et leurs extraits au pentane et à l'hexane en olfactomètre.....	63
Tableau 30 : Temps de parcours (en secondes) de l'attractivité des stades larvaires d' <i>E. ceratoniae</i> par les odeurs des dattes fraîches et leurs extraits au pentane et à l'hexane en olfactomètre.....	64
Tableau 31 : Taux de mortalité corrigée des larves du 1 ^{er} stade d' <i>Ectomyelois ceratoniae</i> traités par le l'Azadirachtine.....	65
Tableau 32 : Paramètres toxicologiques d'Azadirachtine après 24h ,48h, 72h, 96h et 120h.....	66
Tableau 33 : Taux de mortalité corrigée des larves du 1 ^{er} stade d' <i>Ectomyelois ceratoniae</i> traités par le <i>Bacillus thuringiensis</i>	67

Tableau 34 : Paramètres toxicologiques du <i>Bacillus thuringiensis</i> après 24h ,48 h, 72h, 96h, 120h et144h.....	68
Tableau 35 : Nombre moyen des œufs pondus par femelle et taux d'éclosion.....	69
Tableau 36 : Nombre moyen des œufs pondus par femelle et taux d'éclosion.....	70

SOMMAIRE

	Pages
1. Introduction	1
2. Matériel et Méthodes	6
2.1. Situation géographique de la région d'étud	6
2.2. Facteurs abiotiques	6
2.2.1. Sol.....	7
2.2.2. Relief.....	8
2.2.3. Climat.....	9
2.2.3.1. Températures.....	9
2.2.3.2. Pluviométrie.....	10
2.2.3.3. Humidité relative.....	10
2.2.3.4. Vent.....	11
2.2.3.5. Synthèse climatique.....	11
2.2.3.5.1. Diagramme ombrothermique de Gausсен.....	12
2.2.3.5.2. Climagramme d'Emberger.....	13
2.3. Facteurs biotiques	15
2.3.1. Végétation.....	15
2.3.1.1. Milieu cultivé.....	15
2.4. Situation de la phœniciculture dans la wilaya de Biskra	16
2.4.1. Importance du patrimoine.....	16
2.5. Présentation de la station d'étude	17
2.6. Matériel végétal	18
2.6.1. Les variétés de dattes.....	18
2.7. Matériel biologique	19
2.7.1. La pyrale des dattes.....	19
2.7.1.1. Cycle biologique.....	19
2.7.1.2. Dégâts.....	20
2.8. Etude de l'abondance saisonnière d'<i>Ectomyeloides ceratoniae</i>	22
2.8.1. Analyse statistique.....	23
2.9. Elevage de masse	23
2.10. Etude des paramètres biologiques d'<i>Ectomyeloides ceratoniae</i> sur milieu d'élevage artificiel	25

2.11. Etude des paramètres biologiques et mesures biométriques d'<i>Ectomyelois ceratoniae</i> sur les dattes de trois variétés.....	26
2.11.1. Les paramètres étudiés.....	28
2.11.1.1. Paramètres de développement.....	28
2.11.1.2. Paramètres de reproduction.....	28
2.11.1.3. Paramètres de croissance.....	29
2.12. Comportement alimentaire.....	30
2.12.1. Tests olfactifs.....	30
2.12.1.1. Préparation des extraits des dattes.....	30
2.12.1.2. Tests en enceinte close.....	31
2.12.1.3. Tests en olfactomètre en Y.....	32
2.12.2. Analyse statistique.....	33
2.12.2.1. Simulation de Monte-Carlo.....	33
2.13. Essai de lutte.....	33
2.13.1. Les biopesticides utilisés.....	33
2.13.1.1. Azadirachtine.....	33
2.13.1.2. <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>.....	34
2.13.2. Mode opératoire.....	35
2.13.2.1. Préparation des différentes doses pour les bioessais.....	35
2.13.2.2. Etude de la toxicité de l'Azadirachtine sur les larves de la pyrale des dattes.....	35
2.13.2.3. Etude de la toxicité du <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> sur les larves de la pyrale des dattes.....	35
2.13.2.4. Etude de l'effet des biopesticides utilisés sur la fertilité des femelles et des œufs	36
2.13.3. Analyse statistique.....	37
3. Résultats.....	38
3.1. Bioécologie.....	38
3.1.1. Abondance saisonnière et influence de la température sur la fluctuation d'<i>Ectomyelois ceratoniae</i> durant les années 2009, 2010 et 2011.....	38
3.1.1.1. Saison hivernale	39
3.1.1.2. Saison printanière.....	41
3.1.1.3. Saison estivale.....	43

3.1.1.4. Saison automnale.....	45
3.1.2. Paramètres de développement, de croissance et de reproduction de la pyrale des dattes en milieu artificiel.....	48
3.1.2.1. Durée de développement et tables de vie	48
3.1.2.2. Paramètres de reproduction.....	48
3.1.2.3. Paramètres de croissance.....	50
3.1.2.4. Sex-ratio.....	50
3.1.2.5. Longévité moyenne des mâles et des femelles.....	51
3.1.3. Influence de la qualité nutritive de trois variétés de datte sur les paramètres biologiques de la pyrale des dattes.....	52
3.1.3.1. Durée de développement et tables de vie.....	52
3.1.3.2. Paramètres de reproduction.....	54
3.1.3.3. Paramètres de croissance.....	55
3.1.3.4. Sex-ratio.....	56
3.1.3.5. Longévité des mâles et des femelles.....	56
3.2. Effet des odeurs de trois variétés de dattes et leurs extraits sur l'attractivité des larves d' <i>Ectomyelois ceratoniae</i>	57
3.2.1. Tests en enceinte.....	57
3.2.1.1. Etude des temps d'attractivité d' <i>E. ceratoniae</i> par les odeurs des dattes fraîches et leurs extraits au pentane et à l'hexane en enceinte close.....	58
3.2.2. Tests en olfactomètre en Y	61
3.2.2.1. Etude des temps d'attractivité d' <i>E. ceratoniae</i> par les odeurs des dattes fraîches et leurs extraits au pentane et à l'hexane en olfactomètre.....	62
3.3. Lutte	64
3.3.1. Azadirachtine.....	64
3.3.1.1. Etude de la mortalité des larves d' <i>E. ceratoniae</i> exposé à l'Azadirachtine.....	64
3.3.1.2. Etude toxicologique d'Azadirachtine.....	66
3.3.2. <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>	67
3.3.2.1. Etude de la mortalité des larves d' <i>E. ceratoniae</i> exposées au <i>Bacillus thuringiensis</i>	67

3.3.2.2. Etude toxicologique du <i>Bacillus thuringiensis</i>	68
3.3.3. Etude de la fertilité des femelles et des œufs d' <i>E. ceratoniae</i>	68
4. Discussion	71
5. Conclusion	87
Références bibliographiques	91
Résumé	
Abstract	
ملخص	

1. Introduction

En Algérie, le palmier dattier (*Phoenix Dactylifera* L) constitue la composante principale de l'écosystème oasien grâce à sa remarquable adaptation aux conditions climatiques extrêmes, la haute valeur nutritive de ses fruits, les multiples utilisations de ses produits et sa morphologie favorisant d'autres cultures sous-jacentes (El Houmaizi, 2002).

Le patrimoine algérien a atteint à ce jour les 18.201.640 palmiers dont 13.791.910 constituent le potentiel productif, avec une production moyenne annuelle qui dépasse les 789.357 tonnes de dattes dont 50% est représentée par la variété Deglet Nour (Anonyme, 2012 a). Toutefois, plusieurs contraintes, notamment d'ordre phytosanitaire pénalise la phœniciculture algérienne (Allam, 2008), fait qui réduit la quantité de la production et altère la qualité des récoltes par l'attaque de certains ravageurs dont le plus important est la pyrale des dattes (*Ectomyelois ceratoniae* Zeller).

Cet insecte est un ravageur bien connu de la datte en Algérie (Lepigre, 1963; Wertheimer, 1958), il reste parmi les bioagresseurs les plus redoutables de la palmeraie algérienne. En effet, il attaque aussi bien la production pendante que les dattes stockées (Jarraya, et Vinson, 1980 et Dhouibi, 1989). Les pertes qu'il cause sont considérables et peuvent atteindre 20 à 30 % de la production des dattes dans le bassin méditerranéen (Abdelmoutaleb, 2008 ; Fatni, 2011). La pyrale des dattes est devenue donc une vraie menace économique pour la filière datte (Norouzi et *al.*, 2008).

Les dattes ne deviennent pas infestées jusqu'à ce qu'elles commencent à mûrir (Lepigre, 1963; Wertheimer, 1958), les larves issues des œufs pondus par ce petit papillon pénètrent dans les dattes en rampant sous le calice et déprécient considérablement leur qualité et leur valeur marchande (Jouve et *al.*, 2006). Certains stimuli olfactifs pourraient attirer les larves vers le calice (Dhouibi, 1982).

Les dommages causés par l'infestation des dattes empêchent toute consommation en frais ainsi que toute opportunité de conservation (Fatni, 2011). La polyphagie de cette espèce, sa large répartition dans l'espace et sur des hôtes variés rendent difficile la mise au point d'une stratégie de lutte efficace capable de limiter l'ampleur de ses dégâts.

L'étude des mécanismes responsables de la régulation des populations d'organismes vivants est essentielle pour une meilleure compréhension de la structure des communautés biologiques et de leurs forces d'évolution dans la nature (Alyokhin et *al.*, 2011). La connaissance des fluctuations d'effectifs sous l'effet des facteurs physiques de l'environnement est une donnée fondamentale, dans l'interprétation des mécanismes de variation d'abondance du ravageur dans la nature (Obame Minko, 2009).

Le climat est le facteur essentiel responsable de la répartition, le développement et la pullulation des arthropodes. Les conditions climatiques (la température, les précipitations atmosphériques, la concentration en CO₂, l'humidité atmosphérique, le vent, la photopériode, le clair de lune ...etc) sont les facteurs qui ont le plus d'influence sur l'histoire de vie des insectes (Eve Gagnon, 2012 ; Stacey 2003 et Parmesan, 2006). Ces facteurs exercent une action cinétique directe sur les grandes fonctions physiologiques, la fécondité, le développement, la survie et les réactions comportementales des insectes (Sentis, 2012). Certains facteurs tels que la photopériode et la température exercent également un contrôle sur l'activité endocrinienne et peuvent, ainsi, indirectement, modifier la fécondité, le mode et le rythme de reproduction, la vitesse de développement (Pouvreau, 2011). Bien qu'encore mal connus et très peu étudiés, les effets directs des précipitations et du CO₂ semblent mineurs (Baleet *al.*, 2002) par contre, leurs effets indirects ont été plus largement décrits et semblent plus importants pour les insectes (Coviella et Trumble, 1999).

En revanche, il n'existe pas de consensus quant à l'accroissement (positif ou négatif) des populations d'insectes ni à l'impact relatif des différents facteurs climatiques sur cet accroissement (Sentis, 2012). Les changements climatiques prévus pourraient accroître l'importance des maladies virales transmises par les insectes, lorsque la température constitue le facteur qui limite le développement des populations d'insectes vecteurs (Lepoivre, 2001).

Or, la température est le principal facteur météorologique qui influe sur les fluctuations et l'évolution des insectes. Elle est manifestement le facteur le plus critique pour les insectes phytophages, elle agit directement sur leur physiologie et leur comportement, mais aussi indirectement par l'intermédiaire de leur plante hôte ou de leurs prédateurs (Bale et *al.*, 2002). Une élévation de la température entraîne une augmentation de l'activité métabolique qui se traduit par un accroissement de la vitesse de déplacement, de développement et dans certains cas, le développement d'un plus grand nombre de générations

par année (Ayes et Lombardero, 2000, Altermatt, 2010; Roy et *al.*, 2002 ; Fuhrer, 2003 et Patterson et *al.*, 1999), l'abondance de leurs populations (Estay et *al.*, 2009). L'ambiguïté qui règne autour du rôle exact de la température sur la biologie des insectes, nous a poussés à étudier l'importance de ce facteur sur la fluctuation de la population d'*E. ceratoniae*.

La qualité et la quantité des aliments offerts par la plante hôte sont aussi des facteurs majeurs qui contrôlent la dynamique de population des insectes phytophages (Klingauf, 1987). Ainsi, la nutrition fournit à l'insecte les composés chimiques nécessaires pour sa croissance, son développement, sa reproduction, sa défense, ses déplacements et sa survie (Slansky et Rodriguez, 1987). La plante hôte, comme source de nourriture, joue un rôle déterminant dans la dynamique des populations avec ses composantes nutritives et ses composantes allélochimiques (Ohgushi, 1992).

Les indices de performance les plus importants et les plus étudiés dans le cadre des études liées à la dynamique des populations des insectes sont le temps de développement, la mortalité, la fécondité, la fertilité et le poids des larves. Les besoins nutritionnels d'un insecte changent en fonction du temps selon qu'ils soient destinés à la croissance, la reproduction, la diapause et la migration. En général, le besoin d'éléments nutritifs des jeunes stades larvaires est plus élevé que celui des larves plus âgées (Kumbasli, 2005).

Dans le but de contrôler ce ravageur polyphage, il devient primordial de bien cerner son comportement alimentaire face à une variété de sources de nourriture. Ce qui fait de l'étude des différents paramètres biologique sous l'effet des différents régimes alimentaires, une donnée fondamentale, permettant la compréhension et l'interprétation des mécanismes de variation d'abondance de ce prédateur.

Au cours des dernières années les phœniciculteurs se sont tournés massivement vers l'utilisation des produits chimiques comme moyen de lutte. Ces interventions chimiques n'ont pas permis, à ce jour, une protection efficace de la production dattière à cause de la biologie et du comportement alimentaire de la pyrale des dattes. Les larves de cette dernière se nourrissant et se développant à l'intérieur de la datte où elles y sont bien protégées (LebdiGrissa et *al.*, 2011 et Peyrovil et *al.*, 2011). L'utilisation parfois exagérée et non raisonnée des pesticides d'une part, et la méconnaissance de leur danger par les agriculteurs d'une autre part, aggravent leurs effets néfastes sur la santé humaine, les animaux,

l'environnement et provoque la raréfaction et la destruction de la faune utile (Oueld EL Hadj et *al.*, 2003 ; Ben Saad, 2010 ; Lhoucine, 2010 et Bissaad et *al.*, 2011).

Les pesticides de synthèse sont très toxiques pour la faune non ciblée à l'image des oiseaux, des mammifères, des amphibiens. Ils entraînent la concentration de leurs résidus dans la chaîne alimentaire, la pollution, le développement de résistance par les ravageurs après l'exposition de plusieurs générations (Bélangier et Musabyimana, 2005 ; Abdullah, 2009 et Richard, 2010).

Le principal inconvénient de l'emploi de ces nouvelles molécules de synthèse est leur non biodégradabilité, comme c'est le cas des substances organiques et minérales naturelles, par les micro-organismes. Ces molécules reproduisent, de ce fait, les substances initiales qui les composaient et se concentrent dans les organismes et se transmettent tout au long des chaînes alimentaires (Escoubet, 2011).

Partant du principe que les pesticides sont des substances toxiques utilisées pour tuer des êtres vivants «nuisibles», ils sont aussi dangereux pour les êtres vivants que nous sommes et pour les animaux. Par ailleurs, les importantes quantités de pesticides utilisées ne peuvent être sans effets sur la santé et l'environnement (Bissaad et *al.*, 2011). Ce qui rend urgent l'orientation vers d'autres moyens de lutte qui font appel aux composés naturels propres au monde vivant (végétal ou micro-organismes) pouvant être à l'origine de traitements préventifs et curatifs. En effet, mettre en valeur ces potentialités biologiques permet de contrôler efficacement les populations d'insectes nuisibles et réduire le risque de contamination de l'environnement causé par les molécules synthétiques et non-biodégradables (Philogene, 1991; Mossini et Kemmelmeier, 2005). Dans ce contexte les biologistes ont mis l'accent sur la création de d'une nouvelle génération de biopesticides à base d'huiles naturelles, de bactéries pathogènes, des régulateurs de croissance d'insectes (IGR), de phéromones, de nématodes et de toxines marines (Abdullah, 2009).

Beaucoup de recherches ont été menées sur les effets anti-appétant, l'inhibition de la croissance et le développement anormal de divers insectes suite à l'utilisation des insecticides naturels y compris l'azadirachtine (Schmutterer et Ascher, 1984 ; Bream et *al.*, 2001 ; Luc Petit, 2008). L'azadirachtine ainsi que des extraits naturels sont de puissants anti-appétant d'insectes et insectifuges (Butterworth et Morgan, 1968; Zanno et *al.*, 1975). Ils peuvent

également perturber la croissance, inhiber la mue (Koul et *al.*, 1987; Garcia et Rembold, 1984; Dorn et *al.*, 1986) et l'ovogenèse (Steets, 1976 ; Rembold et Sieber, 1981 ; Senthilnathan et Schoon, 2005).

A cet effet notre travail a pour objectifs dans un premier temps, d'étudier l'influence de la température sur l'abondance saisonnière de la pyrale des dattes dans la palmeraie de Tolga durant une période de trois ans.

En deuxième lieu, d'étudier l'impact de la qualité nutritionnelle de quatre régimes alimentaires (milieu d'élevage artificiel, les dattes des variétés Deglet Nour, Mech Degla et Ghars) sur les paramètres de développement, de reproduction, de croissance et le sex-ratio d'*E. ceratoniae*. Suivi de l'étude du comportement alimentaire de cet insecte avec des tests des dattes fraîches des trois variétés et leurs extraits à l'hexane et au pentane par l'utilisation d'un olfactomètre en forme Y et d'une enceinte close, afin de déterminer d'éventuelles molécules bioactives (attractives ou répulsives) présentent dans les dattes.

Enfin, nous avons réalisé une étude toxicologique avec deux biopesticides, l'azadirachtine et le *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, dans le but de déterminer principalement dans le laboratoire, la toxicité de ces molécules sur les différents stades larvaires d'*E. ceratoniae* et d'étudier également leurs effets différés sur la croissance, la reproduction et le développement de la pyrale des dattes.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Situation géographique de la région d'étude

La wilaya de Biskra est située à l'Est de l'Algérie, précisément au Sud des monts des Aurès. Elle apparaît comme un véritable espace tampon entre le Sahara et le Nord-Est algérien. Elle s'étend sur une superficie de 509,80 km² (Anonyme, 2011). Elle est limitée au Nord par la wilaya de Batna, au Nord-Ouest par la wilaya de M'sila, au Nord-Est par la wilaya de Khenchela, au Sud par la wilaya d'El Oued et Ouargla et au Sud-Ouest par la wilaya de Djelfa (Figure 1). La ville de Biskra se trouve à une altitude de 124 m au dessus de la mer.

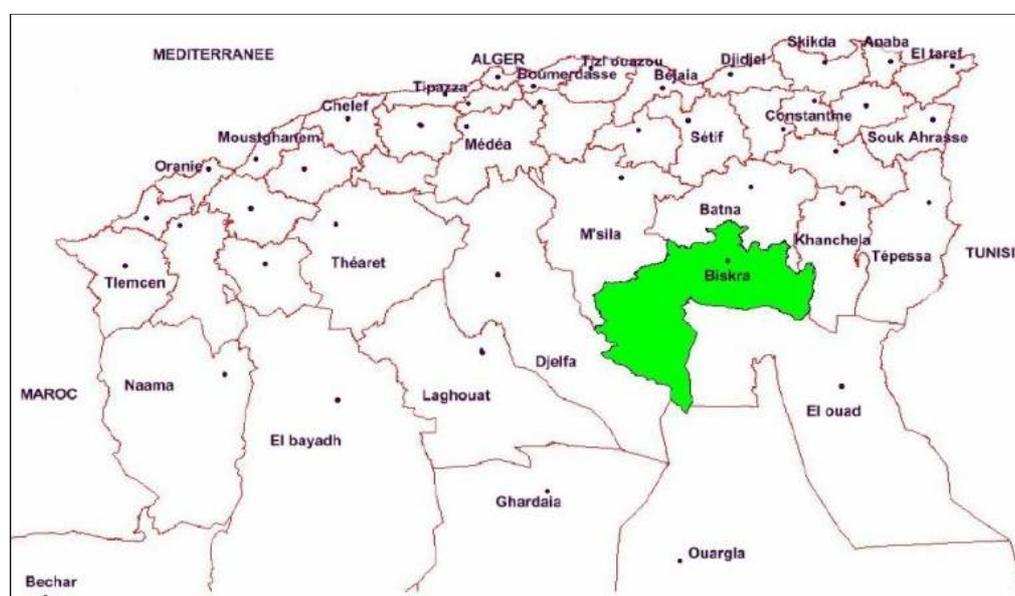


Figure 1 : Situation géographique de la wilaya de Biskra.

Echelle : 1/10000000 (Anonyme, 2011).

2.2. Facteurs abiotiques

2.2.1. Sol

Les facteurs édaphiques comprennent toutes les propriétés physiques et chimiques des sols qui ont une action écologique sur les êtres vivants (Dreux, 1974). D'après Halilat (1998), les sols de la région de Biskra sont hétérogènes mais ils sont constituent des mêmes catégories rencontrées dans l'ensemble des régions arides de l'Algérie (Tableau 1).

Tableau 1 : Les principaux sols de la région de Biskra et du reste du Sahara algérien (Halilat, 1998).

Classes	Groupes/Sous groupes
Sols minéraux bruts	Lithosols ou formations rocheuses
	Sols minéraux bruts d'ablation ou regs
	Sols minéraux bruts d'apport
Sols peu évolués	Sols des dayas
	Sols des buttes à Tamarix
	Sols des oasis
Sols halomorphes	Sols salés
	Sols sodiques
Paléosols	Les paléosols calci-magnésiques
	Les paléosols halomorphes

2.2.2. Relief

La wilaya de Biskra constitue une zone charnière entre le sud le nord algérien. Elle forme une région de transition du point de vue morphologique et bioclimatique. Ce passage se fait subitement au pied de l'Atlas saharien. On passe d'un relief assez élevé et accidenté au nord à une topographie de plateau légèrement inclinée vers le Sud.

Le relief de la région de Biskra est constitué de quatre grands ensemble géographique (Anonyme, 2002) :

- **Les montagnes :** situées au nord de la région presque découvertes de toutes végétations naturelles (El-Kantra, Djemoura et M'Chounech).
- **Les plateaux :** à l'ouest, ils s'étendent du nord au sud englobant presque les daïrates d'Ouled Djelal, Sidi Khaled et une partie de Tolga.
- **Les plaines :** sur l'axe El-Outaya-Daoucen, se développent vers l'est et couvrent la quasi totalité des daïrates d'El-Outaya, Sidi Okba et Zeribet El-Oued et la commune de Daoucen.
- **Les dépressions :** dans la partie sud-est de la wilaya de Biskra, (Chott Melghigh).

2.2.3. Climat

Le climat de Biskra est chaud et sec en été, froid et sec en hiver. Les caractéristiques de la zone d'étude sont obtenues à partir des données de la station météorologique de Biskra pour une période s'étalant de l'année 2003 à 2013.

2.2.3.1. Températures

Les données thermiques calculées sur une période de 11 ans (2003 – 2013) sont consignées dans le tableau 2. D'après les données enregistrées on remarque que les écarts thermiques sont importants en hiver et en été. A titre d'exemple, cet écart atteint environ 15°C en mois de juillet. Par ailleurs, la température moyenne annuelle est de 22,80°C.

Tableau 2 : Températures moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période 2003-2013

T°/Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jut	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
T° min	6,79	7,59	11,27	15,10	19,63	24,60	28,19	27,82	23,01	18,33	12,25	7,77	16,86
T° max	17,56	18,61	23,14	27,38	32,37	37,83	41,52	40,54	34,61	29,55	23,09	17,70	28,66
T° moy	11,89	12,96	17,32	21,49	26,27	31,65	35,22	34,26	28,89	23,91	17,32	12,39	22,80

(Source : Office National de la Météorologie)

T°max: Températures moyennes mensuelle des maxima,

T°min: Températures moyennes mensuelle des minima,

T°moy : Températures moyennes mensuelles.

Durant la période de 2003 à 2013, les températures moyennes minimales mensuelles sont les plus basses durant le mois de janvier (6,79°C), alors que le mois le plus chaud de l'année, est généralement le mois de juillet la température peut atteindre jusqu'à 28,19°C (Tableau 2).

Pour les températures moyennes maximales mensuelles, on remarque qu'elles sont plus faibles durant le mois de janvier de l'année 2003 jusqu'à l'année 2013 avec une température moyenne de 17,56°C. Par contre, le mois le plus chaud de l'année est juillet, où elle atteint 41,52°C (Tableau 2).

Concernant les températures moyennes mensuelles de la période 2003 à 2013, on constate qu'elles sont plus basses durant le mois de janvier (11,89°C). En été, les températures moyennes mensuelles sont plus élevées, durant le mois de juillet avec 35,22°C (Tableau 2).

2.2.3.2. Pluviométrie

La région des Ziban se caractérise par de très faibles précipitations. Elles ne dépassent généralement pas les 200 mm par an. Ces pluies tombent d'une manière irrégulière et peuvent être torrentielles.

La lecture des données du tableau 3, montre que le climat de la région de Biskra est caractérisé par l'irrégularité des pluies. Le tableau 4, montre bien qu'il existe des variations assez marquées de la pluviométrie durant les années 2003 jusqu'à 2013. De plus, la sécheresse a été relativement importante pendant ces années, qui s'étale durant toute l'année, caractérisée par de faibles précipitations. La pluviosité moyenne la plus élevée est enregistrée durant le mois d'octobre avec 26,81 mm et la plus faible au mois de juillet (0,92 mm), la moyenne annuelle est de 164,7 mm.

Tableau 3 : Précipitations moyennes mensuelles en (mm) de la région de Biskra durant la période 2003-2013

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jut	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
P (mm)	19,40	7,23	25,79	18,73	12,10	7,71	0,92	3,00	15,29	26,81	15,54	12,15	164,7

(Source : Office National de la Météorologie)

2.2.3.3. Humidité relative

Les données du tableau 4, montrent que l'humidité relative est faible et varie beaucoup dans l'année par les effets des températures élevées et les amplitudes thermiques importantes. Elles oscillent généralement entre 25,18% au mois de juillet et 59,04% au mois de décembre (Tableau 4).

Tableau 4 : Taux d'humidité relative de la région de Biskra durant la période 2003-2013

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jut	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moyenne
Hr %	55,54	48,95	42,85	39,04	33,05	28,03	25,18	28,45	39,60	46,20	53,11	59,04	41,59

(Source : Office National de la Météorologie)

2.2.3.4. Vent

Dans la région de Biskra, les vents sont fréquents durant toute l'année. En hiver, on enregistre la prédominance des vents froids et humides venant des hauts plateaux et du nord-ouest, les vents issus du sud sont plus secs et froids. Par contre, en été les vents sud et du sud-est sont chauds et secs (sirocco) et sont fréquents de juillet jusqu'en novembre. Au printemps et même en été, les vents de sables qui prennent la direction Sud-Ouest sont un phénomène habituel dans la région d'étude.

Entre 2003 et 2013, la vitesse moyenne mensuelle du vent la plus élevée est enregistrée dans le mois d'Avril (18,52 km/h), alors que, la plus faible est obtenue en octobre (10,47 km/h) (Tableau 5).

Tableau 5 : Vitesses moyennes mensuelles des vents durant la période 1996-2006 exprimées en kilomètre par heures.

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jut	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Vitesse moyen du vent (km/h)	12,96	14,30	16,02	18,52	17,51	14,23	11,73	11,00	11,49	10,47	11,32	12,44

(Source : Office National de la Météorologie)

2.2.3.5. Synthèse climatique

Les différents facteurs climatiques n'agissent pas indépendamment les uns des autres. Pour en tenir compte divers indices ont été proposés, les plus employés font intervenir la température et la pluviosité, qui sont les facteurs les mieux connus et les plus importants. Ces derniers permettent de définir les limites climatiques d'une espèce donnée (Lebreton, 1978; Dajoz, 1996).

2.2.3.5.1. Diagramme ombrothermique de Gausсен

Ce diagramme ombrothermique a été réalisé avec les données climatiques relevées durant de la période 2003-2013.

On a tracé pour chaque période un graphique où l'on porte en abscisse les mois et en ordonnée à droite les précipitations et à gauche les températures à une échelle double de celle des précipitations (Dajoz, 1971). Gausсен considère que l'intersection des deux courbes (P et T) permet de définir, la saison sèche ($P \text{ mm} < 2T \text{ }^\circ\text{C}$), et la période humide ($P \text{ mm} > 2T \text{ }^\circ\text{C}$) (Dajoz, 1971).

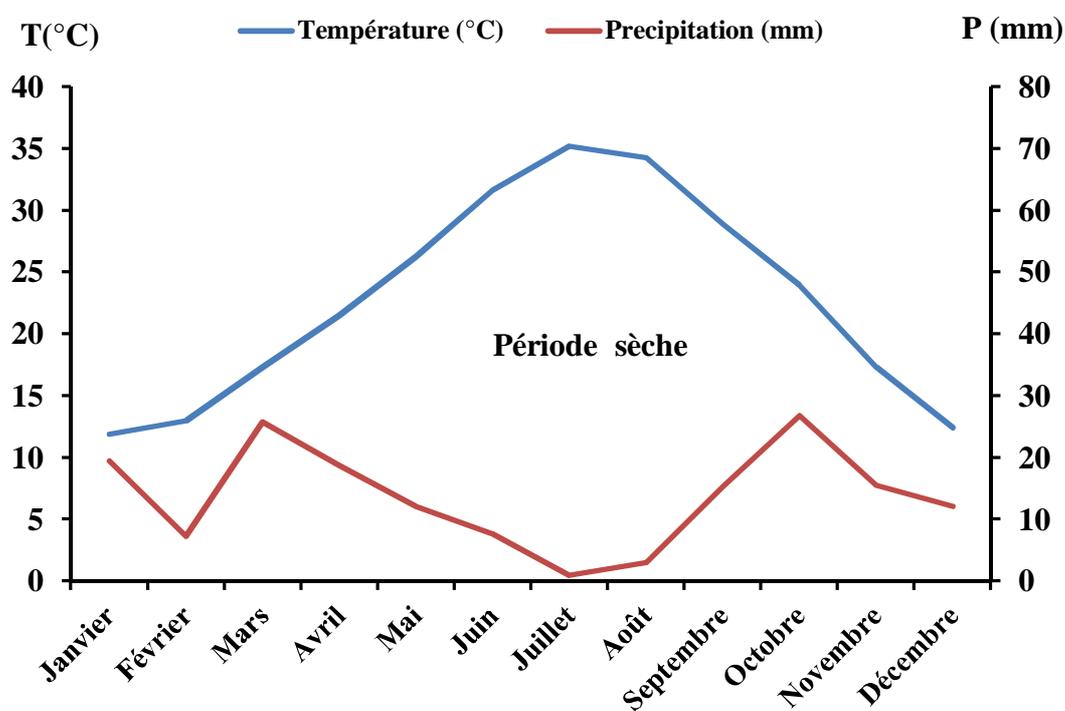


Figure 2 : Diagramme ombrothermique de Gausсен de la région de Biskra pour la période 2003 - 2013

Pour notre région d'étude, les diagrammes ainsi élaborés montrent que, pendant les années 2003 jusqu'à 2013, la période sèche s'étale durant toute l'année (Figure 2)

2.2.3.5.2. Climagramme d'Emberger

Le quotient pluviométrique d'Emberger "Q2" spécifique au climat méditerranéen permet de situer l'étage bioclimatique de la zone d'étude. Ce quotient tient compte de pluviométrie annuelle et des températures moyennes minima du mois le plus froid et des températures moyennes maxima du mois le plus chaud.

Le quotient pluviométrique «Q2» est calculé selon la formule $Q2 = 3,43 P / (M - m)$

P : La somme des précipitations de la période prise en considération.

M : Température moyenne des maxima du mois le plus chaud.

m : Température moyenne des minima du mois le plus froid.

Le Quotient pluviométrique Q2 de la région de Biskra calculé à partir des données de la période 2003 - 2013 est égal à **16,27**. Cette valeur classe la région de Biskra dans l'étage bioclimatique saharien à hiver tempéré (Figure 3).

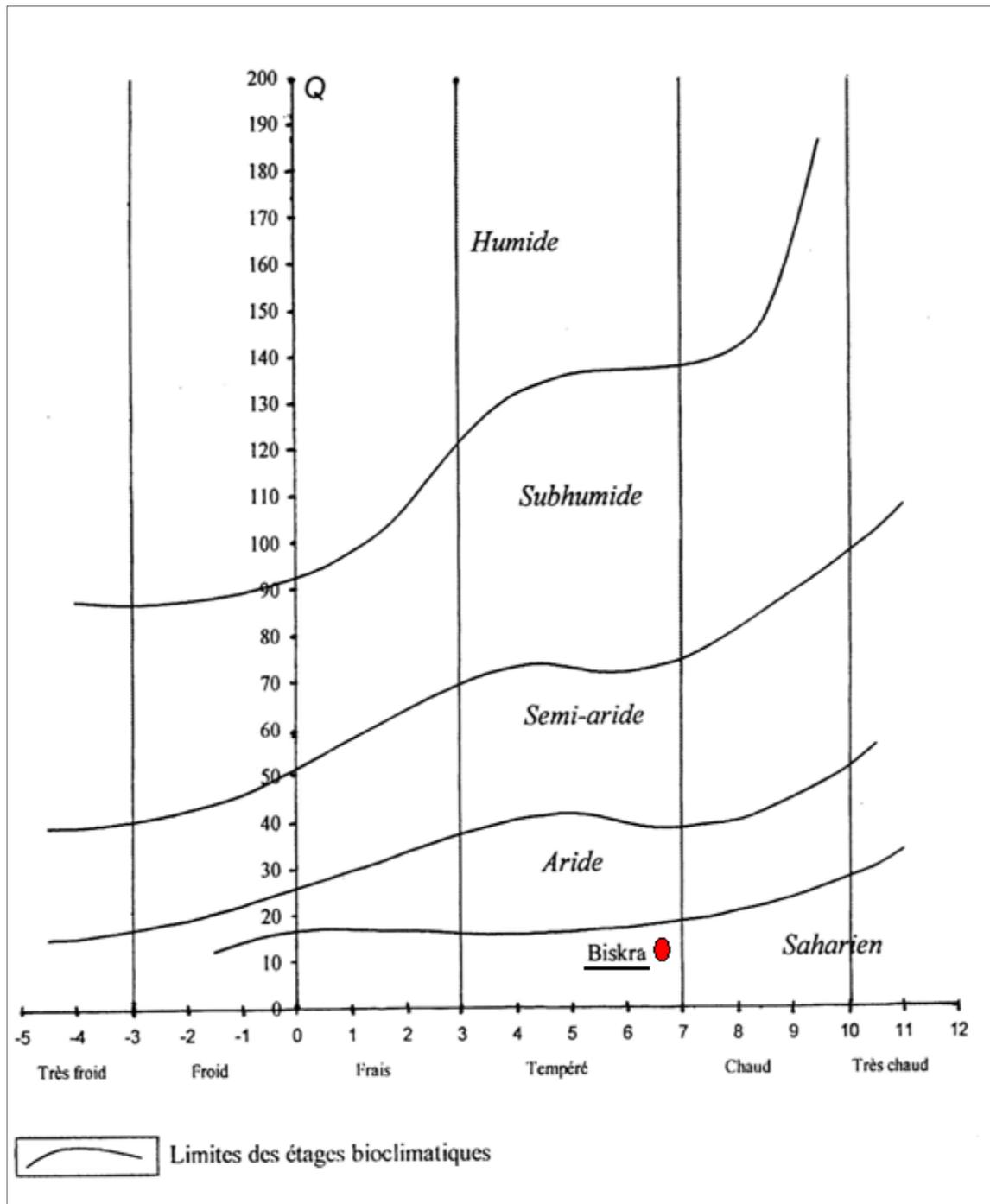


Figure 3 : Localisation de la région de Biskra sur le climagramme d'EMBERGER

2.3. Facteurs biotiques

2.3.1. La végétation

2.3.1.1. La végétation dans les milieux cultivés

La phœniciculture est la principale spéculation pratiquée dans la région des Ziban. L'espace entre les palmiers dans la plupart des cas est occupé par des cultures intercalaires, comme les arbres fruitiers et les autres cultures vivrières (Figure 4).

A partir des années 1990, les cultures légumières ont enregistré un développement considérable, ce qui a permis à la wilaya de devenir le premier pôle en Algérie en matière de cultures protégées. Elle occupe également un premier rang en production de primeurs de plein champ (fève, petit pois, melon et pastèque).

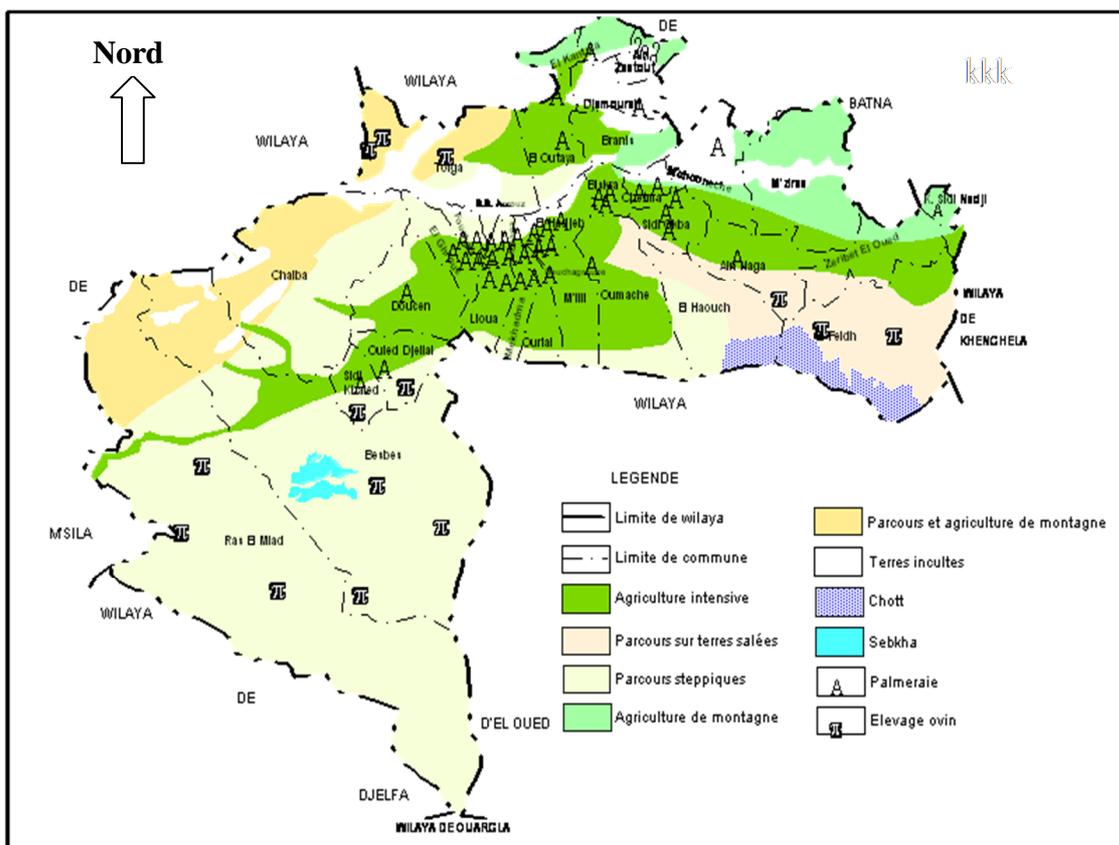


Figure 4 : Potentialités agricoles de la région de Biskra.
Echelle : 1/2000000 (Anonyme, 2003)

Les espèces fruitières les plus cultivées dans la région sont l'abricotier, le figuier, l'olivier, le grenadier, le pommier et les agrumes.

Les productions céréalières et fourragères sont souvent instables d'une année à une autre, à cause des calamités naturelles (sécheresse, sirocco).

Les plus grandes superficies sont occupées par la culture des céréales, la phœniciculture et le maraichage. Les autres cultures occupent des superficies plus ou moins importantes comme les fourrages, l'olivier et les arbres fruitiers (Tableau 6).

Tableau 6 : Superficies et productions des cultures dans la wilaya de Biskra

Désignation	Superficie (ha)	Production (qx)
Palmiers dattiers	41 336	1 867 600
Oliviers	3144	15 118
Arbres fruitiers à noyau et/ou à pépins	3917	103 236
Céréales	47 058	956 581
Plasticultures	2685	1 496 308
Cultures maraichères dites primeurs	4 264	1 552 288
Ensemble cultures maraichères	12 754	2 696 091
Fourrages secs	4 590	116 328
Fourrages verts	4 405	436 647
Cultures industrielles	1 165	27 584
Agrumes	85	1 805
Figuier	1 778	50 400
Vignes de table	202	20 380

(Anonyme, 2009)

2.4. Situation de la phœniciculture dans la wilaya de Biskra

2.4.1. Importance du patrimoine

La palmeraie de la wilaya de Biskra s'étend sur 42040 ha, constituée de 4213332 palmiers soit 23,15 % du patrimoine phœnicicole national, assurant la production de 2917184 qx et le potentiel productif de la wilaya est composé de 3537605 palmiers soit 83,96 % du total, le reste étant constitué de jeunes palmiers, de Dokkars et de palmier en déclin (Anonyme, 2012 a). Ce qui caractérise la palmeraie de la wilaya de Biskra au plan national voire mondial est la prédominance de la variété Deglet Nour connue par la performance de la qualité de ses dattes.

2.5. Présentation de la station d'étude

Notre travail a été réalisé dans une exploitation privée appartenant à **Mr Bekirine** située dans une zone dénommée **Draa El Bittikh** dans la commune de Tolga au Sud-Est du chef-lieu de la wilaya de Biskra à 3km de la ville de Tolga, caractérisée par une altitude de 142 m, et une polycultures (figuier «300 pieds », grenadier «50 pieds », abricotier «20 pieds ») et contient différentes variétés de dattiers avec une plantation anarchique (Mech Degla « 120 pieds » et Ghars «30 pieds » et Deglet Nour «600 pieds », Mehtar «4 pieds», Kahlaye «3 pieds », Hammraye «3 pieds», Horra «3 pieds » «1 pied Tanteboucht» et 50 pieds mâles) plantées en 1950. La densité de plantation est de 100 à 120 pieds /ha. L'irrigation est par submersion à une fréquence d'une fois par semaine en saison humide et d'une fois par quinzaine entre la mi-août et le mi- septembre (Figure 5 et 6).

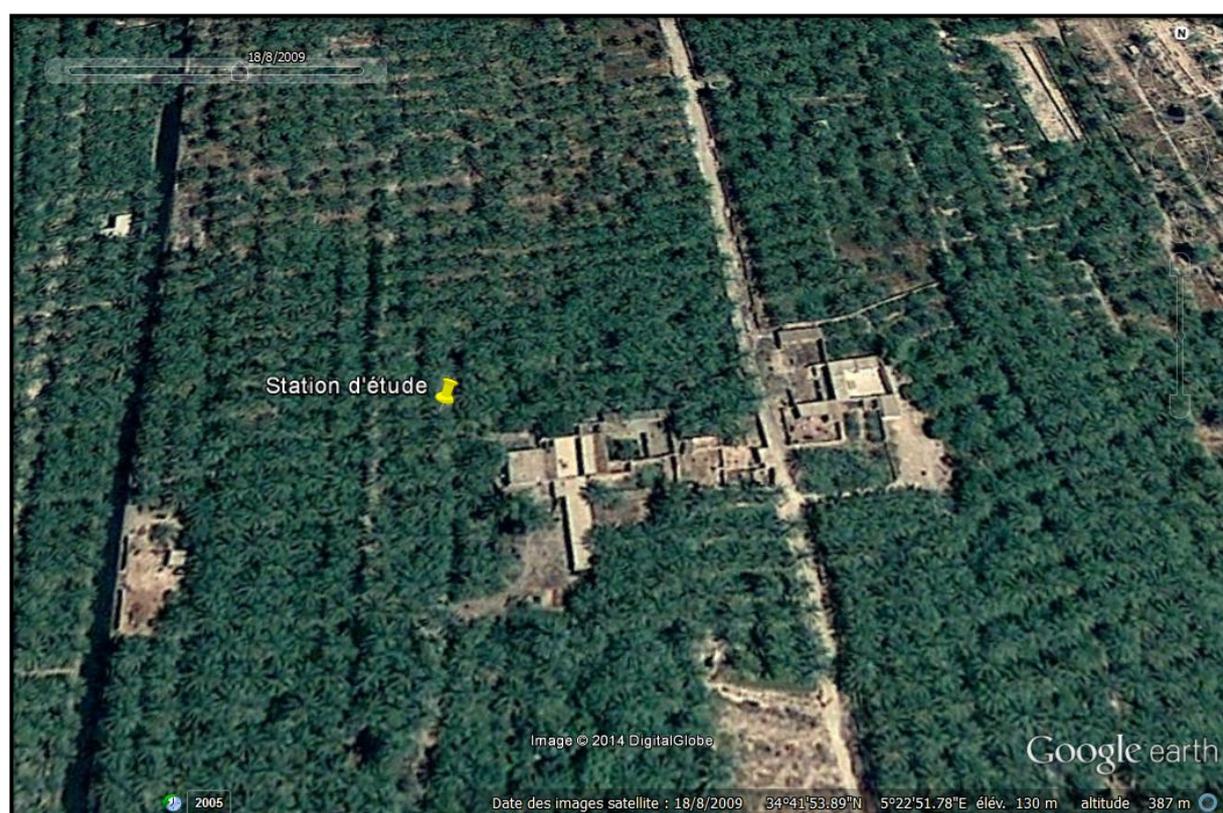


Figure 5 : Localisation de la station d'étude



Figure 6 : Vue générale de la parcelle d'étude

2.6. Matériel végétal

2.6.1. Variétés de dattes

Les différentes catégories des dattes de la présente étude, ont des caractéristiques morphologiques et organoleptiques différentes. Ces différences sont notables entre la variété molle (Ghars), la variété demi-molle (Deglet Nour) et la variété sèche (Mech Degla), en particulier du point de vue couleur, consistance, texture (Tableau 7), le rapport noyau/datte (Sayeh et Ould el hadj, 2010) et même dans la composition biochimique (Tableau 8) (Idder et *al.*, 2009).

Tableau 7: Caractéristiques morphologiques des trois variétés de datte étudiées

Variété	Période de maturité	Forme et taille	Couleur	consistance	Plasticité	Gout
Deglet Nour	Octobre-novembre	Ovoïde grande	Rouge (G) Variable (M)	Demi-molle	Tendre	Parfumé
Ghars	juillet	Droite grande	Jaune(G) Marron(M)	Molle à demi molle	Elastique	Parfumé
Mech Degla	octobre	Droite grande	Jaune (M et G)	Sèche	Dure	Acidulé

G=stade de grossissement ; **M** = stade de maturité (Idder et *al.* , 2009)

Tableau 8: Caractéristiques chimiques des trois variétés de datte étudiées

Variété	Teneur en eau (%)	Pectine (% MS)	Sucres réducteurs (%)	Saccharose (%MS)	Sucres totaux (%MS)	Sucre/eau
Ghars	23,05	4,10	80,68	4,37	85,28	2,70
Deglet Nour	25,52	2,10	22,81	46,11	71,37	2,89
Mech Degla	13	7,30	20	51,40	80,07	3,60

(Belguedj, 2002)

2.7. Matériel biologique

2.7.1. Pyrale des dattes

Le fléau étudié dans ce travail est le déprédateur le plus redoutable de la datte *Ectomyelois ceratoniae*, il constitue une contrainte principale à l'exportation (Haddad, 2000). L'apparition de la pyrale des dattes à Biskra est liée à la plantation de la variété Deglet Nour et avec l'augmentation de nombre de palmiers de cette variété (Le Berre, 1978).

2.7.1.1. Cycle biologique

Le cycle biologique de l'*E.ceratoniae* (Figure 7) se déroule sur plusieurs plantes hôtes dont les principaux sont le caroubier, le néflier du japon, l'amandier, le figuier, le grenadier et le palmier dattier (*Phoenix dactylifera*) (Doumandji, 1981).

L'insecte passe l'hiver dans les fruits momifiés sous forme de larve âgée et l'adulte apparaît au printemps suivant pour se développer sur plusieurs plantes hôtes. Il commence par l'attaque des grenades de Mai à Août, puis il s'installe sur les premières dattes non nouées se trouvant sur les régimes et à partir de Septembre, l'insecte commence à attaquer les dattes mures et s'y développe jusqu'à la récolte (Dhouibi, 1991).

D'après Le Berre (1978), l'*E.ceratoniae* accomplit son cycle biologique annuel dans la palmeraie dont les larves peuvent s'alimenter grâce aux dattes sur pied depuis la nouaison jusqu'à la cueillette.

L'*E.ceratoniae* est une espèce très polyphage pouvant atteindre dans des bonnes conditions quatre générations qui se succèdent au cours de l'année, en effet ce nombre de génération varie de 1 à 4 en fonction des conditions climatiques et des plantes hôtes disponibles (Doumandji, 1981).

Wertheimer (1958), montre que trois générations importantes se succèdent au cours de l'année et une quatrième génération existe par fois.

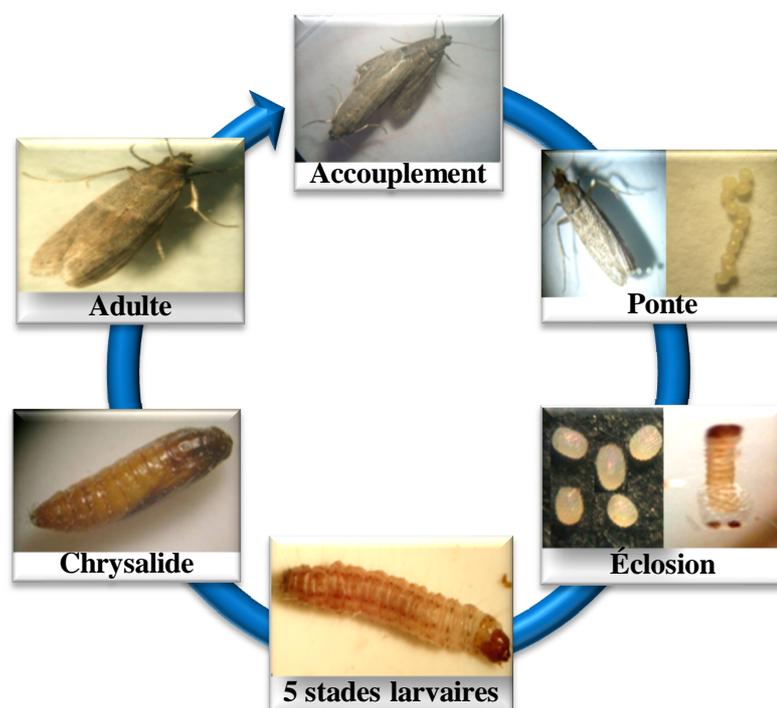


Figure 7 : Cycle biologique d'*E.ceratoniae* Zeller

2.7.1.2. Dégâts

La Pyrale de la datte (*Ectomyelois ceratoniae*) cause de graves préjudices aux dattes (Figure 8), tant sur le palmier dattier que dans les lieux de stockage (Jacques, 1990). L'infestation des fruits par la pyrale des dattes est le problème majeur pour les importateurs (Bernard, 2000).

Selon Wertheimer (1958) et Lepigre (1963), le pourcentage d'attaque le plus élevé est de 10 % et peut atteindre 30 % en Algérie. Le taux d'attaque peut aller de 4,4 à 23,8 % sur les dattes de la variété Deglet Nour (Ideer, 1984). En effet, Le Berre (1975), précise que les dattes molles comme Ghars sont plus infestées que les demi-molle, elle-même plus attaquées que les sèches. Il note aussi un niveau d'infestation de 8 % pour la variété Ghars, 7 % pour la variété Deglet Nour et 1,2 % pour la variété Mech Degla ; tandis que Ben Adoune (1987), montre que la variété Deglet Nour est plus infestée (27 %) que la variété Ghars (8,5%).

D'après Haddad (2000), le taux d'infestation des dattes peut atteindre jusqu'à 22,5 % sur la variété Deglet Nour. De même Saggou (2001), montre que le taux d'infestation sur la même variété est de 23,33 %. Cependant, Munier (1973), estime que le pourcentage des fruits attaqués à la récolte est habituellement de 8 à 10 % mais cette proportion peut être plus élevée et peut atteindre les 80 %. Aussi, Ideer et *al.*, (2009), ont enregistré dans les palmeraies de la région de Ouargla, un niveau d'infestation pouvant atteindre 57 %. À Ouargla, Doumandji-Mitiche (1983), signale qu'au sol, le pourcentage de fruits attaqués est de 42,5% et augmente jusqu'à 64,7% au niveau des lieux de stockage.

En Tunisie l'*E.ceratoniae* reste le ravageur le plus abondant et le plus important sur le plan économique dans les zones phœnicicoles, on estime qu'environ 20 % des dattes de la variété Deglet Nour régulièrement attaquées (Khoualdia et Marro, 1996). Ainsi Dhouibi (1989), montre que les dégâts occasionnés sont de 15 à 18 % sur dattier. Dans les oasis Tunisiennes, la culture de grenadier est en voie de disparition à cause des attaques de la pyrale qui peuvent atteindre jusqu'à 80 % de la production (Khoualdia et *al.*, 1995). Alors qu'au Maroc ce ravageur cause jusqu'à 30 % de perte dans les récoltes de dattes (Bouka et *al.*, 2001). Aux Etats Unis, le taux d'infestation varie de 10 à 40 % sur la variété Deglet Nour (Warner, 1988 et Nay et Perring 2006).



Figure 8 : Dégâts d'*Ectomyelois ceratoniae* sur la datte Deglet Nour

2.8. Etude de l'abondance saisonnière d'*Ectomyelois ceratoniae*

Le suivi de l'évolution de la population de la pyrale des dattes a été réalisé à l'aide des pièges à phéromone (Figure 10), qui sont placées dans les quatre orientations et au centre de la palmeraie espacés les uns des autres par une distance de 50 m (Al-Jamali, 2006). Ils sont accrochés à des palmiers à une hauteur de 1,5 m du sol (Figure 9) (Al-Jamali, 2006). La lecture des captures des pièges est hebdomadaire. Le changement des phéromones est selon l'indication du fabricant (4 semaines en hiver et 2 semaines en été).

En parallèle des pièges à phéromones nous avons placé dans un abri météorologique à hauteur d'homme, un thermomètre électronique (Figure 11) pour enregistrer les températures maximales et minimales de notre station d'étude (4 relevés par jour : 02 h30, 08h30, 14h30 et 20h30).

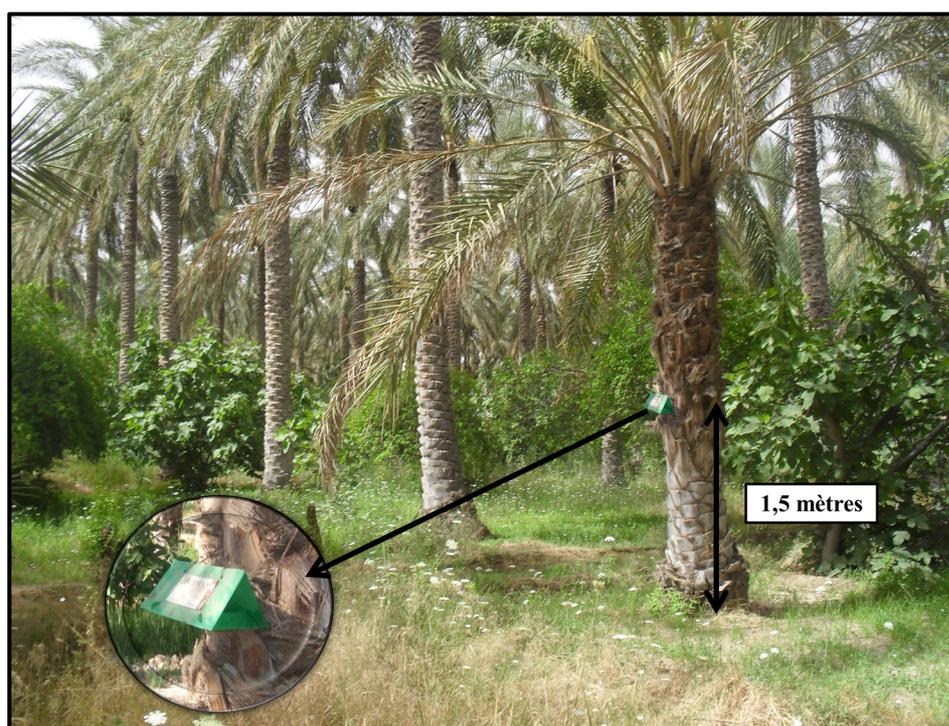


Figure 9 : Placement des pièges à phéromones



Figure 10: Piège à phéromone

Figure 11 : Thermomètre électronique

2.8.1. Analyse de la variance

Préalablement à l'analyse statistique, les effectifs de la pyrale des dattes capturés ont été transformés par la relation $Y' = \sqrt{Y + 3/8}$ afin de stabiliser les variances et normaliser les données (Borcard, 1998 et Dagnelie, 2011). Les données ainsi transformées ont subi une analyse statistique par une régression linéaire grâce au logiciel XLSTAT.

2.9. Elevage de masse

L'étude des paramètres biologique de la pyrale des dattes au laboratoire exige un élevage de masse de cette dernière. Notre élevage a été conduit avec une souche d'*Ectomyelois ceratoniae* provenant des dattes véreuses des palmeraies de Biskra.

Les dattes infestées ont été mis dans les cages d'élevage dans une chambre d'élevage à ambiance contrôlée (température de $27 \pm 2^\circ\text{C}$, une humidité relative de $65 \pm 10\%$ et une photopériode 16 heures lumière et 8 heures obscurité) (Al-izzi et al., 1987). A l'émergence, les adultes de l'*Ectomyelois ceratoniae* sont capturés à l'aide d'un tube à essai, ensuite ils sont mis à l'intérieur des bocaux d'accouplement sans sexage.

Après accouplement, les femelles vont pondre les œufs à l'intérieur des bocaux, les œufs pondus sont déversés à traverses le tulle à mailles fines dans des boites en plastique de grand modèle, contenant le milieu d'élevage composé d'un mélange des ingrédients suivants :

Son de blé (44%), acide citrique (1%), mélange de vitamines (1%), méthyle parabène (0,5%), mélange de sels (1%), sucre (5%), Acide ascorbique (0,5%), levure de bière (4%), gluten (3%) et eau distillée (40%) (Mediouni et Dhouibi, 2007).

Après quelque jours, les œufs éclosent et le développement larvaires va se faire dans le milieu d'élevage jusqu'aux derniers stades larvaires (L₄ - L₅) ou on peut faire le sexage (Naidji et Kebici, 2009). La distinction des larves mâles des femelles se détermine par la présence d'une tâche noire sur la face dorsale des larves mâles au niveau du 7^{ème} segment abdominal. A ce stade les larves mâles et les larves femelles sont mis séparément chacune dans un tube à hémolyse avec un morceau de carton ondulé, fermé avec un bouchon de coton pour favorisée le passage des larves au stade chrysalide. Les tubes à hémolyse comportant les larves de chaque sexe, sont groupés, maintenus par des élastiques et mis dans des boites en plastiques jusqu'à l'émergence des adultes (Dridi et *al.*, 2001) (Figure 12).

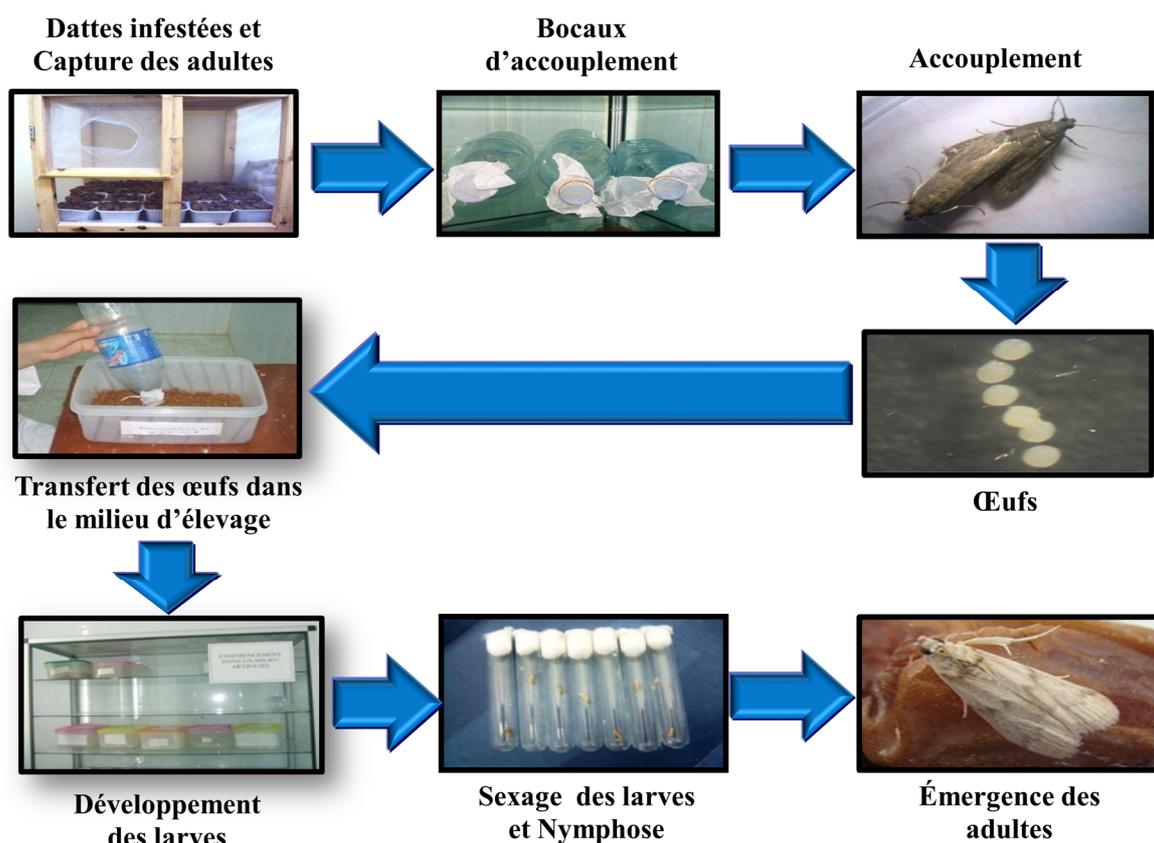


Figure 12 : Elevage de masse de la pyrale des dattes sur milieu d'élevage artificiel

2.10. Etude des paramètres biologiques de la pyrale des dattes sur le milieu d'élevage artificiel

Nous avons placé plusieurs couples issus de l'élevage de masse, chacun dans une boîte de pétri, afin d'initier une cohorte de plusieurs œufs pondus au cours d'une période de 24 heures. Un nombre important d'œufs ont été utilisés afin d'avoir un nombre suffisant de femelles. Chaque œuf a été isolé dans une boîte de pétri sur laquelle on indique la date de la mise en place (Figure 13). Les mesures ont été effectuées sur 20 individus de chaque stade larvaire. A l'éclosion des œufs et pendant toute la durée de l'expérimentation, les larves ont été nourries avec une quantité suffisante de milieu d'élevage artificiel. Les observations ont été faites toutes les 24 heures pendant la période du passage de l'œuf à l'adulte.

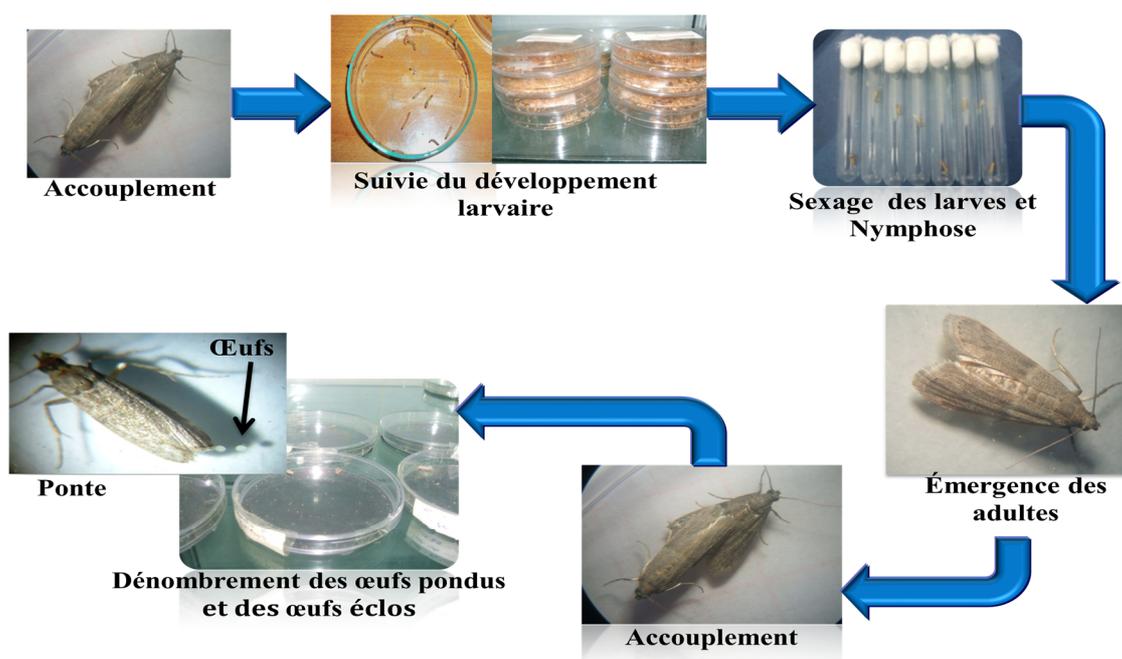


Figure 13 : Étude des paramètres biologiques d'*E. ceratoniae* sur milieu artificiel

Au cours de ces observations, les données telles que la date d'entrée dans chaque nouveau stade de développement, ainsi que le nombre d'œufs pondus par chaque femelle jusqu'à sa mort ont été enregistrées. Sur la base de ces données les différents paramètres biologiques et démographiques de la table de vie d'*E. ceratoniae* ont été calculés. Il s'agit notamment en ce qui concerne les paramètres biologiques, de la durée des différents stades de développement (œufs, larve et chrysalide), la fécondité et la fertilité (brut et net), le nombre moyen d'œufs pondus par femelle et par jour ; le nombre moyen d'œufs fertiles pondus par femelle et par jour, la longévité des femelles et des mâles (Carey, 1993).

Quant aux paramètres démographiques (Maia et al., 2000), il s'agit du taux intrinsèque d'accroissement naturel (r_m), le taux net de reproduction (R_o), le temps moyen de génération (T_g), le temps de dédoublement (T_d), le taux d'accroissement fini (λ) (i.e. le taux d'accroissement de la population par unité de temps, obtenu par la formule suivante: $\lambda = e^{r_m}$). A tous ces paramètres se sont ajoutés le sex-ratio: qui est la proportion des femelles sur le total des individus ; la survie des stades juvéniles qui est la proportion d'individus femelle ayant atteint le stade adulte, sur l'ensemble de la progéniture (Maia et al., 2000).

2.11. Etude des paramètres biologiques d'*Ectomyelois ceratoniae* sur les dattes de trois variétés

Pour déterminer les paramètres de la table de vie d'*E. ceratoniae*, un élevage de la pyrale des dattes est réalisé sur les dattes des variétés Deglet Nour, Mech Degla et Ghars (Figure 14). Pour faciliter l'observation et le suivi de chaque stade larvaire, nous avons introduit des œufs fraîchement pondus (même âge) à l'intérieur des dattes, un œuf pour chaque datte, après les avoir sectionnées en deux parties à l'aide d'un sécateur et éliminé le noyau. Les dattes sont ensuite fermées et mises séparément dans des petites boîtes en plastique sur lesquelles on indique la date de la mise en place, le numéro de l'individu et le nom de la variété. Après élimination des œufs non fertiles, les mesures ont été effectuées sur seulement 25 individus de chaque stade de développement, de l'incubation des œufs jusqu'à l'émergence des adultes.

Les stades de développement ont été vérifiés chaque jour avec une loupe binoculaire et les périodes de développement, la mortalité des œufs, larves, chrysalides et adultes ainsi que le sex-ratio ont été enregistrés. Les stades larvaires ont été identifiés grâce à l'exuvie par la mue. Cette expérience a été poursuivie jusqu'à la mort de tous les individus de la cohorte.

Afin de calculer les paramètres démographiques de la pyrale des dattes, le même nombre de mâles et de femelles a été choisi au hasard parmi les 21,18, et 23 adultes nouvellement émergées (âgés de moins de 24 heures) respectivement des variétés Deglet Nour, Mech Degla et Ghars, pour les placées en couples séparés dans des boîtes de pétri, dans la chambre d'élevage. Le nombre d'œufs pondus par chaque femelle et le nombre d'œufs fertiles ont été enregistrés quotidiennement jusqu'à la mort de la dernière femelle. Les œufs ont été enlevés après comptage. Les facteurs qui sont essentiels pour le calcul des paramètres de la population sont : L'âge des femelles en jours (x), le nombre de femelles vivantes à l'âge x (l_x) et le nombre moyen d'œufs femelles pondus par femelle par jour (m_x).

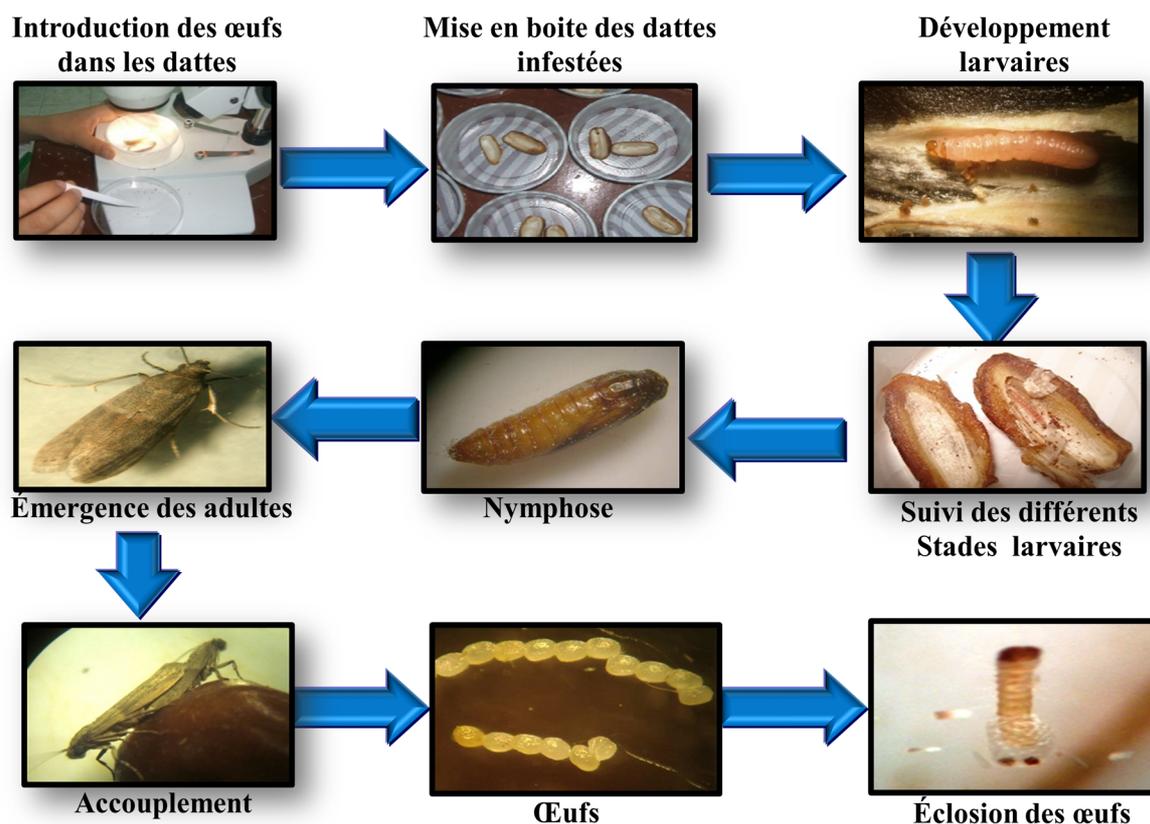


Figure 14 : Élevage de l'*E. ceratoniae* sur les fruits des différentes variétés de dattes

Les paramètres démographiques ont été calculés à partir de relevés quotidiens de la mortalité, la fécondité et la fertilité des femelles des cohortes d'*E. ceratoniae*.

La reproduction (taux bruts de fécondité et de fertilité, taux net de fécondité et de fertilité, le nombre moyen d'œufs et le nombre moyen d'œufs fertiles par femelle par jour) et les paramètres de croissance [Taux intrinsèque d'accroissement (r_m), taux net de reproduction (R_0), Durée moyenne d'une génération (T_g), taux fini d'accroissement (λ) et temps de dédoublement (T_d)] ont été calculées en utilisant les formules proposées par Carey (1993) et Maia et al. (2000).

2.11.1. Paramètres étudiés

2.11.1.1. Paramètres de développement

- Durée d'incubation des œufs
- Durée de développement larvaire (durée de chaque stade larvaire)
- Durée du stade chrysalide
- Longévité des adultes
- Durée du cycle de vie

2.11.1.2. Paramètres de reproduction

Les paramètres de reproduction calculés pour l'*E. ceratoniae* par les dénombrements quotidiens d'œufs étaient: taux brut de fécondité, le taux brut de fertilité, le taux net de fécondité, le taux net de fertilité, les œufs pondus par femelle par jour et les œufs fertiles quotidiens par femelle sur différentes variétés ont été estimés à l'aide des équations suivantes (Carey, 1993):

$$\text{Taux brut de fécondité} = \sum_{x=\alpha}^{\beta} M_x$$

$$\text{Taux brut de fertilité} = \sum_{x=\alpha}^{\beta} M_x h_x$$

$$\text{Taux net de fécondité} = \sum_{x=\alpha}^{\beta} L_x M_x$$

$$\text{Taux net de fertilité} = \sum_{x=\alpha}^{\beta} L_x M_x h_x$$

$$\text{Nombre d'œuf pondu par femelle et par jour} = \sum_{x=\alpha}^{\beta} M_x / (\varepsilon - \omega)$$

$$\text{Nombre d'œuf fertile pondu par femelle et par jour} = \sum_{x=\alpha}^{\beta} M_x h_x / (\varepsilon - \omega)$$

Où, L_x est le nombre des femelles vivantes à l'âge x , M_x est le nombre moyen de descendants produits par les femelles à l'âge x et h_x est le taux d'éclosion, α est l'âge de la femelle lors de la première ponte et β est l'âge des femelles à la dernière ponte et $\varepsilon - \omega$ est la longévité des femelles.

2.11.1.3. Paramètres de croissance (Maia et al., 2000),

- **Taux net de reproduction (R_0)**

C'est la contribution moyenne nette par femelle à la génération suivante, exprimée en nombre de progéniture femelle par femelle, il est déterminé par la formule suivante:

$$R_0 = \sum lx.mx$$

- **Temps moyen de génération (T_g)**

C'est l'intervalle de temps moyen, exprimé en jours, qui s'écoule entre la naissance des individus d'une génération et celle de la génération suivante telle qu'elle est définie par

l'expression mathématique:

$$T_g = \frac{\sum x.lx.mx}{\sum lx.mx}$$

- **Taux intrinsèque d'accroissement (r_m)**

Le taux intrinsèque d'accroissement (r_m) est défini comme étant le taux instantané d'accroissement d'une population dans une unité de temps, c'est-à-dire du taux réel d'accroissement d'une population élevée dans des conditions bien définies et constantes, pour laquelle l'espace et la nourriture sont illimités (Birch, 1948 in Gutierrez et Chazeau, 1972; Descamps et Chopa, 2011; Jafari, 2013). C'est le nombre des femelles produites par femelle et par jour. Le taux intrinsèque d'accroissement (r_m) peut être calculé par l'équation suivante :

$$r_m = \frac{\ln .R_0}{T_g}$$

- **Temps de dédoublement(T_d)**

C'est le temps mis par une population pour doubler son effectif. Elle est calculée par la formule suivante:

$$T_d = \frac{\ln(2)}{r_m}$$

- **Taux d'accroissement fini (λ)**

Il s'agit d'un facteur de multiplication de la population d'origine à chaque période de temps. C'est le taux de multiplication par femelle et par jour ou encore le taux d'accroissement de la population par unité de temps, obtenu par la formule suivante:

$$\lambda = e^{rm}$$

2.12. Comportement alimentaire

2.12.1. Tests olfactifs

L'approche comportementale permet d'identifier et de comprendre les réactions d'un insecte exposé à un stimulus olfactif. Cette approche se base sur l'utilisation d'enceinte close et d'olfactomètre qui sont des dispositifs permettant l'étude du comportement d'un organisme (insecte) mis en présence de stimuli variés, odeurs par exemple. Il en existe de plusieurs types (statiques ou dynamiques) et le choix du dispositif adéquat est notamment fonction du comportement normalement manifesté par l'espèce d'insecte étudiée ou des objectifs de l'étude. Différents dispositifs olfactométriques ont été conçus pour l'étude du comportement : olfactomètres en Y, à choix binaire ou à quatre voies ou encore un tunnel de vol (Barth, 1970 et Descoins, 2009).

L'analyse comportementale nous permet d'identifier l'influence d'une ou plusieurs molécule(s) odorante(s) sur l'insecte étudié, et permet par exemple de démontrer l'effet attractif ou répulsif d'un composé sur un insecte.

Afin de savoir quels sont les nutriments et surtout leurs odeurs qui attirent les individus de cette espèce. Nous avons toujours recours à un élevage de masse au laboratoire de ce ravageur et une méthode d'extraction des dattes.

Les tests olfactifs se sont déroulés dans une pièce obscure et silencieuse éclairée par une lampe rouge à faible puissance afin de pouvoir observer le comportement des individus. Tous les facteurs exogènes pouvant altérer les résultats ont été éliminés (autres odeurs, lumière, bruit,...) (Barth, 1964).

2.12.1.1. Préparation des extraits des dattes

Les extraits des dattes des différentes variétés utilisées comme substrats alimentaires (Deglet Nour, Mech Degla et Ghars) ont été réalisés en utilisant deux types de solvants de même polarité : le pentane et l'hexane (solvant apolaire). Ces solvants permettent d'extraire majoritairement les composés apolaires. Cinquante grammes des dattes de chaque variété sont découpées en petits morceaux à l'aide d'un couteau et plongées aussitôt dans 100 ml de solvant. L'extrait est agité de façon constante pendant 60 minutes, puis filtré sur laine de verre afin d'éliminer toutes les impuretés.

2.12.1.2. Tests en enceinte close

Le dispositif utilisé pour tester l'attractivité de diverses sources odorantes (datte fraîche, extraits de datte) sur les larves d'*E. ceratoniae* est composé d'un aquarium en verre (46 X 20 X 25 cm) fermé par un couvercle en verre assurant une fermeture hermétique (Figure 15).

Le sol de l'aquarium est divisé en trois parties:

La zone de départ (5,5 cm de large) (zone A), où les chenilles sont déposées au début du test.

La zone de parcours (35 cm) (zone B), correspondant à la distance qui sépare la larve testée de la source odorante.

La zone où est déposée la source odorante (5,5 cm de large) (Zone C), située à l'opposée de la zone de départ.

Pour chaque expérience, on teste 20 larves de chaque stade. Ces dernières sont isolées une heure avant le début du test afin de diminuer le stress dû à la manipulation. Entre chaque test, l'aquarium est lavé à l'eau distillé.

Le protocole expérimental consiste à introduire d'abord la datte fraîche ou l'extrait de datte (l'extrait est déposés grâce à une micro-seringue sur un petit morceau papier filtre de 2x1 cm plié en toit) à tester sont déposés dans la zone C et on laisse diffuser l'odeur après avoir remis le couvercle pendant 5 à 10 min, ensuite on introduit la chenille dans l'enceinte au niveau de la zone de latence (zone A). On note alors grâce un chronomètre le temps TL (temps de latence) que met la chenille à sortir de la zone A et le temps TP (temps de parcours) que met la larve à parcourir la zone intermédiaire (zone B) pour arriver dans la zone où se trouve le leurre olfactif (zone C). Le temps global (TG) correspond à la somme du temps de latence TL et du temps de parcours TP (Figure 14). On note aussi, le nombre de larves qui ont atteint la zone d'arrivée (zone C). Tous les tests sont effectués à une température de $27 \pm 2^\circ\text{C}$ avec une hygrométrie de 45% à 60%.

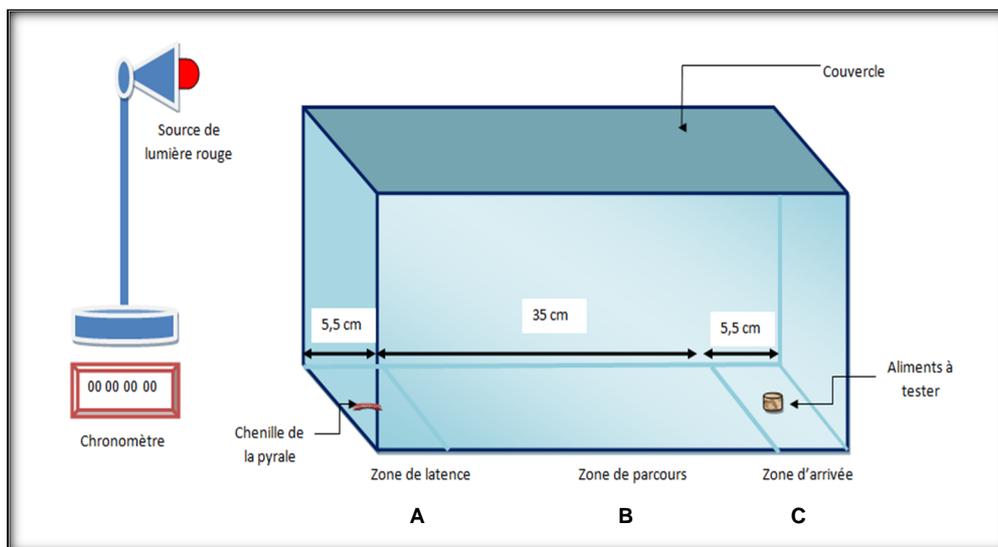


Figure 15 : Dispositif de test dans une enceinte close

2.12.1.3. Tests en olfactomètre en Y

Afin de démontrer s'il existe une réelle attraction à distance des larves d'*E. ceratoniae* par les différentes dattes testés et de leur extraits, nous avons utilisé un olfactomètre en verre en forme de Y (2 cm de diamètre; branche principale (A) : 30 cm de long; branches secondaires (B et C) : 20 cm de long) (Figure 16). L'olfactomètre est traversé par un faible courant d'air pur généré par une pompe et filtré sur une cartouche contenant du charbon activé. La vitesse du courant d'air arrivant en amont des deux branches du Y (branches secondaires), est fixée à 10 ml/min afin d'éviter toute réponse anémotactique des larves.

Au début de chaque test, l'aliment ou l'extrait à tester, (l'extrait est déposés grâce à une micro-seringue sur un petit papier filtre de 2 x 1 cm plié en toit); est placé aléatoirement à l'une ou l'autre des extrémités des branches secondaires B ou C; l'autre branche secondaire n'est traversée que par un flux d'air pur. La chenille à tester est alors déposée à l'extrémité de la branche principale. On note alors le nombre de chenilles qui remontent la branche principale et le choix effectué (branches B ou C). À l'aide d'un chronomètre, on note le "temps de détection" qui correspond au moment de l'introduction de la chenille jusqu'au moment où elle arrive à l'intersection des deux branches secondaires, elle remonte dans l'une des branches; le choix de l'insecte et le temps qu'il met pour arriver à la source odorante est également noté (temps de parcours). Chaque test est répété 20 fois sur des larves de chaque stade.

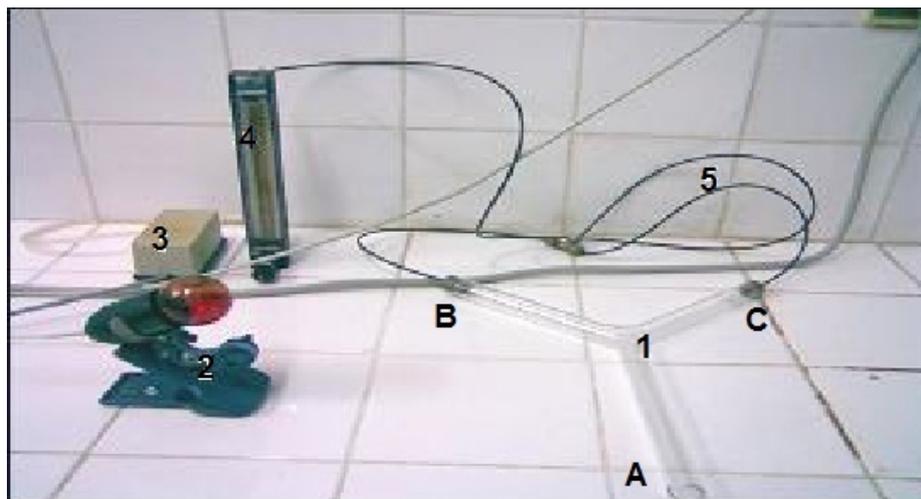


Figure 16 : Test en olfactomètre (1 : tube en Y; 2 : lampe rouge;
3 : compresseur; 4 : débitmètre; 5 : tuyau en téflon)

2.12.2. Analyse statistique

2.12.2.1. Simulation de Monte-Carlo

Les résultats des tests biologiques obtenus en enceinte close et en olfactomètre en Y, sont comparés en utilisant les simulations de Monte-Carlo, basées sur un test Chi2 au seuil $P=0,05$ (Vaillant et Derridj, 1992). Les calculs ont été réalisés à l'aide du logiciel XLSTAT.

2.13. Essai de Lutte

2.13.1. Biopesticides utilisés

2.13.1.1. Azadirachtine

L'azadirachtine, est le principe actif le plus important dans l'activité anti- appétante du margousier ou neem (*Azadirachta indica*), une Méliacée originaire de l'Asie (Philogene, 1991). D'après François (2010), L'azadirachtine est le principal composant actif de l'huile de neem. Le composé qui est l'azadirachtine est un triterpénoïde extrait des feuilles, des fruits, ou des graines. Il inhibe la prise de nourriture chez les insectes. Selon Raizada (2001) l'azadirachtine est un extrait ou un sous produit naturel du neem, qui agit sur les insectes par ses propriétés répulsives sur les adultes ainsi que sa capacité d'inhibition de l'hormone responsable de la mue chez les stades larvaires (Khoualdia et *al.*, 2002).

L'azadirachtine possède un mode d'action à la fois par contact et systémique. (Pierrette, 2011). D'après Luc Petit (2008), le neem agit sur différents stades de vie du cycle des insectes, le premier effet observé est la répulsivité ou l'anti-appétence: les ravageurs refusent de consommer les cultures traitées et les abandonnent. L'azadirachtine se fixerait sur le récepteur du goût qui entraînerait un rejet par les insectes de la plante traitée. Le deuxième effet entraîne des bouleversements comportementaux et physiologiques, à terme létaux (3 à 15 jours après traitement). Dans ce cas, son mode d'action est de type régulateur de croissance, les substances du neem seraient responsables d'un blocage du système endocrinien par mimétisme avec des hormones du cycle, notamment l'ecdysone. On observe alors des dérèglements physiologiques et des blocages comportementaux chez les ravageurs. L'azadirachtine semble bloquer la synthèse de l'ecdysone (Philogene, 1991).

2.13.1.2. *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*

C'est une bactérie qui vit dans le sol et les milieux aquatiques. Produit biologique d'origine naturelle, il est utilisé dans le contrôle des chenilles des Lépidoptères nuisibles aux plantes cultivées et aux essences forestières (Habbachi, 2013).

Le *Bt* a été isolé pour la première fois en 1901 par le bactériologiste japonais S. Ishiwata à partir de vers à soie *Bombyx mori* infectés. C'est un bacille Gram positif, aérobie et sporulé qui est étroitement apparenté à la bactérie *Bacillus cereus* ; il est pratiquement présent dans tous les types de sols. Les cellules végétatives mesurent 1µm de largeur sur 5µm de longueur et sont pourvues de courts flagelles ciliés. Le *Bt* est une bactérie ubiquiste qui se rencontre dans le sol, l'eau, l'air et sur le feuillage. Il se distingue du *B. cereus* par sa capacité à produire une protéine cristallisée durant la sporulation (Höfte et Whiteley, 1989 ; Martin, 1994). L'activité du *Bt* est due à une toxine présente dans les cultures sporulées, mais absente dans les jeunes cultures de cellules végétatives (Beegle & Yamamoto, 1992).

Le *Bt* produit un corps d'inclusion parasporal de nature cristalline durant la sporulation. Ce cristal est constitué de plusieurs types de protéines. Höfte et Whiteley (1989) ont proposé un système de classification qui repose, d'une part, sur la structure des protéines cristallisées et, d'autre part, sur la gamme d'hôtes. Une fois ingérés, les cristaux se dissolvent dans l'environnement alcalin de l'intestin moyen de l'hôte. Les protéines cristallisées exercent

leurs effets sur l'hôte en lysant les cellules épithéliales de l'intestin moyen et en provoquant la paralysie du tube digestif. L'insecte infecté cesse alors de se nourrir et finit par mourir (Aronson *et al.*, 1986 ; Höfte & Whiteley, 1989 ; Lereclus *et al.*, 1993 ; Adang, 1991 ; Gill *et al.*, 1992 ; Bauer, 1995). La plupart des lépidoptères sont sensibles aux cristaux produits par les souches kurstaki et aizawai (Drummond et Pinnock, 1994). Lors de notre travail, nous avons utilisé le *B. thuringiensis* var. *kurstaki*, sous forme de poudre titrant 32000 UI.

2.13.2. Mode opératoire

2.13.2.1. Préparation des différentes doses pour les bioessais

Après plusieurs tests préliminaires, les doses ont été choisies de telle sorte que chaque concentration soit le double de la précédente. Pour chacun des biopesticides utilisées, cinq doses ont été préparées.

2.13.2.2. Etude de la toxicité de l'Azadirachtine sur les larves de la pyrale des dattes

Dans des boites de pétri qui contiennent le milieu d'élevage, nous avons appliqué un traitement de cinq concentrations du produit (24 ppm, 48 ppm, 96 ppm, 192 ppm et 384 ppm) avec un témoin le tous en trois répétition puis on a déposé 20 larves par boite. Les observations sont réalisées chaque 24 h pour le comptage des larves mortes.

2.13.2.3. Etude de la toxicité du *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* sur les larves de la pyrale des dattes

Dans des boites de pétri nous avons déposé 20 larves par boite à différents stades larvaires (L1- L5) dans des milieux d'élevage traités par 5 concentrations de *Bt* (250ppm, 500 ppm ,1000 ppm, 1500 ppm, et 2000 ppm), avec un témoin le tout en trois répétition (Figure 16).

Après le traitement, les boites sont bien fermées et placées dans la chambre d'élevage. Les observations sont réalisées quotidiennement pour le comptage des larves mortes à l'aide d'une loupe binoculaire (Figure 17).

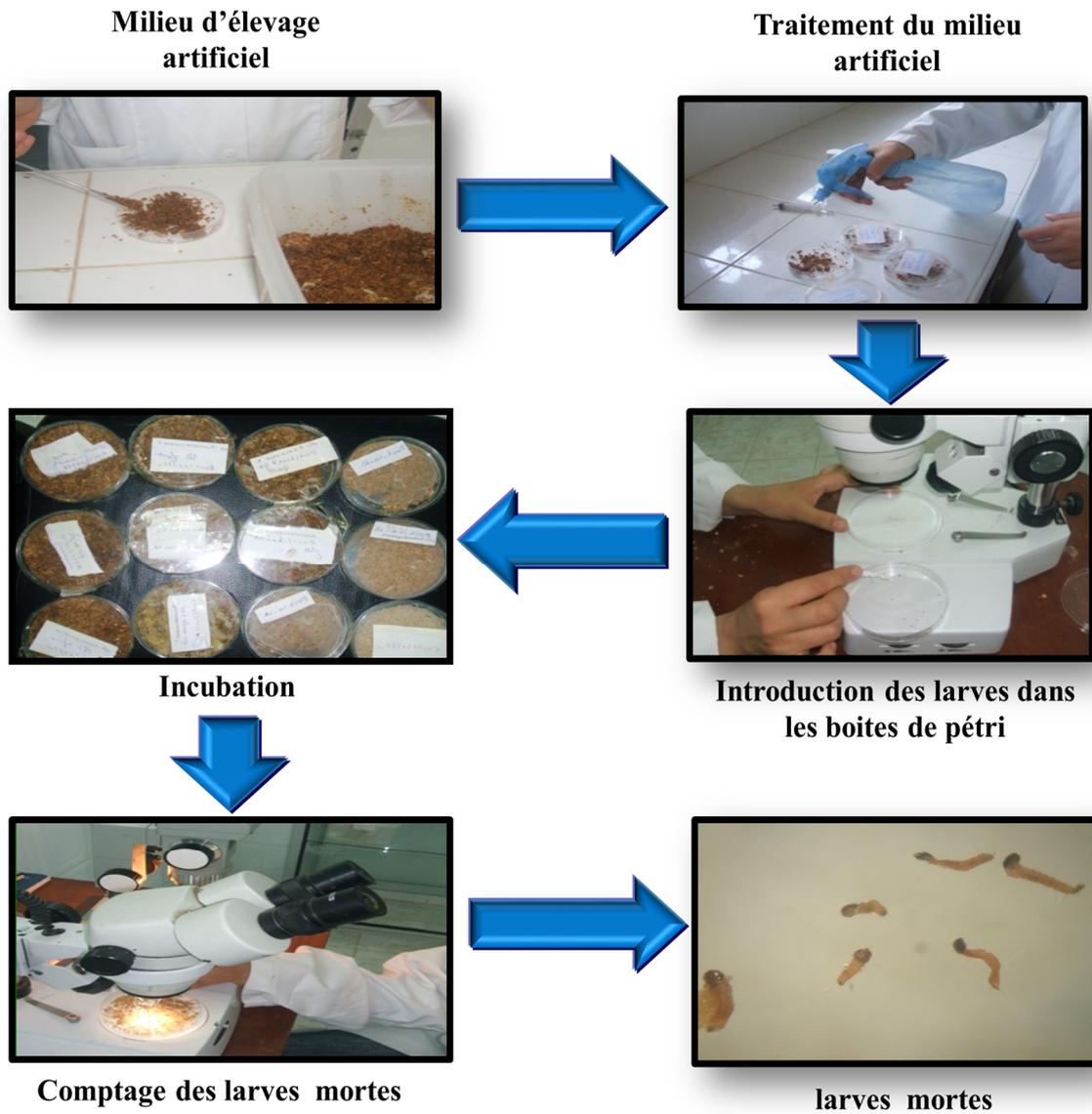


Figure 17: Procédé de traitement des larves d'*E. ceratoniae* par les deux biopesticides

2.13.2.4. Etude de l'effet des biopesticides utilisés sur la fertilité des femelles et des œufs

Les larves qui ont échappé à l'effet toxique des biopesticides sont placés dans un milieu d'élevage artificiel afin d'atteindre le stade adulte. A l'émergence des adultes, nous avons placé 30 couples issus des larves traitées (6 couples pour chaque dose utilisée) et 6 couples témoin, chacun dans une boîte de pétri, pour dénombrer les œufs pondus. Puis on dénombre les œufs éclos après leur incubation.

2.13.3. Analyse statistique

Dans le cas de l'Azadirachtine du *Bacillus thuringiensis*, la variable mesurée correspond au taux de mortalité des larves. Le taux de mortalité est corrigé par la formule d'Abbot (1925) qui permet de connaître la toxicité réelle de l'insecticide. Les différents taux subissent une transformation angulaire d'après les tables établies par Bliss (Fischer et Yates, 1975). Les données ainsi normalisées font l'objet d'une analyse de la variance (ANOVA) à un seul critère de classification, Le calcul de la plus petite différence significative (p.p.d.s) permet le classement des différentes concentrations utilisées.

Afin de caractériser le pouvoir insecticide des molécules utilisées, nous avons déterminé, la dose létale 50 % (CL 50). Les taux de mortalité corrigés obtenus sont transformés en probits et permettent d'établir une droite de régression en fonction des logarithmes décimaux des doses utilisées. A l'aide de la courbe, on détermine toutes les doses remarquables, selon les procédés mathématiques de Finney (1971). La méthode de Swaroop et *al.*, (1966), permet le calcul de l'intervalle de confiance de la CL50.

Formule d'Abbot : Pourcentage de mortalité corrigé (%) = $X - Y/X \times 100$

X= Nombre de vivants dans le lot témoin

Y= Nombre de vivants dans le lot traité

Le paramètre slope, noté S est donné par la formule :

$$S = \frac{CL_{84} - CL_{16}}{CL_{50} - CL_{16}} \times \frac{1}{2}$$

La limite supérieure de la CL50 = $CL_{50} \times \sqrt{CL_{50}}$

La limite inférieure de la CL50 = $CL_{50} / \sqrt{CL_{50}}$

$$\sqrt{CL_{50}} = S^{2,77/\sqrt{N}}$$

La comparaison des moyennes est effectuée par des tests paramétriques. Les calculs ont été réalisés à l'aide du programme XLSTAT.

3. Résultats

3.1. Bioécologie d'*Ectomyelois ceratoniae*

3.1.1. Abondance saisonnière et influence de la température sur les fluctuations d'*Ectomyelois ceratoniae*.

Les résultats des relevés hebdomadaires des pièges à phéromones pour les mâles d'*Ectomyelois ceratoniae* durant les années 2009, 2010 et 2011 montrent la présence de trois périodes de vol. Le premier vol débute du mois de mars jusqu'à la fin du mois de Mai avec un maximum d'abondance au mois d'Avril et Mai (2009 : 225 mâles, 2010 : 417 mâles et 2011 : 196 mâles). Le deuxième débute le mois de Juin jusqu'au mois d'Août avec un pic enregistré au mois de Juillet qui peut atteindre 74 individus en 2009, 154 individus en 2010 et 83 individus en 2011. Une troisième période de vol est observée entre la mi-septembre et le mois de Novembre avec un important vol durant le mois Septembre et Octobre pour les années 2009, 2010 et 2011 (235, 312 et 253 individus).

A partir du mois de Décembre et jusqu'à la fin février, le nombre des mâles capturés est très réduit, on enregistre un minimum au mois de décembre 2010 (2 individus) et durant le mois de février pendant les années 2009 et 2011 avec respectivement 6 et 2 mâles (Figure 18).

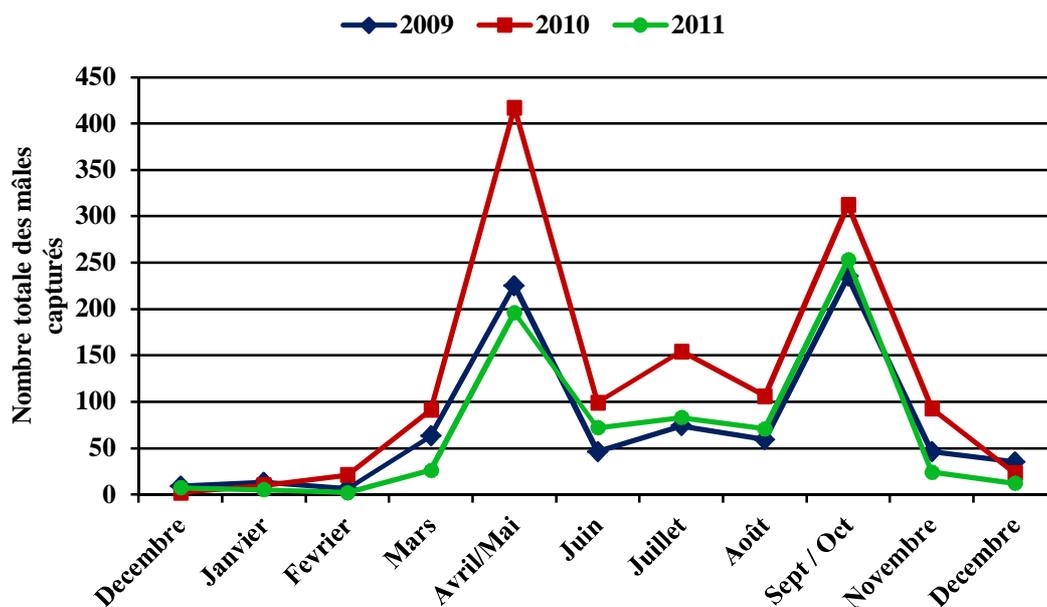


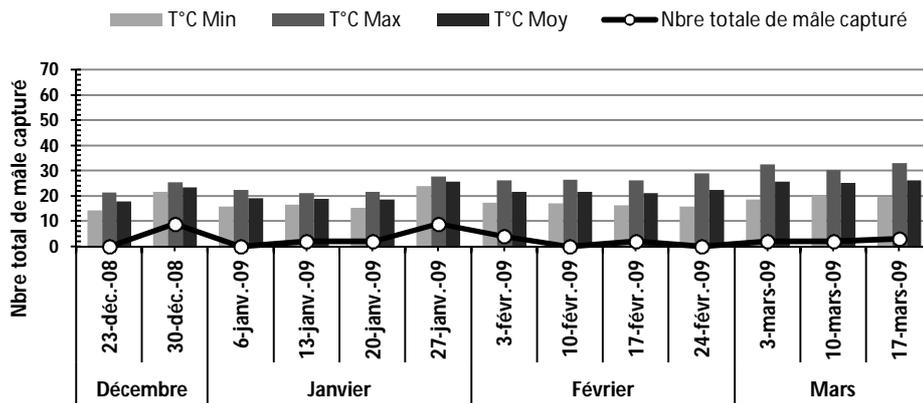
Figure 18 : Fluctuations de la population d'*Ectomyelois ceratoniae* durant les années 2009,2010 et 2011

3.1.1.1. Saison hivernale

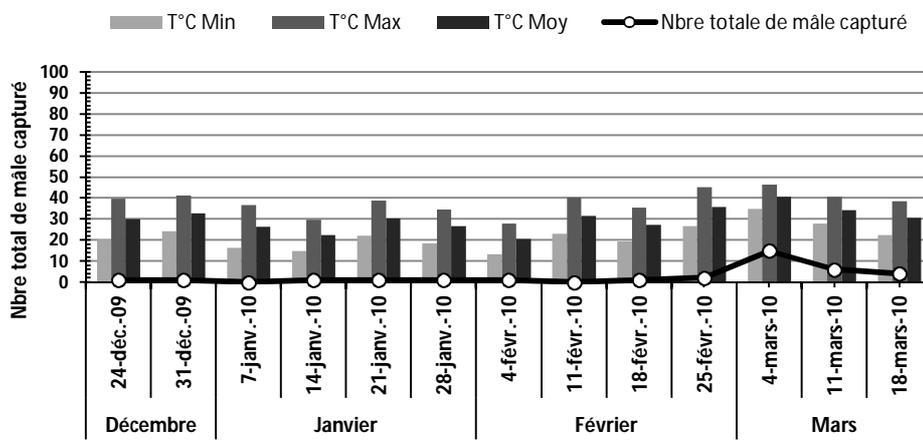
Pendant la période hivernale, le nombre d'adultes capturé durant chaque semaine est considérablement faible (Figure 19). Le maximum des mâles enregistré durant les années 2009, 2010, 2011 était respectivement de 9, 15 et 7 individus, alors que le nombre minimal était de 0 adulte pour les trois années. Ces fluctuations hivernales semble liées aux fluctuations climatiques surtout les écarts de température. En hiver, les températures minimales varient de 8,25 à 13, 62 °C pour l'année 2009, en 2010 on enregistre de 5, 99 à 13, 97 °C enfin en 2011 les variations étaient de 4, 36 à 10,74°C.

Concernant les valeurs maximales de température enregistrées durant la période d'étude, elles varient de 12,09 à 18,91°C, 11,17 à 18,57°C et de 10,02 à 17,28°C, alors que les températures moyennes varient de 10,27 à 15,05°C (2009), 8,27 à 16,27°C (2010) et entre 7,45 et 14,01°C (2011).

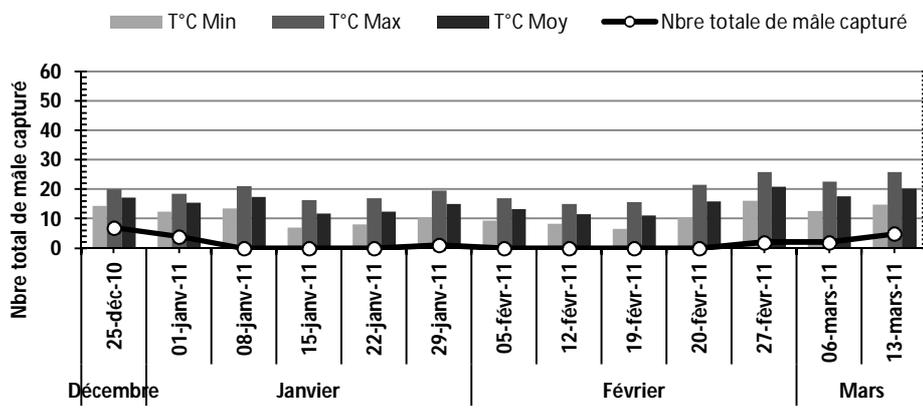
Les résultats du Tableau 9 montrent que les températures minimales et moyennes, ainsi que leur action combinée, ont un effet significatif et positif sur les fluctuations de la pyrale des dattes durant l'année 2010 (respectivement, $R^2 = 0,609$; 0,442 ; 0,611 et $P = 0,0017$; 0,0132 ; 0,0089) et 2011 (respectivement, $R^2 = 0,542$; 0,428 ; 0,584 et $P = 0,0041$; 0,0153 ; 0,0124). Alors que pour l'année 2009, l'évolution des populations d'*E.ceratoniae* est limitée par les températures moyennes minimales et aussi par l'effet associé des températures minimales et maximales (respectivement, $R^2 = 0,673$ et 0,735 $P = 0,0006$; 0,0013).



A



B



C

Figure 19 : Fluctuations des températures et des populations d'*Ectomyeloides ceratoniae* durant l'hiver (A : 2009, B : 2010 et C : 2011)

Tableau 9 : Corrélations des fluctuations des populations de la pyrale des dattes et des variations des températures minimales, maximales et moyennes durant la saison hivernale

Année	T°C	Equations de Régression	Coefficient de détermination (R ²)	Valeur de P
2009	X ₁ (Minimale)	Y = -2,957 + 0,442* X ₁	0,673	0,0006
	X ₂ (Maximale)	Y = 0,435 + 7,406* X ₂	0,041	0,5049
	X ₃ (Moyenne)	Y = -1,700 + 0,257* X ₃	0,268	0,0701
	X ₁ -X ₂	Y = -2,175 + 0,521* X ₁ - 0,106 * X ₂	0,735	0,0013
2010	X ₁ (Minimale)	Y = -1,112 + 0,298 *X ₁	0,609	0,0017
	X ₂ (Maximale)	Y = -1,741 + 0,212 *X ₂	0,253	0,0795
	X ₃ (Moyenne)	Y = -1,780 + 0,273 *X ₃	0,442	0,0132
	X ₁ -X ₂	Y = -1,412 + 0,249 *X ₁ + 4,721 *X ₂	0,611	0,0089
2011	X ₁ (Minimale)	Y = -0,778 + 0,267*X ₁	0,542	0,0041
	X ₂ (Maximale)	Y = -1,076 + 0,173*X ₂	0,293	0,0561
	X ₃ (Moyenne)	Y = -1,162 + 0,229* X ₃	0,428	0,0153
	X ₁ -X ₂	Y = 1,126 + 0,398* X ₁ -0,133* X ₂	0,584	0,0124

3.1.1.2. Saison printanière

Pendant la saison printanière de l'année 2009, la population d'*Ectomyelois ceratoniae* a augmenté durant les quatre premières semaines, pour atteindre un pic d'abondance à la mi-avril avec un maximum 41 adultes à une température moyenne variant entre 15,64 et 17,25°C, puis la population diminue vers la fin du mois d'avril, pour atteindre 3 individus dans la deuxième et la troisième semaine de mai (Figure 20 A).

En 2010, le nombre des captures a augmenté pendant le mois d'avril, pour atteindre son maximum vers la fin de ce mois avec 77 mâles, à des températures moyennes allant de 18,80 jusqu'à 21,33°C. Une diminution brusque a été enregistré à partir du début mai jusqu'à la deuxième et la troisième semaine du mois de juin où les températures moyennes maximales ont atteint les 32,74 et 33,59°C, alors que les températures moyennes minimales et moyennes n'ont pas dépassé respectivement les 21,90 et 27,75°C (Figure 20 B).

Durant les trois premières semaines du printemps 2011, le nombre de capture reste faible, les températures moyennes minimales enregistrées sont situées entre 10,82 et 14,27°C ; mais à partir de la deuxième semaine d'avril la population a augmenté rapidement pour arriver à un pic d'abondance de 49 individus à la troisième semaine du même mois à une température moyenne, moyenne maximale et moyenne minimale, respectivement de 21,90 ; 26,59 et 17,21°C. La population diminue considérablement dans les premières semaines de

Mai pour s'accroître sensiblement à partir de la fin mai jusqu'à la mi-juin (30 individus) avec l'augmentation des températures (minimale : 20,25°C, maximale : 28,29°C et moyenne : 24,27°C) (Figure 20, C).

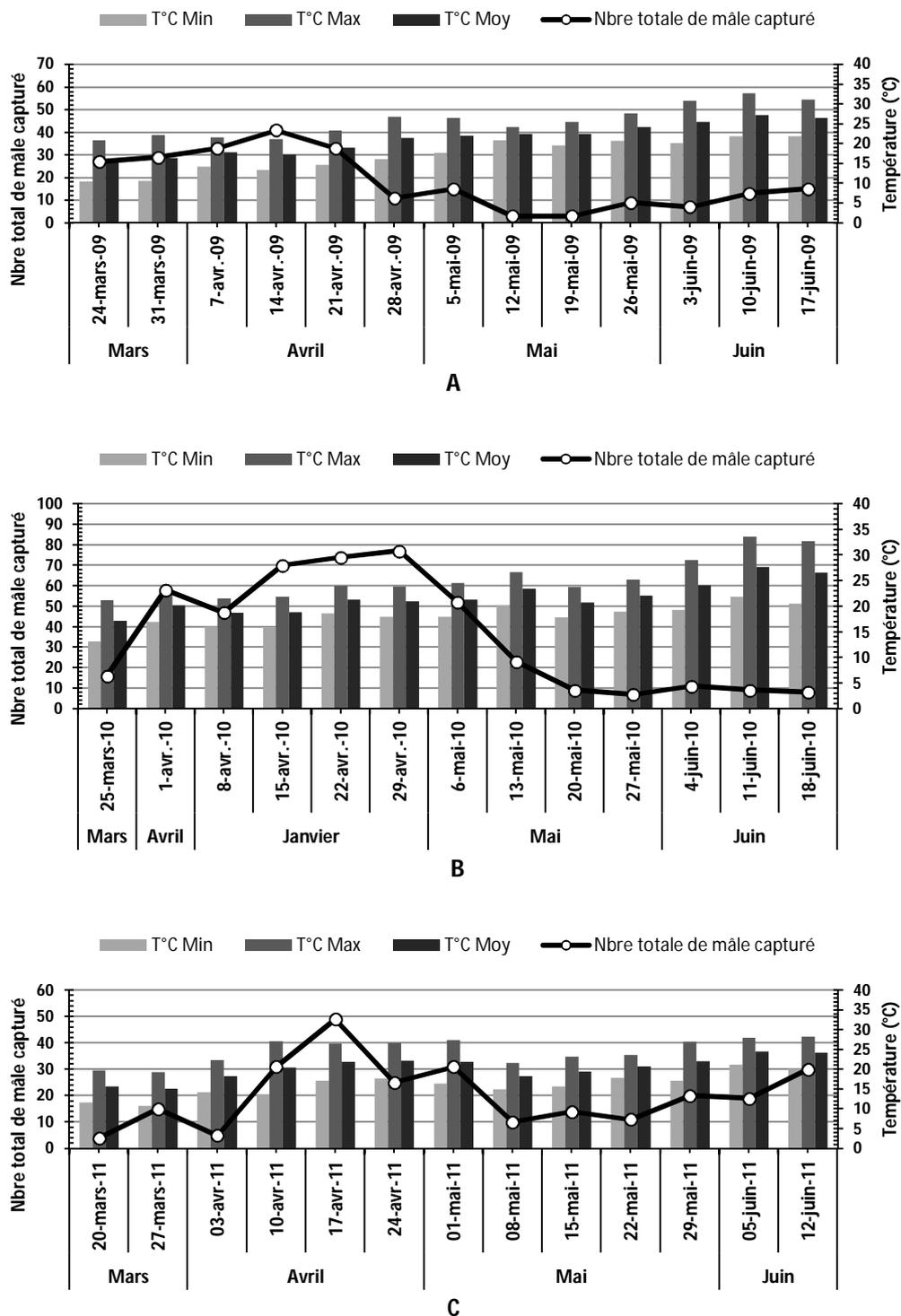


Figure 20 : Fluctuations des températures et des populations d'*Ectomyelois ceratoniae* durant le printemps (A : 2009, B : 2010 et C : 2011)

L'analyse statistique des résultats (Tableau 10), montre que la température moyenne minimale n'agit pas sur le vol de la pyrale ($R^2=0,274$; $P = 0,066$). Par contre les températures moyennes maximales et moyennes présentent un effet significatif et négatif faible avec respectivement $R^2=0,380$; $P =0,025$ et $R^2=0,332$; $P =0,039$. Alors que le double impact de la température minimale et maximale est corrélé négativement avec l'abondance d'*Ectomyelois ceratoniae* durant la période printanière ($R^2=0,479$; $P = 0,038$).

Tableau 10 : Corrélations des fluctuations des populations de la pyrale des dattes et des variations des températures minimales, maximales et moyennes durant la saison printanière

Année	T°C	Equations de Régression	Coefficient de détermination (R^2)	Valeur de P
2009	X ₁ (Minimale)	$Y = 8,010 - 0,183 * X_1$	0,552	0,0036
	X ₂ (Maximale)	$Y = 10,295 - 0,210 * X_2$	0,700	0,0004
	X ₃ (Moyenne)	$Y = 9,460 - 0,214 * X_3$	0,678	0,0005
	X ₁ -X ₂	$Y = 10,126 - 3,454 * X_1 + 0,181 * X_2$	0,706	0,0022
2010	X ₁ (Minimale)	$Y = 12,783 - 0,402 * X_1$	0,139	0,2093
	X ₂ (Maximale)	$Y = 14,489 - 0,352 * X_2$	0,331	0,0397
	X ₃ (Moyenne)	$Y = 14,606 - 0,417 * X_3$	0,268	0,0699
	X ₁ -X ₂	$Y = 11,434 + 0,553 * X_1 - 0,626 * X_2$	0,396	0,0806
2011	X ₁ (Minimale)	$Y = 1,026 + 0,206 * X_1$	0,193	0,1336
	X ₂ (Maximale)	$Y = -4,131 + 0,343 * X_2$	0,583	0,0024
	X ₃ (Moyenne)	$Y = -1,999 + 0,311 * X_3$	0,409	0,0185
	X ₁ -X ₂	$Y = -4,633 - 0,200 * X_1 + 0,493 * X_2$	0,652	0,0051

3.1.1.3. Saison estivale

Les résultats de la Figure 21 A montrent que l'augmentation de la température moyenne maximale à partir de la fin du mois de juin jusqu'au début du mois d'août pendant l'été 2009 est de 34,82 à 37,08°C, elle se traduit globalement par une diminution du vol des papillons mâles d'*Ectomyelois ceratoniae* de la fin du mois de juin jusqu'à la première semaine du mois d'août. Un accroissement dans le nombre des adultes capturés a été enregistré à partir de la mi-août jusqu'à la mi-septembre avec un pic de vol de 42 papillons durant la dernière semaine d'août, où la température moyenne est de 29,39°C, moyenne minimale de 27,43°C et moyenne maximale de 31,36°C.

Pour l'année 2010, on remarque que les plus faibles captures des adultes de la pyrale des dattes, entre 2 et 11 papillons, ont été enregistrées à des températures moyennes maximales allant de 35,06 à 36,53°C et cela entre la première et la dernière semaine de juillet et les trois premières semaines du mois d'août. Les températures moyennes maximales inférieures à 35 °C durant cette période, sont marquées par un piégeage plus au moins

important avec un maximum de 31 individus à la deuxième et troisième semaine de septembre où les températures moyennes maximales sont respectivement de 31,74 et 25,18 °C (Figure 21 B).

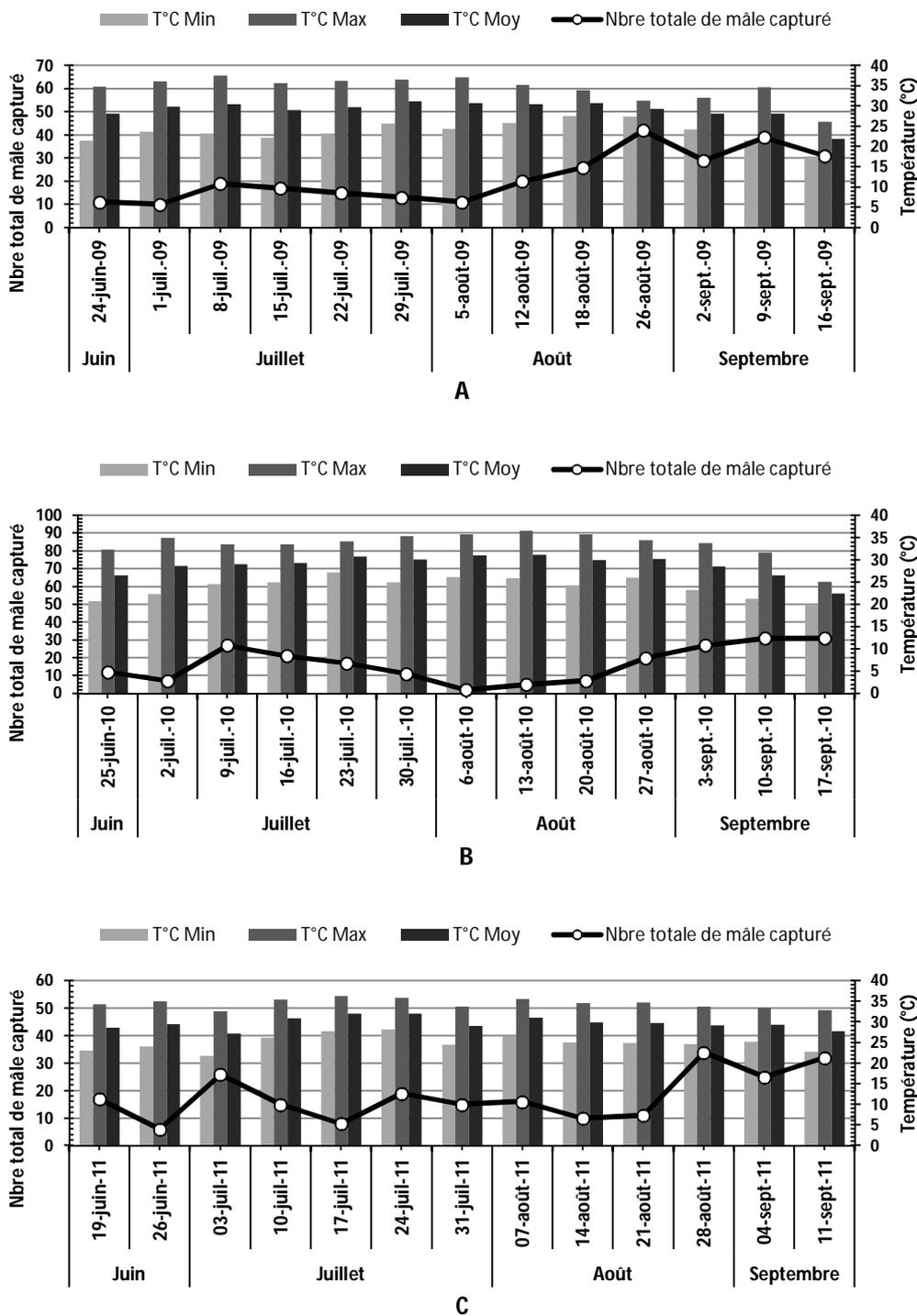


Figure 21 : Fluctuations des températures et des populations d'*Ectomyelois ceratoniae* durant l'été (A : 2009, B : 2010 et C : 2011)

Pendant l'été 2011, le plus faible nombre de mâles (6 à 8 papillons) est capturé à des températures moyennes maximales oscillant entre 35,03 et 36,31°C, alors que le nombre le plus élevé est de 34 adultes capturés à la fin août, les températures moyennes, moyennes minimales et moyennes maximales dans cette période sont respectivement de 29,20, 24,61 et 33,79°C (Figure 21 C).

Dans le tableau 11, on remarque que durant l'été des années 2009, 2010 et 2011, la température moyenne maximale a une influence significative et négative sur l'abondance de la population de la pyrale (respectivement, $R^2= 0,347$; $P =0,0341$; $R^2= 0,446$; $P = 0,0125$ et $R^2= 0,451$; $P = 0,0120$). Aussi, les températures moyennes sont négativement corrélées avec le vol des papillons d'*E. ceratoniae* durant les années 2009 et 2010 seulement avec respectivement $R^2= 0,360$; $P = 0,0301$ et $R^2= 0,351$; $P = 0,0328$, tandis que l'impact simultané des températures moyennes minimales et maximales influent significativement sur la fluctuation de la pyrale des dattes pour les années 2010 et 2011 avec respectivement $R^2=0,460$; $P = 0,0459$ et $R^2=0,625$; $P =0,0074$.

Tableau 11 : Corrélations des fluctuations des populations de la pyrale des dattes et des variations des températures minimales, maximales et moyennes durant la saison estivale

Année	T°C	Equations de Régression	Coefficient de détermination (R^2)	Valeur de P
2009	X ₁ (Minimale)	Y = 7,721 - 0,146* X ₁	0,157	0,1799
	X ₂ (Maximale)	Y = 10,77 - 0,189 * X ₂	0,347	0,0341
	X ₃ (Moyenne)	Y = 11,448 - 0,247 * X ₃	0,360	0,0301
	X ₁ -X ₂	Y = 11,674 - 7,374* X ₁ - 0,164* X ₂	0,381	0,0905
2010	X ₁ (Minimale)	Y = 9,564 -0,23 5 * X ₁	0,163	0,1711
	X ₂ (Maximale)	Y = 14,352 -0,309 * X ₂	0,446	0,0125
	X ₃ (Moyenne)	Y = 13,406 - 0,329* X ₃	0,351	0,0328
	X ₁ -X ₂	Y = 13,905 + 9,837 * X ₁ -0,367 * X ₂	0,460	0,0459
2011	X ₁ (Minimale)	Y = 9,187-0,201*X ₁	0,133	0,2198
	X ₂ (Maximale)	Y = 24,803-0,598*X ₂	0,451	0,0120
	X ₃ (Moyenne)	Y = 14,603-0,351*X ₃	0,249	0,0828
	X ₁ -X ₂	Y = 35,255+0,452* X ₁ -1,228* X ₂	0,625	0,0074

3.1.1.4. Saison automnale

Le vol des adultes de la pyrale a commencé pendant la dernière semaine de septembre et le début octobre durant l'automne de 2009, 2010 et 2011 ; où la température moyenne minimale avoisine respectivement 18,14 ; 17,40 et 22,64°C, moyenne maximale 23,71 ; 25,02 ; 32,79°C et moyenne 21,32 ; 22,51 ; 27,61°C, coïncidant ainsi avec la maturité des premiers fruits de datte. Les captures s'accroissent ensuite durant la mi-octobre où le nombre

des mâles capturés atteint son maximum avec 60, 93 et 52 individus pour respectivement les années 2009, 2010 et 2011, la température moyenne minimale oscillant entre 16,56 et 17,86 °C.

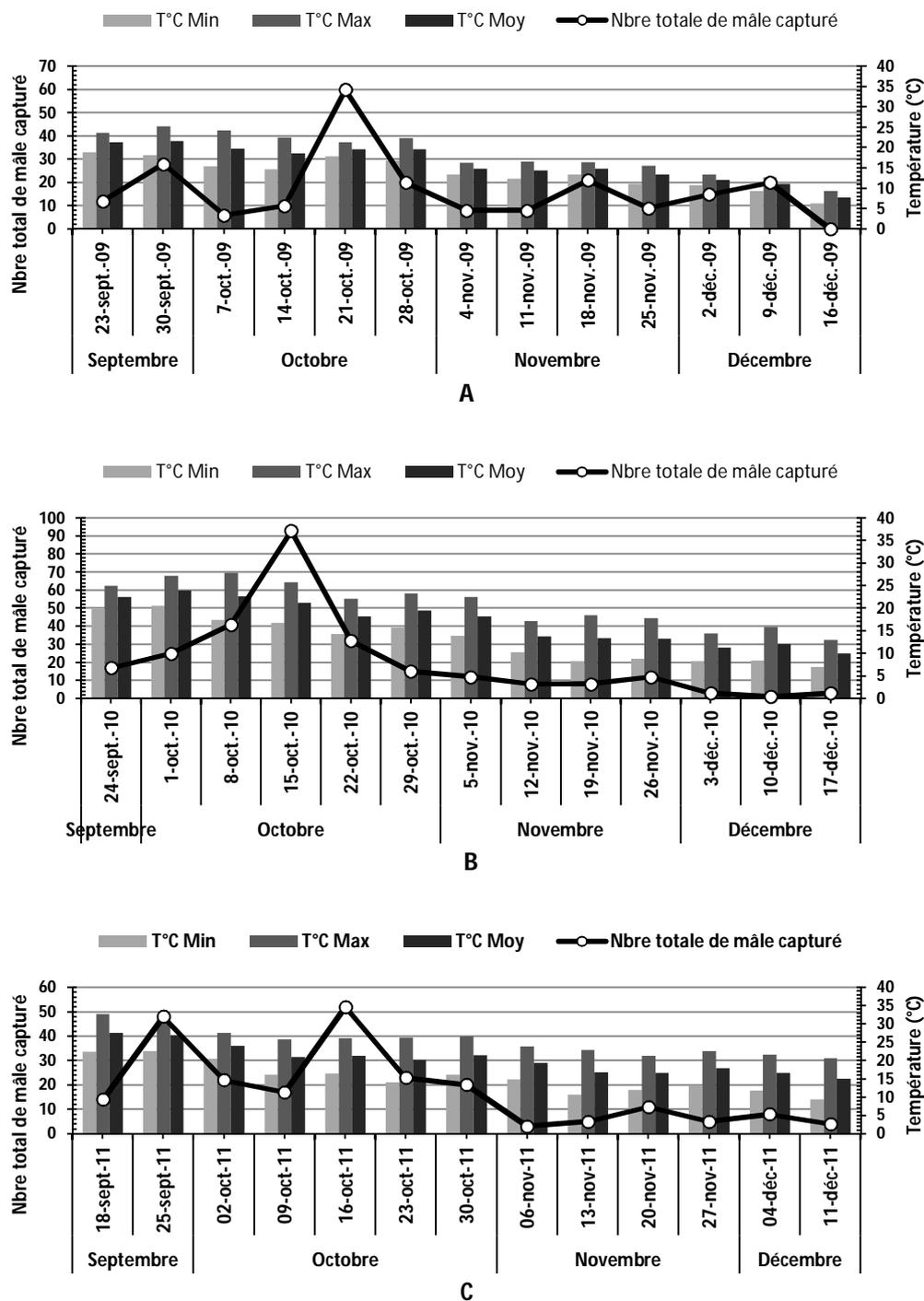


Figure 22 : Fluctuations des températures et des populations d'*Ectomyelois ceratoniae* durant l'automne (A : 2009, B : 2010 et C : 2011)

Avec l'abaissement des températures moyennes et moyennes minimales du mois de Novembre et Décembre (2009 : Min = 6,35°C et Moy = 7,85°C ; 2010 : Min = 7,09 et Moy = 10,08°C et 2011 : Min = 9,40 et Moy = 15,03°C), la population d'*Ectomyelois ceratoniaea* commencé à décroître jusqu'au mi- décembre, avec absence de vol pendant l'année 2009, un seul papillon en 2010 et quatre adultes capturés dans la même période en 2011 (Figure 22 A,B et C).

L'analyse statistique montrent que durant l'année 2009, l'effectif de la population de la pyrale des dattes est positivement corrélée avec la température moyenne et minimale ($R^2 = 0,345$ et $P = 0,0348$). Cependant, les températures moyennes, moyennes minimales et maximales de l'automne 2010 et 2011, possèdent une influence positivement significative sur les fluctuations du vol de la pyrale des dattes (Tableau 12). En plus, l'effet combiné des températures moyennes maximales et minimales a une action importante sur l'abondance d'*E. ceratoniae* durant la période automnale de l'année 2009 et 2010 seulement avec respectivement, $R^2 = 0,513$; $0,652$ et $P = 0,0275$; $0,0051$.

Tableau 12 : Corrélations des fluctuations des populations de la pyrale des dattes et des variations des températures minimales, maximales et moyennes durant la saison automnale

Année	T°C	Equations de Régression	Coefficient de détermination (R^2)	Valeur de P
2009	X ₁ (Minimale)	Y = 0,146 + 0,265* X ₁	0,345	0,0348
	X ₂ (Maximale)	Y = 1,314 + 0,135* X ₂	0,164	0,1699
	X ₃ (Moyenne)	Y = 0,726 + 0,191* X ₃	0,240	0,0892
	X ₁ -X ₂	Y = 0,515 + 0,756* X ₁ - 0,385 * X ₂	0,513	0,0275
2010	X ₁ (Minimale)	Y = -0,179 + 0,323 *X ₁	0,460	0,0109
	X ₂ (Maximale)	Y = -3,438 + 0,359 * X ₂	0,615	0,0015
	X ₃ (Moyenne)	Y = -1,915 + 0,351 * X ₃	0,551	0,0037
	X ₁ -X ₂	Y = -5,092 -0,282 * X ₁ + 0,616* X ₂	0,652	0,0051
2011	X ₁ (Minimale)	Y = -6,794+0,258*X ₁	0,407	0,0190
	X ₂ (Maximale)	Y = -3,561+0,295*X ₂	0,400	0,0204
	X ₃ (Moyenne)	Y = -1,856+0,283*X ₃	0,415	0,0175
	X ₁ -X ₂	Y = -1,698+0,153* X ₁ +0,128* X ₂	0,415	0,0685

3.1.2. Les paramètres de développement, de croissance et de reproduction de la pyrale des dattes en milieu artificiel

3.1.2.1. Durée de développement et tables de vie

Le suivi du cycle biologique de la pyrale des dattes de la ponte jusqu'à l'émergence des adultes dans un milieu d'élevage artificiel, nous a permis de mesurer la durée moyenne d'incubation des œufs ($4,40 \pm 0,68$ jours), la durée moyenne des cinq stades larvaires (L1-L5 : $56,60 \pm 2,14$ jours), la durée larvaire moyenne ($61,00 \pm 2,15$ jours), la durée moyenne du développement nymphale ($9,40 \pm 1,76$ jours) et une phase imaginale moyenne (jours) avec une durée moyenne du cycle de vie de $74,95 \pm 3,12$ jours (tableau 13).

Tableau 13 : Durée moyenne du développement (en jours) d'*E. ceratoniae* sur milieu artificiel

Stades de développement	Durée d'incubation	L1 - L5	Durée larvaire	Chrysalide	Longévité des adultes	Cycle de vie
Durée moyenne (jours)	4,40	56,60	61,00	9,40	4,55	74,95
Ecart-type	0,68	2,14	2,15	1,76	1,67	3,12

3.1.2.2. Paramètres de reproduction

Les femelles d'*E. ceratoniae* pondent jusqu'à trois pontes (moyenne de 2,70 pontes par femelle), le nombre d'œufs par ponte a tendance à diminuer, un maximum 93,50 œufs dans la 1^{ère} ponte et un minimum de 21 œufs dans la 3^{ème} ponte (tableau 14).

Tableau 14 : Nombre des œufs pondus par femelle et taux d'éclosion.

N° de femelle	Ponte 1	Ponte 2	Ponte 3	Nombre de pontes	Nombre total des œufs	Nombre moyen des œufs par ponte	Nombre moyen des œufs éclos	Taux d'éclosion (%)
Femelle 1	61	21	-	2	82	41,00	52	63,41
Femelle 2	64	19	17	3	100	33,33	76	76,00
Femelle 3	119	49	9	3	177	59,00	88	49,72
Femelle 4	130	113	50	3	293	97,67	175	59,73
Femelle 5	73	10	11	3	94	31,33	59	62,77
Femelle 6	110	38	7	3	155	51,67	85	54,84
Femelle 7	84	33	42	3	159	53,00	55	34,59
Femelle 8	88	8	11	3	107	35,67	58	54,21
Femelle 9	125	49	-	2	174	87,00	97	55,75
Femelle 10	81	23	-	2	104	52,00	67	64,42
Moyenne	93,50	36,30	21,00	2,70	144,50	54,17	81,20	57,54
Ecart- type	25,54	30,59	17,50	0,48	19,94	7,05	11,50	3,44

Le tableau 14, montre aussi les valeurs extrêmes de variation individuelles du nombre total des œufs pondus par femelle, allant d'un minimum de 82 œufs à un maximum de 293 œufs, et une moyenne de 144,50 œufs par femelle. Concernant le nombre moyen des œufs pondus par ponte calculé sur 10 femelles on remarque une variation très marquée avec un nombre très faible qui atteint les 33,33 œufs par ponte et un maximum de 97,66 œufs, la moyenne est de 22,30 œufs.

Notre étude sur la fertilité des œufs a montré une remarquable variation du taux d'éclosion, avec un pourcentage très réduit qui atteint 34,59 %, alors que la valeur la plus élevée est de 76,00 %, avec une moyenne de 57,54 % (Tableau 14).

Le taux brut de fécondité des femelles de la pyrale des dattes est $144,50 \pm 19,94$ œufs chez les femelles émergées du milieu d'élevage artificiel. Alors que le taux brut de fertilité est $81,20 \pm 11,50$ œufs, avec un taux de fertilité moyen de 53,89 %. Pour les taux net de fécondité et de fertilité moyens, ils sont respectivement de $57,80 \pm 7,98$ et $32,48 \pm 4,60$ œufs, donc le taux moyen de survie est inférieur à 50 %. Le nombre moyen d'œufs par femelle et par jour est de $28,51 \pm 3,57$. De plus, le nombre des œufs fertiles par femelle et par jour est de $16,00 \pm 1,98$ (Tableau 15)

Tableau 15 : Les paramètres de reproduction d'*E. ceratoniae* en milieu artificiel

Paramètre	Moyenne \pm Ecart-type
Taux brut de fécondité	144,50 \pm 19,94
Taux brut de fertilité	81,20 \pm 11,50
Taux net de fécondité	57,80 \pm 7,98
Taux net de fertilité	32,48 \pm 4,60
N ^{bre} moyen d'œuf pondu par femelle et par jour	28,51 \pm 3,57
N ^{bre} moyen d'œuf fertile pondu par femelle et par jour	16,00 \pm 1,98

3.1.2.3. Paramètres de croissance

Le taux net de reproduction (R_0) d'*E. ceratoniae* élevé sur milieu artificiel est $24,83 \pm 4,58$ femelles par femelle par génération (Tableau 3). Le taux intrinsèque d'accroissement (r_m) de ce lépidoptère a atteint $0,09 \pm 0,011$ femelles par femelle par jour et le taux fini d'accroissement (λ) calculé est $1,09 \pm 0,013$ (Tableau 16). Le temps de doublement (T_d) de la population d'*E. ceratoniae* et le temps moyen de génération (T_g) sont respectivement de $8,77 \pm 0,94$ et $37,70 \pm 2,96$ jours (tableau 16).

Tableau 16 : Les paramètres de croissance de la population d'*E. ceratoniae* élevée sur un milieu artificiel

Paramètre	Moyenne \pm Ecart-type
Taux net de reproduction (R_0)	24,83 \pm 4,58
Taux intrinsèque d'accroissement (r_m)	0,09 \pm 0,011
Taux fini d'accroissement (λ)	1,09 \pm 0,013
Temps de dédoublement (T_d)	8,77 \pm 0,94
Temps moyen de génération (T_g)	37,70 \pm 2,96

3.1.2.4. Sex-ratio

Les résultats de tableau 17, indiquent une différence entre le nombre des mâles et des femelles, avec respectivement un pourcentage moyen de 57,99 et 42,01. Ces valeurs montrent que la proportion des mâles est plus élevée que celle des femelles. Le Sex-ratio de la pyrale des dattes calculé dans les conditions contrôlées pour un milieu d'élevage artificiel est de 0,42.

Tableau 17 : Nombre des mâles et des femelles émergées et sex-ratio d'*E. ceratoniae*

N° de couple	Pourcentage des mâles (%)	Pourcentage des femelles (%)	Sex-ratio
1	56,92	43,08	0,43
2	64,52	35,48	0,35
3	46,39	53,61	0,54
4	48,48	51,52	0,52
5	56,70	43,30	0,43
6	53,66	46,34	0,46
7	71,43	28,57	0,29
8	57,89	42,11	0,42
9	68,75	31,25	0,31
10	55,17	44,83	0,45
Moyenne	57,99	42,01	0,42

3.1.2.5. Longévité moyenne des mâles et des femelles

Le tableau 18 montre une longévité minimale de 2 jours chez les mâles et 4 jours pour les femelles alors que la durée de vie maximale observée est de 6 jours chez les mâles et de 8 jours chez les femelles, avec une durée moyenne de vie de 3,90 jours pour les mâles et de 5,20 jours pour les femelles. Donc les femelles ont une longévité plus longue que les mâles.

Tableau 18 : Longévité des mâles et femelles d'*E.ceratoniae*

N° de couple	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Moyenne	Ecart-type
La longévité des mâles	3	3	5	6	6	6	3	2	2	3	3,90	1,66
La longévité des femelles	4	4	8	6	6	7	4	4	4	5	5,20	1,48

3.1.3. Influence de la qualité nutritive de trois variétés de datte sur les paramètres biologiques de la pyrale des dattes

3.1.3.1. Durée de développement et table de vie

Le suivi du cycle de développement d'*E.ceratoniae* de la ponte jusqu'à l'émergence des adultes dans les dattes des variétés Ghars, Deglet Nour et Mech Degla, nous ont permis de mesurer la durée moyenne d'incubation des œufs qui est presque la même pour les trois variétés. Par contre la durée moyenne du développement larvaire été plus longue sur la variété Ghars (L_1-L_5 : $38,40 \pm 4,13$ jours) et plus courte sur les variétés Deglet Nour ($31,72 \pm 3,12$ jours) et Mech Degla avec ($31,04 \pm 3,01$ jours), de même, la durée moyenne la plus longue du stade chrysalide et la phase imaginale ont été enregistrés sur les dattes de la variété Ghars avec respectivement $7,96 \pm 2,87$ jours et $4,65 \pm 1,23$ jours par rapport aux autres variétés (Tableau19).

Tableau 19 : Durée moyenne de développement (en jours) d'*E. ceratoniae* sur les fruits des trois variétés de datte testées.

Stades de développement	Durée moyenne \pm Ecart-type (jours)			Valeur de F	Valeur de P
	Deglet Nour	Mech Degla	Ghars		
Durée d'incubation des œufs	$3,88 \pm 0,33$ a	$3,76 \pm 0,44$ a	$3,84 \pm 0,37$ a	0,636	0,5322
1 ^{er} stade larvaire	$6,28 \pm 0,46$ a	$4,32 \pm 1,15$ b	$6,12 \pm 0,73$ a	43,407	< 0,0001
2 ^{ème} stade larvaire	$6,04 \pm 0,68$ b	$4,88 \pm 0,53$ c	$7,52 \pm 1,01$ a	75,327	< 0,0001
3 ^{ème} stade larvaire	$5,04 \pm 0,74$ b	$5,44 \pm 1,29$ b	$6,04 \pm 0,68$ a	7,116	0,0015
4 ^{ème} stade larvaire	$4,08 \pm 1,04$ b	$5,84 \pm 1,60$ a	$5,92 \pm 1,00$ a	17,533	< 0,0001
5 ^{ème} stade larvaire	$6,40 \pm 2,42$ b	$6,80 \pm 1,63$ b	$8,96 \pm 3,60$ a	6,629	0,0023
Développement larvaire	$31,72 \pm 3,12$ b	$31,04 \pm 3,01$ b	$38,40 \pm 4,13$ a	34,624	< 0,0001
Chrysalide	$6,28 \pm 1,95$ b	$7,16 \pm 1,63$ ab	$7,96 \pm 2,87$ a	3,617	0,0318
Développement préimaginale	$38,00 \pm 3,52$ b	$38,20 \pm 3,58$ b	$46,36 \pm 4,85$ a	35,011	< 0,0001
Longévité des Adultes	$4,30 \pm 1,13$ a	$3,40 \pm 0,69$ b	$4,65 \pm 1,23$ a	4,305	0,0192
Cycle de vie	$42,60 \pm 4,06$ b	$42,20 \pm 3,65$ b	$51,40 \pm 5,73$ a	21,351	< 0,0001

Les différentes lettres dans les lignes indiquent des différences significatives ($P < 0,05$) au sein des différentes variétés de datte.

La durée moyenne du cycle vie d'*E.ceratoniae* sur les trois variétés est plus longue sur les dattes Ghars avec $51,40 \pm 5,73$ jours et plus courte sur la variété Mech Degla avec $42,20 \pm 3,65$ jours qui est très proche de la variété Deglet Nour avec $42,60 \pm 4,06$ jours (Tableau 19).

Le tableau 19, montre que la durée de développement de la période larvaire (L1-L5) d'*Ectomyelois ceratoniae* sur les dattes des trois variétés été significativement différentes (L1 : $P < 0,0001$; L2 : $P < 0,0001$; L3 : $P = 0,0015$; L4 : $P < 0,0001$ et L5 : $P = 0,0023$). La durée la plus longue du stade L1 a été enregistré pour la variété Ghars ($6,12 \pm 0,73$ jours) et Deglet Nour ($6,28 \pm 0,46$ jours), alors qu'elle est courte pour la variété Mech Degla ($4,32 \pm 1,15$ jours). Le stade larvaire L2 marque aussi un développement plus long avec $7,52 \pm 1,01$ jours sur les dattes Ghars par rapport aux dattes Deglet Nour ($6,04 \pm 0,68$ jours) et Mech Degla ($4,88 \pm 0,53$ jours). Une croissance plus longue des larves L3 a été observé chez les dattes Ghars ($6,04 \pm 0,68$ jours) par contre la durée la plus courte à été signalé pour les variétés Deglet Nour ($5,04 \pm 0,74$ jours) et Mech Degla ($5,44 \pm 1,29$ jours). Sur cette dernière et sur la variété Ghars on a enregistré une durée plus importante du stade L4 avec respectivement $5,84 \pm 1,60$ et $5,92 \pm 1,00$ jours par rapport à Deglet Nour. La durée du cinquième stade larvaire été aussi plus longue sur les dattes Ghars ($8,96 \pm 3,60$ jours) par rapport aux deux autres variétés. A l'inverse, aucune différence significative n'a été observée entre la période d'incubation des œufs ($P = 0,5322$).

Des différences significatives ont été enregistré entre le temps de développement du stade chrysalide ($P = 0,0318$) et adulte ($P = 0,0192$) sur les fruits des trois variétés, avec une durée plus longue pour les chrysalides des dattes Ghars ($7,96 \pm 2,87$ jours) et une courte durée pour celle des dattes Deglet Nour ($6,28 \pm 1,95$ jours), les adultes émergés des dattes Ghars et Deglet Nour ont marqués une longévité plus longue avec respectivement $4,65 \pm 1,23$ et $4,30 \pm 1,13$ jours par rapport aux adultes sortis des dattes Mech Degla avec $3,40 \pm 0,69$ jours (Tableau 19). Une différence hautement significative a été enregistré aussi entre la durée de cycle de vie de la pyrale des dattes accomplis sur les dattes des trois variétés ($P < 0,0001$), il est achevé dans une longue période de 50,50 jours chez la variété Ghars par rapport au deux autres variétés.

3.1.3.2. Paramètres de reproduction

Le taux brut de fécondité des femelles de la pyrale des dattes est élevé chez les femelles émergées des dattes Deglet Nour (129,70 œufs) suivi par les femelles des dattes Mech Degla (128,80 œufs), alors qu'elle est faible chez les femelles émergées de la variété Ghars avec 112,80 œufs (Tableau 20). La valeur la plus élevée du taux brut de fertilité a été observé sur Deglet Nour ($111,90 \pm 10,13$ œufs), suivis par Mech Degla ($101,00 \pm 7,35$ œufs) et Ghars ($91,70 \pm 14,39$ œufs) (Tableau 20). Pour les taux net de fécondité et de fertilité, ils sont plus faibles sur les dattes Mech Degla (respectivement, $41,22 \pm 4,05$ et $32,32 \pm 2,35$) par rapport aux autres variétés. Cependant, l'analyse de la variance des taux brut et net de fécondité et de fertilité d'*Ectomyelois ceratoniae* sur les dattes des trois variétés, n'a révélé aucune différence significative (respectivement, $P = 0,5658$; $P = 0,4726$; $P = 0,3807$ et $P = 0,2530$).

Tableau 20 : Les paramètres de reproduction d'*E. ceratoniae* sur les fruits de trois variétés de datte.

Paramètre	Variété			Valeur de F	Valeur de P
	Deglet Nour	Mech Degla	Ghars		
Taux brut de fécondité	129,70 ± 9,66 a	128,80 ± 12,65 a	112,80 ± 14,75 a	0,584	0,5658
Taux brut de fertilité	111,90 ± 10,13 a	101,00 ± 7,35 a	91,70 ± 14,39 a	0,776	0,4726
Taux net de fécondité	51,88 ± 3,86 a	41,22 ± 4,05 a	45,12 ± 5,90 a	1,009	0,3807
Taux net de fertilité	44,76 ± 4,05 a	32,32 ± 2,35 a	36,68 ± 5,76 a	1,464	0,2530
N ^{bre} moyen d'œuf pondu par femelle et par jour	27,76 ± 2,09 ab	36,41 ± 6,82 a	21,99 ± 2,95 b	3,638	0,0432
N ^{bre} moyen d'œuf fertile pondu par femelle et par jour	23,83 ± 2,15 a	28,04 ± 4,19 a	17,91 ± 2,77 a	2,876	0,0777

Les différentes lettres dans les lignes indiquent des différences significatives ($P < 0,05$) au sein des différentes variétés de datte.

Le nombre moyen d'œufs par femelle et par jour des femelles émergées des différentes dattes été significativement différent ($P = 0,0432$). Ce paramètre est plus élevé sur Mech Degla ($36,41 \pm 6,82$ œufs) et plus faible sur Ghars ($21,99 \pm 2,95$ œufs) (Tableau 20). De plus, le nombre des œufs fertiles par femelle et par jour n'a pas été influencé de façon significative par les différentes variétés de datte ($p < 0,0777$).

3.1.3.3. Paramètres de croissance

Le taux net de reproduction (R_0) maximum est de $29,05 \pm 6,84$ et le minimum est de $14,84 \pm 3,26$ femelles par femelle par génération, ce taux est calculé sur respectivement les cultivars Deglet Nour Mech Degla (Tableau 21). Les différents taux net de reproduction enregistrés sur les dattes des trois variétés sont significativement différents ($P = 0,0055$). Le taux intrinsèque d'accroissement (r_m) de ce papillon a montré des différences significatives sur les trois cultivars de datte ($P = 0,0027$). La valeur maximale de ce paramètre a été observée sur Deglet Nour avec $0,162 \pm 0,05$ femelles par femelle par jour et la valeur minimale de ce paramètre est égale à $0,085 \pm 0,01$ calculée sur Mech Degla.

Tableau 21 : Les paramètres de croissance de la population d'*E. ceratoniae* sur les fruits de trois variétés de datte.

Paramètre	Variété			Valeur de F	Valeur de P
	Deglet Nour	Mech Degla	Ghars		
Taux net de reproduction (R_0)	$29,05 \pm 6,84a$	$14,84 \pm 3,26 b$	$21,66 \pm 8,95 b$	6,645	0,0055
Temps moyen d'une génération (T_g)	$22,20 \pm 6,45 b$	$32,66 \pm 7,74 a$	$24,45 \pm 5,00 b$	4,896	0,0174
Taux intrinsèque d'accroissement (r_m)	$0,162 \pm 0,05 a$	$0,085 \pm 0,01 b$	$0,125 \pm 0,03 b$	7,813	0,0027
Temps de dédoublement (T_d)	$4,68 \pm 1,60 b$	$8,37 \pm 1,35 a$	$5,92 \pm 1,53 b$	9,684	0,0010
Taux fini d'accroissement (λ)	$1,18 \pm 0,05 a$	$1,09 \pm 0,02 b$	$1,13 \pm 0,04 b$	7,725	0,0029

Les différentes lettres dans les lignes indiquent des différences significatives ($P < 0,05$) au sein des différentes variétés de datte.

La valeur la plus élevée du taux fini d'accroissement (λ) a été calculé sur les dattes Deglet Nour et la plus faible sur Mech Degla avec respectivement $1,18 \pm 0,05$ et $1,09 \pm 0,02$ (Tableau 21). Le taux fini d'accroissement de ce papillon a montré des différences significative entre les individus élevés sur les trois variétés ($P = 0,0029$).

Le temps de doublement (T_d) de la population d'*E. ceratoniae* est plus long sur les dattes Mech Degla ($8,37 \pm 1,35$ jours) et très court sur la variété Deglet Nour ($4,68 \pm 1,60$), les temps de dédoublement sur les dattes des trois variétés sont significativement différents ($P = 0,0010$). Le temps moyenne de génération (T_g) d'*E. ceratoniae* a montré une différence significative sur les trois cultivars ($P = 0,0174$) (Tableau 21). Le maximum et minimum du temps moyenne de génération ont été calculés sur les cultivars Mech Degla et Deglet Nour avec respectivement $32,66 \pm 7,74$ et $22,20 \pm 6,45$ jours (Tableau 21).

3.1.3.4. Sex-ratio

Depuis les résultats consignés dans le tableau 22, on remarque que le nombre de femelles est plus important dans les dattes Deglet Nour avec un sex-ratio de 0,56, alors que dans les dattes de Mech Degla et Ghars le nombre des mâles est supérieur à celle des femelles avec respectivement un sex-ratio de 0,36 et 0,48. Toutefois, l'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre le sex-ratio des individus d'*Ectomyelois ceratoniae* issus des trois variétés avec $P = 0,0580$ (Tableau 22).

Tableau 22 : Sex-ratio d'*E.ceratoniae* élevées sur les trois variétés de datte

Variété	Sex-ratio	Ecart-type	Valeur de F	Valeur de P
Deglet Nour	0,56	0,08	4,750	0,0580
Mech Degla	0,36	0,08		
Ghars	0,48	0,08		

3.1.3.5. Longévité des mâles et des femelles

La longévité des adultes mâles émergés des trois variétés varie entre 3 et 4 jours, ces valeurs ne sont pas significativement différentes (Tableau 23). La longévité est plus longue chez les adultes femelles émergés de la variété Ghars et Deglet Nour (respectivement 5,30 et 4,80 jours) et plus courte pour les femelles issus de la variété Mech Degla avec $3,80 \pm 0,447$ jours (Tableau 23).

Tableau 23 : Comparaison entre la longévité des mâles et des femelles d'*E. ceratoniae* élevés dans les trois variétés de datte

	Longévité moyenne \pm Ecart-type (jours)			Valeur de F	Valeur de P
	Deglet Nour	Mech Degla	Ghars		
Longévité des Mâles (Jours)	$3,80 \pm 0,92$	$3,00 \pm 0,00$	$4,00 \pm 0,82$	2,782	0,0837
Longévité des Femelles (Jours)	$4,80 \pm 0,92$	$3,80 \pm 0,447$	$5,30 \pm 0,95$	5,000	0,0162

L'analyse de la variance de la longévité moyenne montre des différences significatives chez les femelles avec $P = 0,0162$ (Tableau 23).

Tableau 24 : Comparaison entre la longévité des mâles et des femelles d'*E. ceratoniae* de chaque variété de dattes

Variété	Longévité moyenne \pm Ecart-type (jours)		Valeur de F	Valeur de P
	Mâles	Femelles		
Deglet Nour	3,80 \pm 0,92	4,80 \pm 0,92	4,687	0,0441
Mech Degla	3,00 \pm 0,89	3,80 \pm 1,26	16,000	0,0039
Ghars	4 \pm 0,82	5,3 \pm 0,95	10,787	0,0041

D'après le tableau 24, on remarque que la longévité moyenne des femelles est plus longue dans les dattes des trois variétés (Ghars : 5,3 jours, Deglet Nour : 4,80 jours et Mech Degla : 3,80 jours) par rapport aux adultes mâles (Ghars : 4 jours, Deglet Nour : 3,80 jours et Mech Degla : 3 jours), avec des différences significatives dans les trois variétés (Deglet Nour : P = 0,0256, Mech Degla : P = 0,0039 et Ghars : P = 0,0041).

3.2. Attractivités des larves d'*Ectomyelois ceratoniae* par les odeurs et les extraits des trois variétés de dattes

3.2.1. Tests en enceinte close

L'étude de l'attractivité des larves d'*E. ceratoniae* par les différentes odeurs des dattes fraîches se fait dans une enceinte close, les résultats des tests du comportement alimentaire sont mentionnées dans le tableau 25.

Le premier stade n'a pas fait l'objet de test vue son extrême sensibilité. Concernant l'attractivité des odeurs des dattes fraîches, c'est incontestablement la variété Deglet Nour qui semble être la plus attractive pour tous les stades larvaires d'*E. ceratoniae*. Les extraits pentaniques et hexaniques de la variété Deglet Nour restent attractifs pour tous les stades larvaires d'*E. ceratoniae*. Par contre, les dattes fraîches de la variété Mech Degla et Ghars et leurs extraits au pentane et à l'hexane n'attirent que le stade L5. Donc, les larves du cinquième stade semblent être mieux attirées par la source odorante des trois variétés de dattes, avec un taux d'attraction qui atteint les 75% pour les dattes fraîches et l'extrait au pentane des variétés Mech Degla et Ghars et 68% pour l'extrait à l'hexane des mêmes variétés, Alors qu'il varie entre 95 et 96% pour respectivement l'extrait à l'hexane des dattes de la variété Deglet Nour ainsi qu'à leurs dattes fraîches et leur extrait au pentane (Tableau 25).

Tableau. 25 : Attractivité en enceinte close des différents stades larvaires d'*E. ceratoniae* par les odeurs des dattes fraîches et leurs extrait au pentane et à l'hexane

Sources d'odeur		Stades larvaires			
		L2	L3	L4	L5
Dattes fraîches Deglet Nour	Attractif	18	20	20	19
	Non Attractif	2	0	0	1
	Valeur de P	1,000	1,000	1,000	1,000
Dattes fraîches Mech Degla	Attractif	14	13	14	15
	Non Attractif	6	7	6	5
	Valeur de P	0,930 NS	0,930 NS	0,930 NS	0,968
Dattes fraîches Ghars	Attractif	14	12	11	15
	Non Attractif	6	8	9	5
	Valeur de P	0,930 NS	0,930 NS	0,930 NS	0,968
Extrait des dattes Deglet Nour au Pentane	Attractif	18	19	20	19
	Non Attractif	2	1	0	1
	Valeur de P	1,000	1,000	1,000	1,000
Extrait des dattes Mech Degla au Pentane	Attractif	13	13	14	15
	Non Attractif	7	7	6	5
	Valeur de P	0,930 NS	0,930 NS	0,930 NS	0,968
Extrait des dattes Ghars au Pentane	Attractif	12	13	14	15
	Non Attractif	8	7	6	5
	Valeur de P	0,930 NS	0,930 NS	0,930 NS	0,968
Extrait des dattes Deglet Nour à l'Hexane	Attractif	17	22	24	24
	Non Attractif	8	3	1	1
	Valeur de P	0,950	1,000	1,000	1,000
Extrait des dattes Mech Degla à l'Hexane	Attractif	6	9	13	17
	Non Attractif	19	16	12	8
	Valeur de P	0,828 NS	0,828 NS	0,828 NS	0,950
Extrait des dattes Ghars à l'Hexane	Attractif	7	16	16	17
	Non Attractif	18	9	9	8
	Valeur de P	0,828 NS	0,828 NS	0,828 NS	0,950

NS : Non significative

3.2.1.1. Etude des temps d'attractivité d'*E. ceratoniae* par les odeurs des dattes fraîches et leurs extraits au pentane et à l'hexane en enceinte close

Deuxième stade larvaire : Les larves du deuxième stade n'ont pas le même comportement face aux extraits réalisés avec le pentane ou avec l'hexane. Les moyennes du temps de latence et du temps d'arrivée, sont significativement différents (respectivement, $P = 0,0004$, et $P < 0,0001$). En ce qui concerne tous les temps étudiés, les chenilles sont plus rapides face aux extraits au pentane des dattes des trois cultivars étudiés (Deglet Nour, Mech

Degla et Ghars) et significativement plus lentes face aux extraits à l'hexane des même variétés. En ce qui concerne l'attractivité des dattes fraîches, c'est les dattes de la variété Deglet Nour et le Mech Degla qui attirent le mieux et bien que les larves sont plus lentes à sortir de la zone de latence en présence des dattes Ghars, elles restent significativement plus rapide à atteindre la zone d'arrivée. Donc, Les extraits des différentes variétés de dattes à l'hexane ont significativement moins d'effet (Tableau 26 et 27).

Troisième stade larvaire : En ce qui concerne les différents temps enregistrés, nos résultats montrent que les temps de latence des larves du troisième stade sont significativement différents pour tous les tests ($P= 0,0007$). La comparaison des moyens permet de constater que ces larves sortent plus rapidement de la zone de latence en présence des dattes Deglet Nour ; leur sortie est significativement plus lente en présence des dattes Mech Degla et Ghars. Les extraits au pentane des dattes Deglet Nour, Mech Degla, Ghars et l'extrait à l'hexane de Deglet Nour attirent plus rapidement les larves que lorsqu'on utilise les extraits à l'hexane des dattes Mech Degla et Ghars (Tableau 26).

Les temps d'arrivée (temps de parcours) des larves de troisième stade dans la zone où sont déposés les différents stimuli testés sont significativement différents ($P < 0,0001$). Les larves sont attirées plus rapidement par les extraits au pentane des dattes Deglet Nour, Mech Degla et Ghars que par ceux des extraits à l'hexane des dattes Deglet Nour ; l'extrait à l'hexane des dattes Mech Degla et Ghars est significativement les plus long. En ce qui concerne les dattes fraîches, nous constatons que l'attraction est plus rapide avec Deglet Nour qu'avec les différentes variétés ; les dattes Ghars reste significativement les moins attractifs (Tableau 27).

Quatrième stade larvaire : Les temps de sortie des larves de la zone de latence, quel que soit le stimulus utilisé, sont significativement différents ($P < 0,0001$). De la même façon, la comparaison des moyennes du temps de parcours ($P < 0,0001$) est significativement différente. Les larves quittent plus rapidement la zone de latence en présence des dattes Deglet Nour et Mech Degla, alors qu'elles mettent plus de temps en présence de la variété Ghars. Les chenilles du quatrième stade se déplacent plus rapidement en présence des dattes des trois variétés et de leurs extraits au pentane qu'elles ne le font lorsqu'elles sont en présence des extraits des dattes des trois cultivars à l'hexane. Face aux différents extraits réalisés au pentane et à l'hexane, pour tous les temps enregistrés, l'attraction des chenilles est

plus rapide lorsqu'on teste les extraits au pentane des différentes variétés de datte et plus lente pour les extraits à l'hexane des mêmes variétés de datte (Tableau 26 et 27).

Cinquième stade larvaire : Les moyennes des différents temps étudiés, sont significativement différentes pour les trois variétés de dattes utilisées ainsi qu'à leurs extraits au pentane et à l'hexane ($P < 0,0001$). Les larves du cinquième stade sortent plus rapidement de la zone de latence en présence des dattes Deglet Nour ; leurs sortie est significativement plus lente avec les dattes Mech Degla et Ghars. En ce qui concerne le temps de parcours, les dattes des différentes variétés testées sont significativement plus attractifs pour les chenilles de la pyrale des dattes, leurs déplacement est très rapide vers la zone d'arrivée. Face aux extraits des différents dattes, les larves sortent significativement plus rapidement de la zone de latence et arrivent plus rapidement lorsqu'elles sont face aux extraits des dattes au pentane des variétés étudiées, et plus lentement lorsqu'elles répondent aux extraits des dattes à l'hexane de ces mêmes cultivars (Tableau 26 et 27).

Tableau 26 : Temps de latence (en secondes) de l'attractivité des stades larvaires d'*E. ceratoniae* par les odeurs des dattes fraîches et leurs extraits au pentane et à l'hexane en enceinte close

Sources d'odeur	Stades larvaires			
	L2	L3	L4	L5
Dattes fraîches Deglet Nour	42,33±14,83	25,75±6,01	7,65±0,70	7,68±1,29
Dattes fraîches Mech Degla	31,71±8,09	62,87±12,68	13,07±1,43	22,13±4,74
Dattes fraîches Ghars	84,50±20,85	65,00±20,91	30,55±17,61	34,40±15,05
Extrait des dattes Deglet Nour au Pentane	28,05±2,75	22,05±2,12	10,90±2,72	21,42±3,74
Extrait des dattes Mech Degla au Pentane	38,69±6,17	33,31±2,01	10,93±7,48	34,87±7,48
Extrait des dattes Ghars au Pentane	34,33±4,64	32,62±6,09	21,57±3,15	24,00±5,17
Extrait des dattes Deglet Nour à l'Hexane	79,35±14,91	52,05±16,04	32,87±4,63	40,79±6,20
Extrait des dattes Mech Degla à l'Hexane	106,00±33,72	82,33±15,35	48,08±7,14	51,12±6,02
Extrait des dattes Ghars à l'Hexane	92,71±19,73	97,75±22,86	33,00±7,11	56,53±6,19
Valeur de F	3,915	3,682	5,562	5,399
Valeur de P	0,0004	0,0007	< 0,0001	< 0,0001

Tableau. 27 : Temps de parcours (en secondes) de l'attractivité des stades larvaires d'*E. ceratoniae* par les odeurs des dattes fraîches et leurs extraits au pentane et à l'hexane en enceinte close

Sources d'odeur	Stades larvaires			
	L2	L3	L4	L5
Dattes fraîches Deglet Nour	65,94±23,01	58,70±20,34	40,10±4,77	57,79±15,48
Dattes fraîches Mech Degla	76,71±18,18	80,87±17,12	51,86±14,87	52,60±8,81
Dattes fraîches Ghars	83,07±18,09	134,08±33,32	44,55±6,91	51,33±8,41
Extrait des dattes Deglet Nour au Pentane	65,56±15,97	29,90±2,79	55,70±10,17	43,26±3,01
Extrait des dattes Mech Degla au Pentane	105,62±30,44	73,77±23,32	54,86±10,53	60,20±8,03
Extrait des dattes Ghars au Pentane	48,17±10,91	61,62±22,78	70,07±16,53	42,07±6,12
Extrait des dattes Deglet Nour à l'Hexane	238,05±31,70	110,55±19,01	83,75±7,69	79,83±10,37
Extrait des dattes Mech Degla à l'Hexane	319,66±26,85	190,00±24,48	158,25±17,80	94,76±10,55
Extrait des dattes Ghars à l'Hexane	251,14±26,85	167,69±21,65	109,31±20,15	93,35±7,24
Valeur de F	12,850	6,064	8,039	4,361
Valeur de P	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

3.2.2. Tests en olfactomètre en Y

Les tests en olfactomètre nous ont permis de mettre en évidence le rôle attractif de différentes sources odorantes sur les larves d'*Ectomyelois ceratoniae*.

Les tests en olfactomètre (Tableau 28) montrent que les dattes fraîches de la variété Deglet Nour ainsi que leurs extraits au pentane et à l'hexane attirent tous les stades larvaires de la pyrale des dattes avec des taux qui varient entre 68 et 92%. Tandis que les variétés Mech Degla et Ghars n'attirent aucun stade larvaire.

Tableau 28 : Attractivité en olfactomètre des différents stades larvaires d'*E. ceratoniae* par les odeurs des dattes fraîches et des extraits de dattes au pentane et à l'hexane

Sources d'odeur		Stades larvaires			
		L2	L3	L4	L5
Dattes fraîches Deglet Nour	Attractif	18	18	18	16
	Non Attractif	2	2	2	4
	Valeur de P	1,000	1,000	1,000	0,989
Dattes fraîches Mech Degla	Attractif	12	14	13	13
	Non Attractif	8	6	7	7
	Valeur de P	0,930 NS	0,930 NS	0,930 NS	0,930 NS
Dattes fraîches Ghars	Attractif	13	10	13	10
	Non Attractif	7	10	7	10
	Valeur de P	0,930 NS	0,930 NS	0,930 NS	0,930 NS
Extrait des dattes Deglet Nour au Pentane	Attractif	18	20	17	16
	Non Attractif	2	0	3	4
	Valeur de P	1,000	1,000	1,000	0,989
Extrait des dattes Mech Degla au Pentane	Attractif	14	12	12	10
	Non Attractif	6	8	8	10
	Valeur de P	0,930 NS	0,930 NS	0,930 NS	0,930 NS
Extrait des dattes Ghars au Pentane	Attractif	8	10	9	10
	Non Attractif	12	10	11	10
	Valeur de P	0,930 NS	0,930 NS	0,930 NS	0,930 NS
Extrait des dattes Deglet Nour à l'Hexane	Attractif	17	21	23	22
	Non Attractif	8	4	2	3
	Valeur de P	0,950	1,000	1,000	1,000
Extrait des dattes Mech Degla à l'Hexane	Attractif	13	14	16	16
	Non Attractif	12	11	9	9
	Valeur de P	0,828 NS	0,828 NS	0,828 NS	0,828 NS
Extrait des dattes Ghars à l'Hexane	Attractif	10	12	16	16
	Non Attractif	15	13	9	9
	Valeur de P	0,828 NS	0,828 NS	0,828 NS	0,828 NS

NS : Non significative

3.2.2.1. Etude des temps d'attractivité d'*E. ceratoniae* par les odeurs des dattes fraîches et leurs extraits au pentane et à l'hexane en olfactomètre

Pour tous les stimuli, les moyennes des temps de latence et de parcours, sont significativement différents ($P < 0,0001$) pour tous les stades larvaires.

Les dattes fraîches des différents cultivars testées sont significativement attractives pour tous les stades larvaires d'*E. ceratoniae*. Les larves de 2^{ème} et 3^{ème} stade remontent plus rapidement l'olfactomètre en présence des dattes Deglet Nour, Mech Degla et Ghars. De même, les larves plus âgées du 4^{ème} et 5^{ème} stade détectent et remontent plus rapidement jusqu'à la source d'odeur lorsqu'elles sont attirées par les dattes des différentes variétés (Tableau 29).

Tableau 29 : Temps de détection (en secondes) de l'attractivité des stades larvaires d'*E. ceratoniae* par les odeurs des dattes fraîches et leurs extraits au pentane et à l'hexane en olfactomètre

Sources d'odeur	Stades larvaires			
	L2	L3	L4	L5
Dattes fraîches Deglet Nour	32,56±1,20	35,28±0,69	29,78±2,03	31,69±3,05
Dattes fraîches Mech Degla	35,33±0,84	35,40±0,84	47,39±6,55	51,15±5,55
Dattes fraîches Ghars	37,85±1,22	36,10±1,14	45,23±4,93	48,50±5,95
Extrait des dattes Deglet Nour au Pentane	31,33±1,96	33,50±1,39	28,35±1,51	36,56±1,88
Extrait des dattes Mech Degla au Pentane	43,79±5,54	37,67±1,53	37,58±6,22	70,00±20,05
Extrait des dattes Ghars au Pentane	34,13±1,65	37,90±1,05	50,00±13,79	45,10±5,19
Extrait des dattes Deglet Nour à l'Hexane	410,06±12,55	212,86±8,92	156,44±5,81	156,86±10,44
Extrait des dattes Mech Degla à l'Hexane	415,08±21,16	223,47±13,17	169,31±8,30	179,56±19,94
Extrait des dattes Ghars à l'Hexane	427,80±13,98	235,83±12,58	175,13±8,99	175,06±11,59
Valeur de F	403,940	179,526	103,522	33,278
Valeur de P	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

Les extraits réalisés avec du pentane et de l'hexane, provoquent une attraction significativement différente chez les larves d'*E. ceratoniae*. La vitesse de remontée des jeunes larves (2^{ème} et 3^{ème} stades) est plus rapide lorsqu'elles sont attirées par l'extrait des dattes Deglet Nour, Mech Degla et Ghars et plus long lorsque l'on teste les extraits à l'hexane de ces mêmes variétés. D'autre part, les larves du 2^{ème} stade mettent presque dix fois plus de temps pour remonter l'olfactomètre en présence des extraits des dattes à l'hexane que lorsqu'on utilise les extraits de pentane (Tableau 30).

En ce qui concerne les larves du 4^{ème} et 5^{ème} stade, nous constatons qu'elles détectent plus rapidement les odeurs de l'extrait des dattes Deglet Nour au pentane, alors que leur remonté vers la source d'odeur (temps de parcours) est plus rapide en présence des extraits au pentane et plus long face aux extraits de l'hexane. L'extrait à l'hexane des dattes Ghars est le moins attractif pour les larves du 4^{ème} et 5^{ème} stade (Tableau 29 et 30).

Tableau 30 : Temps de parcours (en secondes) de l'attractivité des stades larvaires d'*E. ceratoniae* par les odeurs des dattes fraîches et leurs extraits au pentane et à l'hexane en olfactomètre

Sources d'odeur	Stades larvaires			
	L2	L3	L4	L5
Dattes fraîches Deglet Nour	28,44±1,49	23,28±1,41	21,28±2,35	32,38±6,65
Dattes fraîches Mech Degla	24,58±2,29	28,67±1,61	37,54±4,27	42,62±7,28
Dattes fraîches Ghars	29,46±1,85	33,10±2,30	32,31±4,43	37,50±3,41
Extrait des dattes Deglet Nour au Pentane	24,17±1,73	26,85±1,14	24,53± 2,63	31,06±2,46
Extrait des dattes Mech Degla au Pentane	24,21±1,30	28,92±2,00	27,17±4,63	47,60±9,64
Extrait des dattes Ghars au Pentane	28,13±3,49	26,50±2,19	45,56±13,05	35,40±2,20
Extrait des dattes Deglet Nour à l'Hexane	194,41±17,94	121,00±9,17	116,57±8,60	111,46±6,37
Extrait des dattes Mech Degla à l'Hexane	222,00±21,84	154,33±14,20	132,75±11,95	121,19±10,35
Extrait des dattes Ghars à l'Hexane	206,20±18,63	181,67±13,66	170,00±8,03	153,75±10,38
Valeur de F	63,628	68,534	67,722	40,836
Valeur de P	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

3.3. Lutte

3.3.1. Azadirachtine

3.3.1.1. Etude de la mortalité des larves d'*E. ceratoniae* exposé à l'Azadirachtine

L'analyse de la variance des moyennes de la mortalité corrigée des larves du 1^{er} stade après 24h, 48h, 72h, 96h et 120h montre des différences hautement significative entre les

cinq concentrations d'Azadirachtine utilisées avec respectivement $P = 0,001$; $P = 0,001$; $P = 0,004$; $P = 0,006$ et $P = 0,0004$ (Tableau 31).

Tableau 31 : Taux de mortalité corrigée des larves du 1^{er} stade d'*Ectomyelois ceratoniae* traitées par le l'Azadirachtine

Durée d'exposition	24ppm	48ppm	96ppm	192ppm	384ppm	DDL	F	P
24 heures	21,67±2,89	30,00±8,66	26,67±2,89	43,33±7,64	50,00±5,00	4	11,700	0,001
48 heures	23,68±5,49	32,02±9,82	30,44±4,36	47,46±2,50	54,21±5,18	4	12,438	0,001
72 heures	31,05±10,57	37,81±6,76	37,89±1,82	53,42±5,44	55,26±4,56	4	7,644	0,004
96 heures	35,07±7,60	41,23±7,60	41,40±1,22	60,44±11,53	63,95±7,75	4	7,063	0,006
120 heures	36,14±8,57	41,81±8,34	43,75±4,38	75,29±8,78	68,73±8,89	4	14,547	0,0004

Nos résultats montrent que l'application de cinq concentrations d'Azadirachtine entre 24 ppm et 384 ppm sur les larves du 1^{er} stade de la pyrale des dattes a causé une mortalité qui varie entre 21, 67 et 75,29% pour les différentes durées d'exposition des larves au produit.

Les données résumées dans le tableau 31 ont montré que l'effet toxique de l'Azadirachtine a augmenté de plus en plus que les concentrations utilisées augmentent. Les résultats ont également indiqué que l'effet insecticide de l'Azadirachtine augmente de plus en plus que la durée d'exposition des larves au biopesticide est plus allongée.

Les deux plus fortes concentrations d'Azadirachtine (192 ppm et 384 ppm) ont entraîné les plus importantes mortalités des larves d'*E. ceratoniae* avec respectivement 75,29 et 68,73 % dans un temps létal assez long (120 h). Alors que la plus faible dose utilisée (24 ppm) a induit en 24 h et 48 h les plus faibles taux de mortalité avec respectivement 21,67% et 23,68% (Tableau 31).

L'exposition des larves de la pyrale des dattes pendant 24h et 48h à cinq concentrations d'Azadirachtine, a montré que la mortalité corrigée a atteint ou dépassé les 50% seulement chez les larves traitées par la dose de 384 ppm (Tableau 31).

Par contre les larves exposées à l'Azadirachtine durant 72 h, 96 h et 120 h ont enregistré une mortalité qui n'atteint pas les 50% pour les concentrations de 24 ppm, 48 ppm et 96 ppm, alors qu'elle a dépassé les 75% et 68 % pour respectivement les concentrations de 192 ppm et 384 ppm (Tableau 31).

3.3.1.2. Etude toxicologique d'Azadirachtine

Le tableau 32 montre que la CL50 et la CL90 les plus élevés (respectivement 437,59 ppm et 44652,24 ppm) ont été enregistrés pour une durée d'exposition de 24 h avec $R^2 = 0,872$ et une droite de régression $y = 0,638x + 3,315$ avec un Slope de 36,21, alors que la CL50 et la CL90 les plus faible (respectivement 76,86 ppm et 2320,54 ppm) ont été obtenue pour une durée d'exposition de 120h avec $R^2 = 0,779$, une droite de régression $y = 0,866x + 3,367$ et le Slope est de 14,07.

Tableau 32 : Paramètres toxicologiques d'Azadirachtine après 24h ,48 h, 72h, 96h et 120h.

Durée d'exposition	Droite de régression	R ²	CL16	CL50	CL84	CL90	Slope
24 heures	$y = 0,638x + 3,315$	0,872	12,09	437,59	15843,21	44652,24	36,21
48 heures	$y = 0,678x + 3,326$	0,906	10,05	294,46	8626,62	22871,36	29,30
72 heures	$y = 0,547x + 3,736$	0,905	3,11	204,54	13455,03	45055,49	65,78
96 heures	$y = 0,628x + 3,720$	0,880	2,85	109,20	4186,15	11994,47	38,34
120 heures	$y = 0,866x + 3,367$	0,779	5,46	76,86	1081,59	2320,54	14,07

Les résultats consignés dans le tableau 32, montrent que la CL50 d'Azadirachtine calculé pour une longue durée de mortalité (120h) est environ 6 fois plus faible que celle enregistré pour un temps d'exposition des larves de 24h. Ainsi, les larves d'*E. ceratoniae* exposés à des concentrations de 24 ppm, 48 ppm, 96 ppm, 192 ppm, 384 ppm d'Azadirachtine présentent des CL50 qui sont inversement corrélées aux différents temps létales (24h, 48h, 72h, 96h et 120h).

3.3.2. *Bacillus thuringiensis* var *Kurstaki*

3.3.2.1. Etude de la mortalité des larves d'*E. ceratoniae* exposé au *Bacillus thuringiensis*

Après l'exposition des larves L1 d'*Ectomyelois ceratoniae* au *Bacillus thuringiensis* pendant 24h, 48h, 72h, 96h, 120h et 144h, on remarque que les taux de mortalité corrigée révèle une différence significative entre les cinq concentrations testées avec respectivement $P = 0,0410$; $P = 0,0070$; $P = 0,0408$; $P = 0,0031$; $P < 0,0001$ et $P = 0,0271$ (Tableau 33).

Tableau 33 : Taux de mortalité corrigée des larves du 1^{er} stade d'*Ectomyelois ceratoniae* traitées par le *Bacillus thuringiensis*

Durée d'exposition	250 ppm	500 ppm	1000 ppm	1500 ppm	2000 ppm	DDL	F	P
24 heures	38,86±6,78	50,88±5,23	54,04±11,48	57,54±6,56	64,39±10,06	4	3,748	0,0410
48 heures	43,95±6,64	56,05±6,64	60,88±12,29	66,05±3,54	76,23±7,82	4	6,678	0,0070
72 heures	50,78±6,76	58,38±9,93	63,74±7,52	70,86±3,70	83,33±16,67	4	3,754	0,0408
96 heures	54,58±7,08	62,31±5,93	69,83±8,36	81,05±6,82	90,63±11,51	4	8,419	0,0031
120 heures	62,89±5,20	78,38±3,71	88,21±0,69	96,06±3,43	97,92±3,61	4	33,074	<0,0001
144 heures	82,90±10,49	89,67±9,20	95,82±3,64	100,00±0,00	100,00±0,00	4	4,346	0,0271

Après un temps léthal de 24 et 48 heures, la mortalité corrigée la plus faible (respectivement, 38,86 et 43,95 %) a été enregistrée chez les larves traitées par la plus faible concentration (250 ppm), alors qu'elle a dépassé 50 % pour des concentrations de 48, 96, 192 ppm et elle a atteint respectivement un maximum de 64,39 et 76,23 % avec une concentration de 2000 ppm (Tableau 33).

Pour une durée d'exposition de 72, 96 et 120 heures, les cinq concentrations de *Bacillus thuringiensis* utilisées ont engendrées une mortalité corrigée des larves L1 d'*E. ceratoniae* qui varie entre un minimum de 50,78 % et un maximum de 97,92 % (Tableau 34). Aussi, les fortes concentrations (1500 et 2000 ppm) ont induit les mortalités les plus élevées (100 %) dans un temps léthal plus long (144 heures).

3.3.2.2. Etude toxicologique du *Bacillus thuringiensis*

Le tableau 34 montre que la CL50 et la CL90 les plus élevées (respectivement, 568,60 ppm et 64365,60 ppm) ont été enregistrés pour une durée d'exposition de 24 h avec $R^2 = 0,942$ et une droite de régression $y = 0,624 x + 3,28$ avec un Slope de 39,24, alors que la CL50 et la CL90 les plus faibles (respectivement 76,86 ppm et 2320,54 ppm) ont été obtenues pour une durée d'exposition de 144 h avec $R^2 = 0,822$, une droite de régression $y = 3,323 x - 2,41$ et le Slope est de 1,99.

Tableau 34 : Paramètres toxicologiques du *Bacillus thuringiensis* après 24h ,48 h, 72h, 96h, 120h et 144h.

Durée d'exposition	Droite de régression	R ²	CL16	CL50	CL84	CL90	Slope
24 heures	$Y = 3,28 + 0,624 * X$	0,942	14,49	568,60	22312,99	64365,60	39,24
48 heures	$Y = 2,872 + 0,833 * X$	0,932	22,95	358,61	5604,02	12392,45	15,63
72 heures	$Y = 2,74 + 0,919 * X$	0,845	23,83	287,87	3478,16	7140,92	12,08
96 heures	$Y = 2,243 + 1,152 * X$	0,832	33,88	247,30	1805,14	3204,27	7,30
120 heures	$Y = ,703 + 1,893 * X$	0,971	55,54	186,18	624,16	885,04	3,35
144 heures	$Y = -2,41 + 3,323 * X$	0,822	85,24	169,79	338,21	412,66	1,99

Le *Bacillus thuringiensis* devient de plus en plus toxique à chaque fois que le temps d'exposition des larves au biopesticide augmente. Ainsi, les CL50 du *Bacillus thuringiensis* pour les larves d'*E. ceratoniae*, calculées avec des concentrations de 250 ppm, 500 ppm, 1000 ppm, 1500 ppm, 2000 ppm sont inversement proportionnelles aux différents temps létaux (24 h, 48 h, 72 h ,96 h, 120 h et 144 h). Le tableau 34, montrent que la CL50 du *Bacillus thuringiensis* calculé pour une longue durée de mortalité (144 h) est plus faible (169,79 ppm) que celle enregistré pour un temps léthal de 24h (568,60 ppm).

3.3.3. Etude de la fertilité des femelles et des œufs d'*E. ceratoniae*

L'analyse de la variance des moyennes du nombre d'œufs pondus par femelle et le nombre moyen des œufs éclos d'*E. ceratoniae* issus des lots traités par les cinq concentrations (24 ppm, 48 ppm, 96 ppm, 192 ppm, 384 ppm), montre une différence très hautement significative avec $P < 0,0001$ (Tableau 35).

Tableau 35 : Nombre moyen des œufs pondus par femelle et taux d'éclosion

	Témoin	Concentrations					F	P
		24 ppm	48 ppm	96 ppm	192 ppm	384 ppm		
Nombre moyen des œufs pondus par femelle	159,67	117,67	107,33	95,5	66,67	54,67	7,964	<0,0001
Ecart type	28,27	35,04	27,48	53,87	19,22	19,4		
Taux moyen des œufs éclos (%)	94,96	73,37	51,75	60,94	17,51	19,28	202,525	<0,0001
Ecart type	2,53	6,84	7,98	5,91	2,94	2,34		

Les résultats du tableau 35 montrent que le nombre d'œufs le plus élevé est enregistré chez les femelles témoins (sans traitement), suivie par les femelles issus des larves traitées par les concentrations de 24 ppm, 48 ppm, 96 ppm et 192 ppm, par contre le nombre d'œufs le plus faible est pondus par les femelles issus des larves traitées par la dose de 384 ppm.

Pour le taux moyen d'éclosion, on remarque qu'il est élevé chez les œufs issus des femelles témoins avec 94,96 % et faible chez les œufs des femelles issus des larves traitées par les concentrations de 192 ppm et 384 ppm avec respectivement 17,51 % et 19,28 % (Tableau 35).

Nos résultats montrent que l'Azadirachtine a fortement diminuée la fertilité des femelles et des œufs, on remarque aussi que le nombre des œufs pondus par les femelles et le nombre des œufs éclos sont inversement corrélés aux différentes concentrations utilisées.

Les femelles témoins ont pondus le nombre des œufs le plus élevé avec $145,00 \pm 11,54$, alors que celles traitées par les différentes concentrations de *Bacillus thuringiensis* qui ont montrées des pontes très faibles qui oscillent entre $24,17 \pm 7,14$ pour la concentration de 1500 ppm et $46,00 \pm 15,10$ pour la concentration de 250 ppm (Tableau 36).

Tableau 36 : Nombre moyen des œufs pondus par femelle et taux d'éclosion.

	Témoin	Concentrations				Valeur de F	Valeur de P
		250 ppm	500 ppm	1000 ppm	1500 ppm		
Nombre moyen des œufs pondus par femelle	145,00	46,00	34,50	32,17	24,17	27,497	< 0,0001
Ecart type	11,54	15,10	2,98	6,05	7,14		
Taux moyen des œufs éclos (%)	91,24	55,02	50,80	39,30	37,82	5,392	0,003
Ecart type	1,93	6,21	5,45	12,69	12,52		

Le tableau 36 montre que le taux moyen d'éclosion des œufs le plus élevé est enregistré chez les œufs issus des femelles témoins (91,24±1,93 %), par contre il est faible chez les œufs des femelles issus des larves traitées par les différentes concentrations de *Bacillus thuringiensis* utilisées (entre 37,82±12,52 et 55,02±6,21).

L'analyse de la variance des moyennes du nombre d'œufs pondus par femelle et le taux moyen des œufs éclos d'*E. ceratoniae* issus des lots traités par les quatre concentrations *Bacillus thuringiensis* (250 ppm, 500 ppm, 1000 ppm, 1500 ppm), montre des différences significatives avec respectivement $P < 0,0001$ et $P = 0,003$ (Tableau 36).

Nos résultats montrent que le *Bacillus thuringiensis* a diminuée de 83,34 % la fertilité des femelles et de 58,55 % l'éclosion des œufs, quelque soit la concentration utilisée.

4. Discussion

En Algérie, le palmier dattier constitue l'élément essentiel des écosystèmes sahariens et présahariens. Il a enregistré durant les deux dernières décennies une évolution remarquable aussi bien au niveau des superficies qu'au niveau de la production. Mais malgré cette évolution, le secteur reste confronté à un certain nombre de contraintes dont les plus importantes et qui pourraient affecter les performances obtenues sont celles liées aux problèmes phytosanitaires de la culture.

La pyrale des dattes constitue le ravageur le plus redouté des palmeraies algériennes, l'importance économique d'*Ectomyelois ceratoniae* la place en second rang après le Bayoud (Doumandji-Mitiche, 1977). C'est une espèce polyphage, nuisible car elle vit dans les dattes murs ou proche de la maturité auquel elle cause des dégâts considérables par la détérioration de la qualité des fruits. En effet, la présence de la chenille et ses déchets rend les dattes impropres à la consommation conditionnant ainsi une mesure sévère dans les actions de commercialisation à l'échelle nationale et internationale notamment à l'exportation. Dans ces conditions seul un plan de lutte intégrée peut être capable de limiter les dégâts de ce ravageur. La lutte intégrée implique la connaissance parfaite de la bioécologie de ce ravageur et ces différentes interactions avec son milieu naturel (relations nutritionnelles, interaction avec les éléments de l'écosystème). Il est aussi important de contrôler ses populations par l'intervention directe et/ou indirecte et en fin tester l'efficacité de certains biopesticides naturelles.

La température semble être le principal facteur responsable des fluctuations des effectifs de l'*E. ceratoniae*. Donc, la pyrale des dattes ne se développe qu'entre certaines limites thermiques appelées températures effectives de développement, qui varient selon le stade de développement. Elle se traduit globalement par une diminution ou allongement de la durée du développement, aussi bien embryonnaire que larvaire et donc sur celle du cycle biologique complet (Obame Minko, 2009). L'éclosion des œufs n'aura pas lieu à des températures qui varient entre 15 et 20°C (Cox, 1976), alors que l'incubation dure entre 4-5 jours à 25°C et 3-4 jours à 30°C (Gothilf, 1969 ; Norouzi et al., 2008 ; Alrubeai, 1987 et Le Berre, 1978). Wertheimer (1958), a précisé que le rythme des

éclosions se précipite à partir de 20°C, et atteint son apogée entre 23 et 26°C de température moyenne. Tandis que la durée le développement larvaire (16,4 jours) la plus courte a été enregistrée à une température 30°C (Alrubeai, 1987).

Ainsi, l'*E. ceratoniae* peut se développer dans un intervalle de température comprise entre 20°C et 35°C en passant par un optimum thermique de 30°C. Cox (1976) a précisé que le niveau thermique optimal pour le développement des chenilles d'*E. ceratoniae* est de 30°C. Des résultats comparables ont été signalés par de nombreux auteurs : Bell (1975), chez *Plodiainter punctella*, *Ephestia cautella*, *E. kuehniella* et *E. elutella*, Jacob et Cox (1977), chez *Ephestia kuehniella* Zeller., Myronidis (2009), chez *Helicoverpa armigera*, Octau, (2006) et Anonyme (2010 a), chez *Ostrinia nubilalis* Hübner., Selvaraj et al. (2011), chez *Amrasca devastans* Distant.

La pyrale des dattes présente un vol permanent durant toute l'année avec trois fréquences importantes qui correspondent à trois générations, une génération printanière, une deuxième génération estivale et une troisième génération automnale. Ces observationsobtenus par Wertheimer, (1958), remarque la présence de trois générations importantes qui se succèdent au cours de l'année, Alors que, Doumandji, (1981) cite quatre générations dans des conditions optimales.

Nous avons établi qu'à partir du mois de décembre et jusqu'au mois de Février le nombre d'adultes capturés est très réduit, cela est dû probablement aux températures basses pendant l'hiver. Durant cette période, les chenilles restent actifs, mais leurs développement est ralenti et les vols des papillons n'intervient que tard du mois d'Avril à Mai (Doumandji, 1981 et Anonyme, 2010 a).

Pour Dhouibi (1982) l'apparition des premiers adultes est précoce et le facteur responsable de ce décalage est la température. Les adultes de la pyrale des dattes ne peuvent pas voler lorsque la température moyenne est au dessous de 14°C (Gonzalez, 2003). Le Berre (1978), a signalé que les émergences des adultes de première génération se font lorsque la température moyenne dépasse 15°C. Wertheimer (1958), a rapporté aussi que l'apparition des premiers adultes se produit à des températures moyennes de 15°C, entre les deniers jours de Mars et le 15 Avril, mais le nombre journalier de papillons émergés est très faible.

Il semble donc que les températures basses en hiver dans la région de Biskra limitent l'émergence et le développement de l'*Ectomyelois ceratoniae*. Il existe une forte corrélation entre les températures basses et la diminution de l'effectif de la pyrale de la datte.

Durant le printemps, les températures sont optimales pour le développement de la pyrale, les températures extrêmes n'ont aucun effet sur la population d'*Ectomyelois ceratoniae*. Doumandji (1981) situe le niveau thermique optimal pour l'émergence des adultes de la pyrale à 24 °C ou au dessus. Les températures les plus favorables au vol de la pyrale des maïs (*Ostrinia nubilalis* Hübner) se situent entre 20 et 24 °C (Anonyme, 2010 b). En effet, la température a un impact déterminant sur les émergences des adultes (Lambret, 2010). La pyrale des dattes préfère probablement les températures relativement élevées. Le cycle développement dure 54 jours à une température de 27 C° ±1 dans des conditions contrôlées (Naidji et Kebici, 2009), tandis que Cox (1976), a mentionné qu'à 20°C, la durée moyenne de développement est de 48 jours, elle diminue à 30 jours à 25°C et de 23 jours à 30°C.

En été, les températures élevées semblent avoir un impact négatif sur l'abondance de la population d'*E. ceratoniae*, qui se traduit par une diminution importante du nombre d'individus capturés. Ces résultats peuvent en partie être comparés à ceux de Le Berre, (1975), qui a montré que la pyrale des dattes ne survit pas à des températures supérieures à 35° C. Cette température s'est donc révélée létale pour la pyrale ce qui explique le nombre très réduit d'adulte capturé en été.

Les températures moyennes pendant le mois d'octobre paraissent optimales pour l'accroissement de la population de l'*E. ceratoniae*. Tandis que les températures basses durant le mois de novembre et décembre, semblent jouer un rôle important sur la réduction de l'effectif de la pyrale en automne. Wertheimer (1958) a indiqué que le plus grand nombre des chenilles issues du troisième vol surprises par le rafraichissement automnal ralentissent leurs activités biologiques et restent dans les fruits sans tenter de sortir, il n'y a pas désormais d'autres vols jusqu'au printemps suivant. Il mentionne aussi que quelques individus seulement terminent cependant leur transformation en papillon dans les hangars de stockage et ont la possibilité de retourner en palmeraie.

L'influence de la qualité nutritive de la plante hôte sur les paramètres démographiques et certains aspects biologiques caractéristiques d'*E. ceratoniae* ont été démontré par plusieurs études menées sur les dattes, les grenades, les pistaches et les figues (Norouzi et al., 2008), sur le maïs comme alimentation artificielle et l'amande (Ghavami, 2006; Hung et al., 2003; Navarro et al., 1986), la datte (Nay, 2006) et la grenade (Yousefi et al., 2002). Les résultats de la présente étude montrent les effets évidents des différents régimes alimentaires sur le temps de développement, la survie, la fécondité et la croissance de la pyrale des dattes.

Tous les paramètres biologiques que nous avons étudiés nous enseignent sur le potentiel de survie et de reproduction d'*E. ceratoniae* qui constituent la base de la croissance d'une population (Dajoz, 1974). Grâce à cette étude, nous pouvons en mesure déterminer la dynamique des populations de l'insecte nuisible sur les différentes variétés hôtes et utiliser ces informations pour gérer la population des ravageurs au-dessous du niveau de préjudice économique.

Concernant la durée de développement des différents stades, nous n'avons trouvé aucune différence significative dans la période d'incubation des œufs (3,76 à 3,88 jours) entre les trois variétés. Ces résultats, sont en partie, en accord avec Norouzi et al. (2008) (3,05 jours sur datte) et Al- Rubeai (1987) (3,6 jours sur l'alimentation artificielle à 27 ° C). La durée du développement larvaire de la pyrale des dattes obtenue dans notre étude sur les dattes est plus courte que celle enregistrée par Norouzi et al., (2008) (72,9 jours sur la datte Zahedi).

La durée du stade chrysalide d'*E. ceratoniae* sur différentes dattes est semblable à celle constatée par Norouzi et al. (2008); Zare et al. (2013). Aussi, les adultes émergés des dattes Deglet Nour et Ghars ont marqués une longévité proche de celle observé par Norouzi et al. (2008) sur la datte Zahedi (datte sèche).

Nos résultats montrent clairement que le cycle de vie d'*Ectomyelois ceratoniae* élevés sur les différentes datte est comparable à celui enregistré par Zare et al. (2013), sur trois variétés de grenade. Par contre il est plus court que celui obtenu par Norouzi et al. (2008), (89,55 jours). Il apparait bien que la durée des différents stades de développement d'*E. ceratoniae* est affectée par la qualité de nourriture.

Les travaux de Nay (2006), montrent que le taux de mortalité et le temps de développement de la pyrale des dattes peuvent être affectés par la teneur en humidité de la datte, le même auteur indique qu'une larve sur 61 d'*E. ceratoniae* peuvent compléter son développement dans des dattes ayant moins de 5,0 % d'humidité et aucune larve n'a survécu dans des dattes ayant des teneurs en eau inférieure à 3,5 %.

Selon Dajoz, (1974) le taux intrinsèque d'accroissement naturel (r_m) est un paramètre qui permet de prévoir la vitesse de croissance d'une population car il intègre des valeurs comme la durée de développement, la fécondité et la mortalité qui conditionnent le pouvoir reproducteur de l'espèce. Il a précisé aussi que la connaissance du r_m permet aussi des comparaisons entre les espèces. Les paramètres de la table de vie, en particulier le taux intrinsèque d'accroissement naturel (r_m), sont les paramètres les plus importants qui peuvent être utilisés pour évaluer le niveau de résistance des plantes aux insectes (Razmjou et al., 2006). Les plantes hôtes présentant des valeurs inférieures de r_m sont relativement plus résistantes que les plantes avec des valeurs plus élevées de r_m (Zare et al., 2013).

Les différents paramètres de reproduction enregistrés sont comparables sur les dattes des trois variétés (Deglet, Mech Degla et Ghars), mais ils sont beaucoup plus élevés que ceux calculés par Norouzi et al. (2008), sur les dattes de la variété Zahedi. Par contre le nombre moyen d'œufs pondus par femelle et par jour est plus élevé sur la datte Mech Degla par rapport aux deux autres variétés. Il semble que la variété Mech Degla possède des composés nutritifs qui augmentent la fécondité des femelles. Cette variation dans les paramètres de reproduction de l'insecte nuisible sur les différentes variétés pourrait être le résultat de différences dans la qualité de la plante hôte, se traduisant soit par une différence de nutriments requis par le ravageur ou des différences dans les niveaux de composés secondaires (Naseri et al., 2011).

Dans la présente étude, on a remarqué que le taux net de reproduction (R_0), le taux intrinsèque d'accroissement (r_m) et le taux fini d'accroissement sont les plus élevés sur les dattes Deglet Nour. Ils sont plus importants que celles obtenus par Norouzi et al. (2008) sur les dattes de variété Zahedi ($R_0 = 3,64$, $T_g = 72,13$ et $r_m = 0,018$). Ce qui indique que la variété Deglet Nour est une source alimentaire convenable pour la croissance de la population de la pyrale des dattes en comparaison

avec les autres variétés. Les différents paramètres de croissance calculés dans notre étude sont proches des résultats obtenu par Zare et *al.* (2013), sur grenades.

Le temps de dédoublement (T_d) calculé variait de 4,68 jours sur Deglet Nour à 8,37 sur Mech Degla. Il est en partie en accord avec Nay (2006), sur nourriture artificielle, la datte Kimri, la datte Khalal, et la datte Ripe avec respectivement 5,4 ; 6,3 ; 6,7 ; et 7,5 jours. Le même auteur, a également déterminé que le temps de doublement de la pyrale des dattes est passé de 9,9 jours dans les dattes ayant un taux d'humidité élevé (26,2 %) à 210 jours dans les dattes à faible taux d'humidité (5,0 %).

L'analyse des capacités reproductrices d'*E. ceratoniae* montre que le taux net de reproduction R_0 est plus élevé que celui obtenu par Norouzi et *al.* (2008), sur les dattes de la variété Zahedi. Une durée de développement plus courte d'*E. ceratoniae* sur les dattes Deglet Nour permet à cette espèce d'avoir un temps de génération (T_g) et un temps de doublement de la population (T_d) plus courts que celles élevées sur Mech Degla et Ghars. En fait, la datte Deglet Nour semble répondre aux besoins nutritionnels des larves mieux que les autres variétés.

Les études des paramètres démographiques des insectes ont plusieurs applications telles que l'analyse de la stabilité et la structure de la population, l'estimation des probabilités d'extinction, la prévision de la pullulation des espèces ravageurs et de trouver le meilleur régime alimentaire pour l'élevage dans le laboratoire pour l'étude des divers aspects de la lutte antiparasitaire (Vargas et Carey, 1989).

Les espèces végétales sont différent considérablement dans leurs pertinence comme hôtes pour les insectes spécifiques lorsqu'elle est mesurée en termes de survie, de développement et du taux de reproduction (Naseri et *al.*, 2009 et 2011). Un temps plus court de développement et une plus grande reproduction des insectes sur une plante hôte indiquent une plus grande pertinence de cette plante (Van Lenteren et Noldus, 1990). L'utilisation des variétés résistantes est l'une des stratégies clés de la lutte intégrée contre les déprédateurs, aussi les substances secondaires des plantes ou allélochimiques, jouent un rôle majeur dans la résistance des plantes aux ravageurs (Wilson et Huffaker, 1976).

La qualité et la quantité de nourriture ingérée par un insecte peut affecter directement la survie et la reproduction (Van Steenis et El - Khawass, 1995 ; Du et *al.*, 2004). Donc, la fitness des insectes phytophages dépend des nutriments dans leur plante hôte (Naseri et *al.*, 2009). Toutefois, les variétés partiellement résistantes peuvent également améliorer l'efficacité des ennemis naturels et des insecticides (Naseri et *al.*, 2009). Ainsi, l'utilisation des variétés résistantes peut faire partie de la mise au point des méthodes de lutte biologiques et chimiques (Du et *al.*, 2004 ; Razmjou et *al.*, 2006 ; Adebayo et Omoloyo, 2007).

La connaissance de la sensibilité ou de la résistance des cultivars et les paramètres de la table de vie d'un insecte nuisible peuvent être des éléments fondamentaux pour l'élaboration d'une stratégie de lutte intégrée contre les ravageurs pour toutes les cultures (Zare et *al.*, 2013). Ces informations peuvent aider à détecter et surveiller les infestations des ravageurs et la sélection variétale (Razmjou et *al.*, 2006).

L'étude des effets des cultivars hôtes sur la biologie des insectes est importante, pour comprendre l'aptitude de ces plantes hôtes à être infesté par les insectes (Xue et *al.*, 2010).

Tous les insectes phytophages ont plus ou moins tendance à se spécialiser sur certaines espèces végétales, appelées plantes hôtes, auxquelles ils sont adaptés pour survivre et se reproduire (Simmonds, 2000). Les insectes sont caractérisés par leur abondance, leur diversité, leur étendue géographique et exceptionnel par la richesse de leur répertoire comportemental (Kaiser, 1999). Si on observe le comportement des insectes dans les conditions naturelles, on constate qu'ils obéissent à des impressions sensorielles très variées qui exigent des organes des sens richement développés (Habbachi, 2009).

Chez les insectes, les signaux odorants, parfois bien plus que les signaux visuels, jouent un rôle primordial dans la vie et la survie des espèces, les relations entre individus d'une même espèce ou d'espèces différentes, ou entre un individu et son environnement (Witzgall et *al.*, 2008). Ce sont souvent des signaux chimiques qui guident l'insecte vers son lieu de ponte, ou vers les sources de nourriture, ce sont

également des molécules en suspension dans l'air ambiant (molécules volatiles à propriétés odorantes) qui permettent à l'insecte de détecter le partenaire sexuel, de localiser ses prédateurs ou encore d'identifier ses congénères (Masson et Brossut, 1981).

Les exemples associant les études du comportement, du système sensoriel et des mécanismes de perception concernent essentiellement les signaux chimiques, et principalement ceux perçus par olfaction. La raison est peut-être d'ordre "hiérarchique". En effet, si plusieurs modalités sensorielles interfèrent au cours d'une succession de séquences comportementales, il apparaît que « l'odorat » reste la modalité sensorielle la plus fréquente (Haynes et Birch, 1985 et Schröder et Hilker, 2008). Elle permet la détection à distance des insectes, elle peut stimuler la prise alimentaire, la ponte et d'autres comportements inter- ou intra-spécifiques tels que l'agrégation, la répulsion et surtout l'attraction (sexuelle ou autre) (Haynes et Birch, 1985).

La sélection des plantes par les insectes polyphages consiste en une séquence comportementale en réponse à un ou plusieurs stimuli associés à une plante hôte ou à une plante non hôte (Staedler, 1976). Ces insectes sont attirés, entre autres, olfactivement grâce à l'odeur qui émane de la plante grâce aux nombreux récepteurs olfactifs localisés sur leurs palpes maxillaires et surtout leurs antennes (Visser, 1986). En cas de réponse positive à un stimulus olfactif, celle-ci provoque un mouvement orienté vers la source odorante qui peut se définir par sa vitesse et sa direction (Habbachi, 2013). L'efficacité d'un attractant est déterminée par la concentration initiale de la molécule au niveau de la source, la manière dont elle diffuse sur son support (air, sol, liquide) et les mécanismes internes d'orientation de l'insecte (Visser, 1986).

Les molécules extraites de la variété Deglet Nour sont attractives, chez *E. ceratoniae*, elles sont essentiellement de nature apolaires puisqu'ils sont extraites avec de l'hexane et du pentane. Le comportement alimentaire des larves débute par un comportement de détection de l'odeur, après la détection, l'individu se dirige vers la source odorante. Les individus âgés (L4, L5) de la pyrale des dattes testés sont plus attirés que les individus jeunes (L2, L3). Cela est dû au développement des organes

sensoriels au cours de la croissance larvaires. Il existe cependant très peu d'information sur les mécanismes comportementaux associés à la quête de nutriments à différents stades larvaires (Etilé, 2010), pour cela Boulard (1988) a indiqué que les besoins nutritionnels d'un insecte changent au long de leur développement. Chez les Lépidoptères, comme les chenilles de *Lymantria dispar*, qui affectionnent particulièrement le chêne-liège, le comportement de recherche alimentaire varie en fonction du stade larvaire (Fraval, 1989 et Ouakid, 2006).

Les résultats de l'attractivité des stades larvaires par l'odeur des trois variétés de datte ont permis de bien montrer les préférences alimentaires de la pyrale des dattes sur le plan olfactif. D'après nos résultats sur l'attractivité des différents stades larvaires d'*Ectomyelois ceratoniae* par les différents extraits des dattes, on remarque que les individus testés sont significativement attirés par l'odeur des dattes Deglet Nour leurs extraits au pentane et à l'hexane en olfactomètre et enceinte close, ce choix est due à la présence de molécules odorantes qui attirent la pyrale. Arif (2011), a révélé que les dattes de Deglet Nour sont les plus attractives, pour la pyrale des dattes.

La sélection des plantes par les insectes consiste en une séquence comportementale en réponse à un ou plusieurs stimuli associés à la plante (Bénédet, 1999). Les composés allélochimiques (attractifs ou répulsifs) contenus dans les végétaux jouent un rôle majeur dans l'acceptation de la plante par l'insecte. Witzgall et al. (2008), ont montré que les signaux odorants et les signaux visuels sont importants pour la survie des espèces. Ces signaux odorants sont les signaux chimiques qui guident les insectes vers leurs nourritures qu'ils préfèrent et sur laquelle se base un insecte phytophage dans le choix d'un site de ponte (Stadler, 2002 et Banaigs, 2004). Ce sont également des molécules en suspension dans l'air ambiant (molécules volatiles à propriétés odorantes) qui permettent à l'insecte de détecter le partenaire sexuel, de localiser ses prédateurs ou encore d'identifier ses congénères (Masson et Brossut, 1981). En effet l'odorat reste la modalité sensorielle la plus fréquente (Schröder et Hilker, 2008).

L'identification globale du message odeur par l'insecte implique une succession d'événements qui se situent en trois niveaux complémentaires, le niveau

moléculaire ou s'établit l'interaction spécifique entre le stimulus et le système récepteur, le niveau cellulaire où s'effectue le codage olfactif, le niveau central où se fait la reconnaissance globale du message qui finalement débouchera sur l'acte comportemental (Anbi et Boubeguira, 1999 in Habbachi, 2009).

Cette succession d'événements implique une étape primordiale qui est celle de la détection différentielle d'informations chimiques variées en provenance du milieu environnant (Masson et Brossut, 1981).

L'étude de l'attractivité des différents stades larvaires d'*Ectomyelois ceratoniae* par les différents aliments testés nous renseigne sur la présence de molécules odorantes qui attirent l'insecte, la pyrale se dirige vers la source odorante en un mouvement volontaire unidirectionnel et ce qui explique l'abondance de cette espèce dans les palmeraies de la région. En cas de réponse positive à un stimulus olfactif, celle-ci se déplace en un mouvement orienté vers la source odorante.

Des stimuli chimiques volatiles et non volatiles pourraient être responsables du gradient de préférence alimentaire observé pour les différentes variétés testées. En effet, l'influence de substances produites par les plantes hôtes sur l'attractivité d'insectes phytophages a été montrée par différentes études (Derridj et al., 1991 ; Foster et Harris, 1997 ; Haribal et Renwick, 1998 ; Degen et Stadler, 1998 ; Carter et Feeny, 1999 ; Stadler et al., 2002).

Généralement ces odeurs sont un assemblage de plusieurs molécules simples donnant une odeur complexe émanant de l'aliment, ce complexe odorant agit plus au moins vite en fonction de la concentration des molécules vraiment attractives (Masson et Brossut, 1981). L'efficacité d'un attractant est déterminée par la concentration initiale de la molécule au niveau de la source, la manière dont elle diffuse sur son support (air, sol, liquide) et les mécanismes internes d'orientation de l'insecte (Visser, 1986). De nombreuses études ont montré que les phytophages sont attirés par les odeurs émises par les plantes-hôtes qu'ils attaquent (Vinson, 1981 et 1984;Vinson et al., 1987 ; Williams et al., 1988 ;Whitman, 1988).

Nous avons montré les effets des conditions abiotiques (température) et biotiques (alimentation) sur les performances biologique de ce redoutable ravageur. Dans l'optique de préparer un plan de lutte intégrée nous avons testés les effets toxicologiques de deux biopesticides l'Azadirachtine et *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*.

Les résultats indiquent que l'application de l'Azadirachtine à différentes concentrations sur les larves de *Ectomyelois ceratoniae* inhibe le développement et la croissance des larves ce qui engendre leur mortalité (Mordue et Blackwell, 1993). D'après les observations enregistrés on remarque que les taux de mortalité sont corrélées positivement aux différentes concentrations utilisées, quelque soit la durée d'exposition des larves à l'Azadirachtine. Donc, nos résultats confirment les travaux de Rharrabe *et al.* (2008), qui précise que le traitement des larves de *Plodia interpunctella* Hübner par l'azadirachtine, montre une corrélation positive entre les concentrations et le taux de mortalité observé (7% à 2 ppm et 10% à 4 ppm) pour un temps létal de 96h. L'Azadirachtine exerce un effet dose-mortalité, avec une augmentation significative de la mortalité larvaire, lorsque la dose croît (Chougourou *et al.*, 2012).

Le taux des larves mortes par l'Azadirachtine 120 h après le traitement a été significativement plus élevé que celui en 24 h, traduisant ainsi une toxicité retardée du produit testé. L'Azadirachtine est toxique pour les larves d'*E. ceratoniae*, mais il paraît que ce biopesticide nécessite une longue période d'exposition pour tuer les larves de ce lépidoptère. Ainsi, (Martinez et van Emden, 2001) ont signalé que l'azadirachtine provoque une augmentation significative de la mortalité de *Spodoptera littoralis*, qui s'est intensifiée au cours du développement des insectes. Il induit donc une réponse élevée dans le temps (Chougourou *et al.*, 2012).

Toutefois, ce bio-insecticide induit un effet dose-mortalité immédiat avec une anti-appétence qui se traduit par une perte de poids chez les larves d'*Anoplophora glabripennis* et de *Plectrodera scalator* (Poland *et al.*, 2006). Les mêmes auteurs ont signalés que la mortalité prolongée des larves était probablement due à la combinaison d'effets toxiques et famine accumulée pendant l'alimentation. Singh et Thangavelu (1998), ont observé aussi que l'Azadirachtine entraîne chez la mouche

Uzi *Blepharipa zebina* un retard et une inhibition de la formation du puparium, une perte de poids, la mort de la pupa, la suppression de l'émergence des adultes et la malformation des structures des adultes. Donc, L'azadirachtine repousse les insectes, inhibe leur alimentation et affecte leur équilibre hormonal en empêchant leur maturation (Sharma *et al.*, 2004).

La mortalité rapide observée en 24heures chez les larves traitées par les différentes concentrations d'azadirachtine (entre 24 ppm et 384ppm), est peut être dû à l'effet de contact du biopesticide avec les larves. Ainsi, Mordue et Blackwell (1993), précisent que l'azadirachtine agit seulement par contact, l'effet par ingestion est un phénomène qui ne cause pas forcément la mortalité des insectes.

La mortalité des larves par les différentes concentrations utilisées est corrélée positivement avec la durée d'exposition de la pyrale des dattes au produit. Cela est probablement le résultat de l'effet combiné du produit, par contact et ingestion. Malgré l'exposition prolongée (120 h) des larves à l'Azadirachtine, les concentrations de 24 ppm, 48 ppm et 96 ppm n'ont pas pu provoquer une mortalité de 50% par rapport à la dose de 192 ppm et 384 ppm.

Les concentrations létales calculées pour 50% de mortalité (CL50) dans les différents temps létaux, montrent que l'Azadirachtine est moins toxique sur les larves de l'*E. ceratoniae* durant une courte durée d'exposition (24h), mais il devient de plus en plus toxique que l'exposition des laves au biopesticide est plus longue.

Ces résultats sont similaires à celle obtenus par Martinez-Tomas *et al.*, (2009), qui ont prouvé que la toxicité de l'azadirachtine est corrélé positivement avec la durée d'exposition des larves de *Culex quinquefasciatus* au produit avec une CL50 de 498, 316 et 262 ppm calculée durant respectivement 48h, 72h et 96h après traitement. Nos résultats ont montré que ce composé conduit à une relation dose- temps- mortalité puisque la valeur CL50 diminue en fonction du temps (Tine *et al.*, 2011).

Il parait que l'Azadirachtine est plus toxique sur la pyrale des dattes par rapport aux pucerons adultes (CL50 : 3782 ppm) pour un temps létaux de 48h ; mais à 96h d'exposition, l'Azadirachtine manifeste une toxicité élevé chez les même

individus des pucerons adultes (CL50 : 30,37 ppm) et elle est beaucoup plus élevée chez les nymphes de pucerons (41,91 ppm à 48h et 3,99 à 96h post-traitement) par rapport aux larves d'*E. ceratoniae* (Tang et al., 2002).

Khalequzzaman et Nahar (2008), ont prouvé que l'Azadirachtine comme insecticide d'origine végétale est plus toxique que les insecticides conventionnels utilisés contre les différentes espèces de pucerons, avec une CL50 0,44 µg/cm² pour *Myzus persicae* et *Lipaphis erysimi*. Egalement, Alouani et al. (2009), ont observé une toxicité élevée de l'azadirachtine sur les larves et les pupes de *Culex pipiens* avec respectivement une CL50 de 0,35 et 0,42 mg/l après 24h d'exposition.

Les insectes des différents ordres ont un comportement différent à l'Azadirachtine. Les lépidoptères sont extrêmement sensibles à l'Azadirachtine, cette sensibilité s'exprime par une forte inhibition de l'alimentation, avec des concentrations efficaces qui provoquent une inhibition de 50% de l'alimentation (DE50 <1-50 ppm), en fonction des espèces, alors que l'inhibition de 100% de l'alimentation chez les coléoptères, les hémiptères et les homoptères est atteinte à des concentrations de 100-600 ppm (Mordue et Nisbet, 2000). Poland et al. (2006), ont signalé que les deux espèces *Anoplophora glabripennis* et *Plectrodera scalator* (Coleoptera: Cerambycidae) montrent une sensibilité différente à l'égard de l'Azadirachtine avec respectivement des CL50 de 23,55 et 1,58 ppm.

Notre étude a montré que quelque soit la dose, l'azadirachtine provoque une diminution de fertilité des femelles et des œufs avec respectivement 65,76 % et 81,56 % par rapport au témoin. Nos résultats sont semblables à ceux obtenus par Manal et Frantisek, (2000) qui indiquent que le traitement de *Spodoptera littoralis* par l'azadirachtine à dose de 100 ppm induit une ponte de 24±8 œufs avec un taux d'éclosion de 0%, alors qu'à la dose de 10 ppm la fertilité des femelles est 483±16 œufs avec un taux d'éclosion de 85,9%. Les mêmes auteurs, ont rapporté que les insectes traités avec l'Azadirachtine, et qui ont échappé aux effets létaux, les adultes émergés ont souvent montré une fertilité réduite. Par conséquent, la réduction de la reproduction affectée par l'Azadirachtine est en corrélation avec les modifications du métabolisme des protéines dans la puppe femelle (Huang et al., 2004).

L'Azadirachtine bloque la sécrétion hormonale et arrête le développement morphogénétique par l'altération du cycle des mues et le blocage du cycle reproductif de l'insecte (Mouffok et *al.*, 2008). Aussi, Tine et *al.*, (2011), ont montré que le traitement par l'Azadirachtine sur les femelles nouvellement écloses de *Blatta orientalis* réduit de manière significative le nombre de ovocytes. Schmutterer, (1995) cité par Djenontin et *al.* (2012), indique que l'huile de Neem contient de nombreuses substances actives qui provoque l'inhibition de l'alimentation, de la croissance, de l'oviposition et ayant une activité insecticide. Cependant, les travaux de Martinez-Villar et *al.* (2005), ont dévoilé que le traitement du *Tetranychus urticae* avec des concentrations de 64 et 128 ppm d'Azadirachtine, affecte la fécondité et la mortalité, mais n'a eu aucun effet sur la fertilité et le développement de la progéniture.

Les produits à base de Neem provoquent la répulsion, l'anti-oviposition, la stérilité, la réduction de la fertilité, la perte de capacité de vol, la perturbation de la communication sexuelle et la réduction la motilité intestinale (Mossini et Kemmelmeier, 2005). Les mêmes effets ont été décrit par Luc Petit (2008), notamment l'arrêt ou le ralentissement du développement des œufs et des larves ; blocage des métamorphoses de larves et nymphes ; dérèglement des communications phéromonales au moment de la reproduction chez les adultes ; stérilité des adultes ; empoisonnement ; inhibition des processus d'alimentation et de mastication ; inhibition de la synthèse de chitine. Il a été démontré aussi que l'azadirachtine peut causer un effet sur le processus de reproduction des deux sexes mâles et femelles (Mordue et Nisbet, 2000).

Les tests menés pour la détermination de la toxicité *Bacillus thuringiensis* var. kurstakii à l'égard des larves d'*E. ceratoniae* semblent concluants. Nous avons montré que les premières mortalités se manifestent significativement après 24 heures d'exposition des larves au produit. D'après Chaufaux (1994), la mort de l'insecte intervient en 24h à 48 heures après l'ingestion des cristaux de *Bacillus thuringiensis*. La bactérie produit une toxine qui, lorsque ingérée par la chenille, détruit son système digestif et la chenille cesse ainsi de se nourrir et meurt les jours suivants le traitement (Lambert, 2010). La sous-espèce kurstaki est toxique uniquement pour les chenilles, mais à des degrés divers selon l'espèce de la chenille (Anonyme, 2012 b). Le même auteur, indique que les insectes contre lesquels le *Bt* est toxique cessent de s'alimenter

en moins de quelques heures et meurent au bout de 2-5 jours. Le taux de mortalité est plus faible pour une courte durée d'exposition (24h et 48h) quel que soit la concentration utilisée.

A partir des informations disponibles et citées précédemment, il apparaît que la mortalité enregistré chez ces jeunes larves (L1) après leurs traitements par le *Bt* est très importante, donc les traitements à base de *Bacillus thuringiensis* seront d'autant plus efficaces qu'ils seront appliqués contre les plus jeunes stades larvaires (Chaufaux, 1994). Lereclus et Chaufaux (1986), ont signalé aussi que les cristaux ingérés par une larve sensible (jeune stade), sont rapidement hydrolysés et la toxine provoque alors une paralysie du tube digestif donc les insectes meurent de toxémie ou de septicémie dans les jours qui suivent le traitement. Pour Lambert (2010), le *Bt* variété *kurstaki* (*Btk*) est efficace seulement sur les jeunes larves de la spongieuse ou le bombyx disparate (*Lymantria dispar* Linnaeus).

Sur *Tuta absoluta*, Mazollier (2012), a découvert que le *Bacillus thuringiensis* variété *kurstaki*, est actif uniquement par ingestion et sur les jeunes chenilles. Donc, les jeunes larves sont plus sensibles au *Bt*, il est donc important de cibler les premiers stades larvaires (Anonyme., 2012 b).

Le taux de mortalité observé dans notre expérimentation est probablement lié à la quantité et la durée de prise de nourriture. Les travaux de Ghy (1971), sur l'action du *Bacillus thuringiensis* sur la croissance et le développement du criquet migrateur (*Locusta migratoria*) a montré que lorsque la toxine est ingérée par le criquet au début d'un stade larvaire, le ralentissement de développement se manifeste dès ce stade et le retard, subsiste d'autant plus longtemps que les quantités de la toxine ingérées sont plus fortes. Le même auteur a observé que la plupart des mortalités se produisent entre les deuxièmes et sixièmes jours qui succèdent au traitement ; en effet, 30% des mortalités provoquées par les fortes doses de toxine du *Bt* survient dans les trois premiers jours qui succèdent au traitement ; 50% des mortalités est atteinte après quatre jours, 60% sont atteints après cinq jours et 80% après six jours.

Toutefois, les taux de mortalités corrigées, ont augmentées peu à peu avec l'augmentation de la concentration du biopesticide et la durée d'exposition pour

atteindre son maximum au bout de 6 jours (100%) chez les lots traités par les fortes concentrations (1500 et 2000 ppm). Donc, le taux de mortalité des larves est significativement corrélé avec leur durée d'exposition au biopesticide. Rochefort et *al.* (2006) , ont précisé que l'utilisation du Spinosad à des concentrations élevées contre la punaise velue, a permis d'atteindre 80% de mortalité, alors que les faibles concentrations, la mortalité été entre 60-65%, mais ce tardivement (7 jours après le traitement).

Nos résultats montrent que la CL50, diminue peu à peu avec le temps. Donc le *Bt* devient de plus en plus toxique que la durée d'exposition des larves au produit augmente. D'après Arivoli et Tennyson (2011) et Valadez-Lira et *al.* (2011) cité par Gama et *al.* (2013), une relation négative peut être observée entre le temps d'exposition et la CL50 pour le *B. thuringiensis*, cela signifie que, avec un temps d'exposition plus long, la valeur CL50 diminue et le taux de mortalité des larves *Aedes aegypti* augmente. La toxicité du *Bt* est peut être due aussi à l'âge des larves d'*E. ceratoniae* traitées (L1).

Le *Bt* paraît moins toxique sur les larves de l'*E. ceratoniae* que sur les derniers stades larvaires *Simulium vittatum* avec une CL50 entre 1 et 1,1 ppm après 24h d'exposition. Il montre aussi une faible toxicité par rapport à l'Azadirachtine avec une CL50 de 437,59 ppm après 24h d'exposition et CL50 de 76,86 pour un temps léthal de 120h (Lagha, 2012).

5. Conclusion

L'étude des fluctuations du vol des adultes de la pyrale des dattes durant les trois années d'expérimentation, nous a permis d'identifier trois générations successives chevauchantes durant l'année. D'autre part, l'abondance saisonnière de la pyrale des dattes semble fortement influencée par les températures minimales, maximales et moyennes, ainsi qu'à leur effet combiné. En outre, les températures extrêmes (minimum et maximum) ont eu un effet négatif sur le vol d'*E. ceratoniae*.

La détermination de l'effet des températures sur la population d'*Ectomyelois ceratoniae*, la connaissance du cycle de développement et du nombre de générations annuelles représentent des données de base essentielles qui permettent non seulement de prévoir la ou les périodes favorables aux pullulations de ce ravageur, mais aussi de formuler une stratégie de lutte efficace à des moments précis et opportun de l'année contre ce redoutable déprédateur.

La production des larves d'*E. ceratoniae* par la réalisation d'un élevage de masse sur milieu artificiel en conditions contrôlées nous a permis, en même temps que nous obtenons du matériel biologique pour nos bioessais, de préciser la durée des différents stades de développement de ce lépidoptère et nous a éclairé sur certains paramètres de sa croissance et sa reproduction tels que: la ponte, le pourcentage d'éclosion, le sex-ratio, ...etc. L'étude des paramètres biologiques de ce ravageur sur un milieu artificiel a révélé une durée moyenne du cycle de développement de 74,95 jours, un taux moyen brut de fécondité de 144,50 œufs par femelle, un taux de fertilité moyen des œufs de 57,54%, une longévité plus élevée chez les femelles par rapport aux mâles et en fin un sex-ratio en faveur des mâles (0,42).

La compréhension de l'histoire de vie de la population d'*E. ceratoniae* nécessite d'obtenir des estimations fiables des principaux paramètres démographiques sur ces principales plantes hôtes dans la région de Biskra. Dans cette optique nous avons mis en évidence l'influence de la qualité nutritive des dattes de trois cultivars de palmier dattier (Deglet Nour, Mech Degla et Ghars) sur les paramètres biologiques de la pyrale des dattes. Nous avons mesuré la durée moyenne d'incubation des œufs et calculé les taux de fécondité et de fertilité qui ne semblent pas être affectées par la

qualité nutritionnelle des dattes des trois variétés. Alors que la durée moyenne du cycle de vie, est plus courte dans les dattes Deglet Nour et Mech Degla.

Le taux net de reproduction (R_0), le taux intrinsèque d'accroissement (r_m) et le taux fini d'accroissement (λ) sont plus élevés dans les dattes Deglet Nour. Cette dernière présente aussi un temps moyen d'une génération (T_g) et un temps de doublement (T_d) très courts. Ce qui montre que les dattes de la variété Deglet Nour fournissent les meilleures conditions du développement et de la croissance de la population de la pyrale des dattes en comparaison avec les dattes Mech Degla et Ghars. Il apparaît ainsi que Deglet Nour est plus sensible aux attaques de ce ravageur par rapport aux autres cultivars.

La longévité des mâles est semblable chez les trois cultivars, alors que celle des femelles est plus longue dans les dattes Deglet Nour et Ghars. Les femelles d'*E. ceratoniae* vivent plus longtemps que les mâles quelque soit la variété. Le fait que le sex-ratio est en faveur des femelles dans les dattes Deglet Nour, cela augmenterait le potentiel reproducteur de cette espèce.

L'étude de comportement alimentaire d'*E. ceratoniae* au laboratoire dans les conditions contrôlées en enceinte close et olfactomètre en Y, nous a permis de montrer que les différents stades larvaires de cette espèce sont toujours attirés par les différentes odeurs des dattes de la variété Deglet Nour et de leurs extraits au pentane et à l'hexane. Nous avons aussi décrit toutes les séquences comportementales qui conduisent l'individu à la source odorante passant par une phase de détection et une phase de parcours pour arriver à la source odorante. Nous avons aussi calculé la durée des différentes séquences du comportement alimentaire de ce ravageur et établi les différents temps que mettent les individus à détecter et arriver à la source odorante. Les tests effectués ont montré que les larves d'*E. ceratoniae* détectent plus rapidement les odeurs des dattes Deglet Nour et de leurs extraits et mettent un temps très court pour arriver à cette source d'odeur. Ces observations nous permettent de dire que les dattes Deglet Nour sont les plus attractives et les plus préférées par l'*E. ceratoniae*.

Concernant l'essai de lutte, nous avons pu déterminer que l'azadirachtine possède une activité larvicide contre *E. ceratoniae*. La mortalité observée est corrélée positivement avec les doses et la durée d'exposition des larves à cette molécule. La CL50 calculée est corrélée négativement avec la durée d'exposition des larves au biopesticide, elle est faible dans un temps létal plus long et élevé pour un temps létal court. Cela prouve que l'azadirachtine induit dans le temps, une forte toxicité pour les larves de la pyrale des dattes.

Nous avons aussi montré que le traitement par des doses sublétales d'azadirachtine sur les larves réduit de manière significative la fertilité des femelles et des œufs même à des doses très faibles. Ainsi, l'azadirachtine a une action directe sur les paramètres de reproduction de la pyrale de la datte.

L'évaluation au laboratoire de l'activité larvicide du *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki* sur les premiers stades larvaires d'*E. ceratoniae*, a révélé une sensibilité importante à cette molécule. Cette sensibilité, proportionnelle au temps létal, s'est montrée d'autant plus grande que la concentration est plus élevée. Ainsi, les mortalités les plus élevées (100%) ont été induites par les plus fortes concentrations (1500 et 2000 ppm). Cependant, la CL50 est inversement proportionnelle à la durée d'exposition des larves au biopesticide, elle est faible dans un temps létal plus long et élevé pour un temps létal plus court.

Les valeurs de CL50 obtenues permettent de classer les deux biopesticides en fonction de leur toxicité. La toxicité dépend de l'espèce et des molécules testées. Nous avons trouvé que l'azadirachtine est plus toxique que le *Bacillus thuringiensis* chez *E. ceratoniae*.

Les résultats obtenus montrent que l'azadirachtine et le *Bacillus thuringiensis* sont prometteurs comme larvicide contre *E. ceratoniae*, ils pourraient être de bonnes alternatives aux pesticides chimiques, tout en préservant la santé humaine et l'environnement. Ces nouvelles molécules non toxiques pour les organismes non visés, sont biodégradables et moins susceptibles de provoquer la résistance des espèces cibles.

D'autres recherches doivent être effectuées comme l'évaluation de l'effet différé de ces deux biopesticides sur le comportement alimentaire et les paramètres de développement, de reproduction et de croissance de la pyrale des dattes. Il sera aussi important de connaître les doses sublétales capables de réduire le niveau d'infestation au dessous du seuil de nuisibilité toléré par les services de protection des végétaux.

Dans une étape ultérieure, il apparaît intéressant d'intensifier l'étude de l'influence des autres facteurs climatiques (humidité relative et vent) sur la dynamique des populations de la pyrale des dattes.

Références Bibliographiques

- Abbott, W.S. 1925-** A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ.Entomol.***18** : 265-267.
- Abdelmoutaleb M., 2008-** La campagne intensive de vulgarisation (CIV) pour la lutte contre le ver myelois ou la pyrale des dattes dans les wilayas de Biskra et d'El Oued, in *revue, Agriculture & développement, communication Vulgarisation*. Ed INVA: 7-10.
- Abdullah M. A.R., 2009-**Toxicological and histopathological studies of *Boxus chinensis* oil and precocene II on larvae of the red palm weevil *Rynchophorus ferrugineus*(Oliver) (Coleoptera :Curculionidae). *Egypt. Acad. J. biolog. Sci.* 2 (2): 45-54.
- Adang M.J., 1991-** *Bacillus thuringiensis* insecticidal crystal proteins: gene structure, action, and utilization. In: *Biotechnology for biological control of pests and vectors* (Edited by K. Maramorosch). *CRC Press, London*: 3-23.
- Adebayo, A. and Omoloyo, S. V. 2007-**Abundance of 24-methylene cholesterol in Traditional African Rice as an Indicator of Resistance to the African Rice Gall Midge, *Orseolia oryzivora* Harris and Gagne. *Entomol. Sci.*10:249-257.
- Al-izzi M.A.J., Al-Maliky S.K. and Jabbo N.F., 1987-**Culturing the Carob Moth, *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae), on an Artificial Diet. *Journal of Economic Entomology.*80: 277-280.
- Al-Jamali, N.A. 2006-**Factors Affecting the Efficiency of Pheromone Traps in Attracting the Male Adults of Pomegranate Fruit Worm *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae). *Arab J. Pl. Prot.* 24: 32-36.
- Allam, A., 2008-**Etude de l'évolution des infestations du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* Linné, 1793) par *Parlatoria blanchardi* Targ., 1892 (Homoptera, diaspididae) dans quelques biotopes de la région de Touggourt. Thèse de magister, sciences Agro, option entomologie appliquée INA, El-Harrach : 33-57.
- Alouani A., Rehim N., Soltani N., 2009-**Larvicidal activity of a neem tree extract (azadirachtin) against mosquito larvae in the republic of algeria. *Jordan Journal of Biological Sciences.* 2.1: 15-22.

- AL-Rubeai H. F., 1987-** Growth and development of *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera: Pyralidae) under laboratory mass-rearing conditions.-*Journal of Stored Products Research*, 23: 133-135.
- Altermatt F., 2010** - Climatic warming increases voltinism in European butterflies and moths.*Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 277:1281-1287.
- Alyokhin A., Drummond F. A., Sewell G. and Richard Storch R. H., 2011-** Differential Effects of Weather and Natural Enemies on Coexisting Aphid Populations. *Environmental Entomology*. 40(3):570-580.
- Anonyme, 2002-** Etude « Schéma directeur des ressources en eau » Wilaya de Biskra. Phase préliminaire, Ed. A.N.A.T. Direction régionale sud-est, Biskra, Algérie. 100 p.
- Anonyme., 2003** - Etude “Schéma Directeur des Ressources en Eau” wilaya de Biskra. Dossier agro-pédologique. Ed. A.N.A.T. Direction régionale sud-est, Biskra, Algérie. 231 p.
- Anonyme, 2009-**Statistiques agricoles de la wilaya de Biskra. Ed. Direction des services Agricole. Biskra.
- Anonyme, 2010 a-** The adult population dynamics of the Carob moth *Ectomyelois ceratoniae* Zell. (Lepidoptera: Pyralidae)] in pomegranate orchards in the Eastern Mediterranean Region. *Türk. entomol. bult.* 13p.
- Anonyme, 2010 b-***Pyrale du maïs*, impact sur la fusariose. Rapport activités DRAAF-SRAL : 1-7.
- Anonyme, 2011-** *Monographie de la wilaya de Biskra*. Direction de la programmation et du suivi budgétaire. Wilaya de Biskra. 203 p.
- Anonyme, 2012 a-** Statistique agricole. Superficies et productions. Série A, 17 p.
- Anonyme., 2012 b-** Chapitre : 11. Pesticides à risque réduit et biopesticides. Guide de la culture fruitière. Ministère de l’agriculture, de l’alimentation et des affaires rurales de l’Ontario. 21p.
- Arif Y., 2011-** Etude de l’interaction entre la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera : Pyralidae) et certains cultivars de palmier dattier. Mémoire Magister en Entomologie agricole et forestière Univ. Batna. 74p.

- Aronson A.I., Beckman, W., Dunn P., 1986-***Bacillus thuringiensis* and related insect pathogens. *Microbiol.Rev.* 50: 1-24.
- Ayres M.P et Lombardero M.J., 2000-** Assessing the consequences of global change for forest disturbance from herbivores and pathogens. *Sci. Total environ.* 262 : 263-286.
- Bale J.S., Masters G.J., Hodkinson I.D., Awmack C., Bezemer T.M., Brown VK., Butterfield J., Buse A., Coulson J.C et Farrar J., 2002-**Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Glob. Change Biol.*8: 1-16.
- Barth R. H., 1964-**The mating behavior of *Byrsotriafumigate* (Guérin) (Blattidae, Blaberinae). *Journal.Behav.*23: 1-30.
- Barth R. H., 1970-**The mainting behavior of *Periplaneta Americana* and *Blattaorientalis*, with notes on three additional species of *Periplaneta*and interspecific action of female sex pheromones. *Z. Tierpsychol*, 27: 722-748.
- Bauer, L.S., 1995-**Resistance: a threat to the insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. *Florida Entomol.* 78(3): 414- 442.
- Beegle, C.C., and Yamamoto, T. 1992-**History of *Bacillus thuringiensis* Berliner research and development. *Can. Entomol.* 124: 587-616.
- Bélangier A. et Musabyimana T., 2005-** Le Neem contre les insectes et les maladies. Agriculture et Agroalimentaire Canada. Québec. 13p.
- Belguedj M., 2002-***Caractéristiques des cultivars de dattier du Sud-est du Sahara Algérien.* Vol 2.Ed. INRA. Alger. 67 p.
- Bell C.H., 1975-** Effects of temperature and humidity on development of four pyralid moth pests of stored products. *Journal of Stored Products Research.*11:167-175.
- Ben Adoune. H., 1987-**Etude bio-écologique d'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae) à Ghardaia. Mémoire. Ing. Agro, INA. El Harrach. Alger. 53p.
- Ben Saad A., 2010-**Evolution des systèmes de production oasiens dans le contexte de désengagement de l'état. Cas des oasis du grand Gabes. Manuel gouvernance foncière et usage des ressources naturelles FONCIMED. INRA. 392 p.

- Bénédet F., 1999-** Modalités de reconnaissance d'un ravageur *Acrolepiopsissassectella* par son parasitoïde, *Diadromuspulchellus* : identification et perception d'un signal polypeptidique. Thèse doct. Univ. De tours. France. 180 p.
- Bernard O., 2000-** Etude des principaux marchés européens de la datte et du potentiel commercial des variétés non traditionnelles. Etude réalisée pour le Groupe des produits horticoles Service des matières premières et des produits tropicaux et horticoles Division des produits et du commerce international. FAO. 10 p.
- Bissaad F. Z., Youcef M., Bounacerur F. et Doumandjimitiche B., 2011-**Activité biologique d'un biopesticide le Green muscle sur le tégument du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae). *Nature & Technologie*. 06 : 51-58
- Banaigs B., 2004-** La communication chimique dans le monde vivant. Inserm, Université de Perpignan : 133-146.
- Borcard D., 1998-** Transformation de données: normalisation, stabilisation des variances. Legendre & Legendre. Université de Montréal. Bio2042 : 1– 4.
- Bouka H., Chemseddine M., Abbassi M., et Brun J., 2001-** La Pyrale des dattes dans la région de Tafilatet au Sud- Est du Maroc. *Revue Fruit*. 56 (3) : 189-195.
- Boulard M., 1988-** Biologie et comportement des cigales de France. *Insectes*.69:7-14.
- Bream, A.S., Ghoneim, K.S., Tanani, M.A.andNassar, M.I., 2001-** The disruptive effects of azadirachtin and jojoba on development and morphogenesis of the red palm weevil, *Rhynchophorusferrugineus* (Curculionidae: Coleoptera). Sec. Int. Conf. Date Palms 25-27 March, Fac. Agric. Al-Ain, UAEU: 280-303.
- ButterworthJ.H., and Morgane E.D. 1968-** Isolation of a substance that suppresses feeding in locusts. *Chem. Comm.* 8: 23-24.
- Carey, J. R. 1993-** Applied Demography for Biologists, with Special Emphasis on Insects. Oxford University Press, U. K. 211p.
- Carter M., etFeeny P.P., 1999-** Host-plant chemistry influences oviposition choice of the spicebush swallowtail butterfly. *Journal of Chemical Ecology*.25: 1999-2009.
- Chaufaux J., 1994-** Utilisation de bio-pesticides contre les ravageurs des cultures : le point sur *Bacillus thuringiensis*. *Journale.insectes et cultures* : 2-6.

- Chougourou C. D., Dellouh P. L., Agbaka A., N'guessan K. R., Gbenou J. D., 2012-** Toxicité et effets répulsifs de certaines huiles extraites des plantes locales Béninoises sur la mouche domestique *Musca domestica* L. (DipteraMuscidae). *Journal of Applied Biosciences* 55: 3953– 3961.
- Coviella C.E and Trumble J.T., 1999-** Effects of elevated atmospheric carbon dioxide on insect-plant interactions. *Conserv. Biol.* 13: 700-712.
- Cox P.D., 1976-**The influence of temperature and humidity on the life-cycle of *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) (Lepidoptera: Phycitidae). *Journal of Stored Products Research*, Volume 12 : 111-117.
- Dagnelie P., 2011-** *Statistique théorique et appliquée. Tome 2. Inférence statistique à une et à deux dimensions.* Bruxelles, De Boeck, 736 p.
- Dajoz R., 1971-** *Précis d'écologie.* Ed. Dunod, Paris, 434 p
- Dajoz R., 1974-** *Dynamique des Populations.* Ed Masson et Cie, Paris, 301 pp.
- Dajoz R., 1996-** *Précis d'écologie.* Ed. Dunod, Paris, 551p.
- Degen T., et Stadler E., 1998-** Oviposition of carrot fly (*Psylarosae*) in response to foliage and leaf surface extracts of host plants. *Chemoecology.* 8: 39-49.
- Derridj S., Fiala V. et Boutin J.P., 1991-** Host plant oviposition preference of the European corn borer (*Ostrinianubilalis*Hbn) and biochemical explanation. *Symposia Biologica Hungarica:* 134-135.
- Descamps L. R., and Chopa C. S., 2011-** Population growth of *Rhopalosiphumpadi* L. (Homoptera: Aphididae) on different cereal crops from the semiarid pampas of Argentina under laboratory conditions. *Chilean Journal Of Agricultural Research*, 71(3), 390 - 394.
- Descoins C., 2009-** Introduction à l'écologie chimique. DAA Protection des Plantes et Environnement : 45-67.
- Dhouibi M.H., 1982-** Bio-écologie d'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera, *Pyralide*). Ed. INRAT. Tunis. Vol1 55. 48 p.
- Dhouibi M.H., 1991-** Les principaux ravageurs du palmier dattier et de la datte en Tunisie. Institut National Agronomie de Tunisie, Labo. Entomologie-Ecologie : 27-40.

- Dhouibi, M.H. 1989-** Biologie et écologie d'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller. (Lepidoptera: Pyralidae) dans deux biotopes différents au sud de la Tunisie et recherches de méthodes alternatives de lutte. Doctorat d'état en sciences naturelles. Université Pierre et Marie CURIE, Paris VI. 176 p.
- Djenontin T. S., Wotto V. D., Avlessi F., Lozano P., Sohounhloùé D. K.C., Pioch D., 2012-**Composition of *Azadirachta indica* and *Carapa procera* (Meliaceae) seed oils and cakes obtained after oil extraction. *Industrial Crops and Products* 38: 39-45.
- Dorn A.;Rademacher J.M. and Sehn E. 1986-** Effects of azadirachtin on the moulting cycle, endocrine system, and ovaries in last instar larvae of the milk weed bug *Oncopeltusfasciatus*. *J. Insect. Physiol.*, 32:231-238.
- Doumandji-Mitiche B., 1977-**Les pyrales des dattes stockées. *Annales de l'Institut National Agronomique, El-Harrach* 7 (1) : 31-58.
- Doumandji –Mitiche B., 1983-** Contribution à l'étude bioécologique des parasites prédateurs de la pyrale de caroube *Ectomyelois ceratoniae* en Algérie, en vue d'une éventuelle lutte biologique contre ce ravageur. Thèse de doctorat d'état, Es, Sc., Uni Pierre et Marie Curie, Paris VI. 253p.
- Doumandji S., 1981-** Biologie et écologie de la pyrale des caroubes dans le nordde l'Algérie, *Ectomyelois ceratonia*Zeller (Lepidoptera, pyralidae). Thèse. Doct. D'état. Scien. Natur. Université Pierre et Marie Curie. Paris VI. 145 p.
- Dreux P., 1974 -***Précis d'écologie*. Ed. Presses universitaires de France. 231p.
- Dridi B., Baouchi H. Bensalah M.K. et Zitoun A., 2001-**Presentation d'une nouvelle biotechnique de lutte contre le ver de la datte *Ectomyelois ceratoniae* Zeller dite technique des insectes stériles. Journées techniques phytosanitaires. INPV, Alger : 58-71.
- Drummond J., Et Pinnock D.E., 1994-** Host spectrum of *Bacillus thuringiensis*. *Agriculture, Ecosystems&Environment*. (49): 15-19.
- Du, L., Ge, F., Zhu, S. and Parajulee, M. N. 2004-** Effect of Cotton Cultivar on Development and Reproduction of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) and Its Predator *Propylaea japonica* (Coleoptera: Coccinellidae). *J. Econ. Entomol.*97:1278-1283.

- El Houmaizi M.A., 2002-**Modélisation de l'architecture du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) et application à la simulation du bilan radiatif en oasis. Thèse Doctorat Es-Science :Biologie végétale. Université Marrakech. 145 p.
- Escoubet P., 2011-**Les limites de la lutte chimique. Les ravageurs de nos jardins. Journée Biologique du Parc Phoenix. Nice, Mém. Inst. Océano. P. Ricard : 59-72.
- Estay S.A., M. Lima et F.A. Larbra. 2009-** Predicting insect pest status under climate change scenarios: Combining experimental data and population dynamics modelling. *Journal of Applied Entomology* 133:491-499.
- Etilé E., 2010-**Comportement alimentaire d'un herbivore polyphage, la livrée des forêts. *Antennae*. 17(2) : 8-9.
- Eve Gagnon A., 2012-** Impact des changements climatiques sur la pyrale des maïs. *Colloque en agroclimatologie* : 1-4.
- Fatni A. 2011-** Traitement par la chaleur des dattes. Direction Régionale Phyto-info Meknès-Tafilalet. 07:2p.
- Finney D.J., 1971-**Probit Analysis. Third edition. Cambridge University Press, London, UK. 333 p.
- Fischer R.A et Yates F., 1975-**Statistical Tables for Biological, Medical and Agricultural Research. 6th. Ed. Longman. London:6-66.
- Foster S.P., et Harris M.O., 1997-** Behavioral manipulation methods for insects pest-management. *Annual Review of Entomology*. 42 : 123-146.
- François F., 2010-** Bio-contrôle pour la protection des cultures. 15 recommandations pour soutenir les technologies vertes. *Ed* : paris : 132-133.
- Fraval A., 1989-***Lymantriadispar*. Actes Editions, Rabat, Maroc, 220 pp.
- Fuhrer J., 2003-**Agroecosystem responses to combinations of elevated CO₂, ozone, and global climate change. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 97: 1-20.
- Gama P.Z., Nakagoshi N., Suharjono et Faridah S., 2013-** Toxicity studies for indigenous *Bacillus thuringiensis* isolate from Malang city, East Java on *aedesaegypti* larvae. *Asian Pac J. Trop Biome*, 3(2): 111-117.

- Garcia E.D.S. and Rembold H. 1984-** Effect of azadirachtin on ecdysis of *Rhodniusprolixus*. *J. Insect. Physiol.* 30:939-941.
- Ghavami S. 2006-** Effects of three artificial diets on biological characteristics of the carob moth, *Ectomyeloisceratoniae* (Lep.:Pyralidae). *Journal of Entomological Society of Iran.* 25: 63-76.
- Ghy J., 1971-** Action de la Toxine Soluble Thermostable de *Bacillus thuringiensis* sur la Croissance et le développement du criquet migrateur africain *Locusta migratoriaMigratrioides* (R. et F.) (Orthoptera, Acrididae). Thèse Doctorat 3^{ème} Cycle, Biologie Animale.O.R.S.T.O.M., Université Paris-Sud. 75p.
- Gill S.S., Cowles E.A., Pietrantonio P.V., 1992-**The mode of action of *Bacillus thuringiensis* δ -endotoxins. *Ann. Rev. Entomol.*, 37: 615-636.
- Gonzalez R.H., 2003-**Las pollilas de la fruta en chile (Lepidoptera : Tortricidae, Pyralidae). Santiago. Univesidad de chile. Seriecienciasagronomicas.9 : 179-188.
- Gothilf S., 1969-** The biology of the carob moth *Ectomyelois ceratoniae* Zell. InIsrael.Part2.Effect of food, temperature and humidity on development. *Israel Journal of Entomology*, 4: 107-116.
- Gutierrez J. and Chazeau J., 1972-** Cycles de développement et tables de vie de *Tetranychus neocaledonicus* André (acarions : *Tetranychidae*) et d'un de ses principaux prédateurs à Madagascar *Stethorus madecassus* Chazeau(Coccinellidae). *Entomophaga* 17(3), 275-595.
- Habbachi W., 2009-** Etude de deux espèces de Blattellidae *Lobopteradesipiens* et *Blattellagermanica* (L.) : reproduction et comportement sexuelle . Memo. Mag. Univ Annaba. 88p.
- Habbachi W., 2013-** Etude des Blattellidae (Dictyoptera) : Essais Toxicologiques, Synergie et Résistance aux Insecticides et aux Biopesticides. Thèse Doctorat en Biologie Animale.Université d'Annaba. 170 p.
- Haddad L., 2000-** Quelques données sur la bioécologie d'*Ectomyelois ceratoniae* dans les régions de Tougourt et Ouargla, en vue une éventuelle lutte contre ce déprédateur. Mémoire Ing, I.T.A.S. Ouargla. 62 p.

- Halilat M.T., 1998-** Etude expérimentale de sable additionné d'argile : Comportement physique et organisation en conditions salines et sodiques. Thèse Doctorat, INA Paris. Grignon. France. 229 p.
- Haribal M., et Renwick J.A.A., 1998** – Identification and distribution of oviposition stimulants monarch butterflies in hosts and nonhosts. *Journal of Chemical Ecology*.24: 891-904.
- Haynes K. F., and Birch M. C., 1985-** The role of other pheromones, allomones and kairomones in the behavioral responses of insects. In *Comprehensive insect physiology, Biochemistry and Pharmacology*. Ed: Kerkut G. A. and Gilbert, L. I., Pergamonpress, Oxford. 9: 225-255.
- Höfte H. et Whiteley H.R., 1989-** Insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. *Microbiol. Rev*, 53: 242-255.
- Huang Z., Shi P., Dai J., Du J., 2004-**Protein metabolism in *Spodopteralitura* (F.) is influenced by the botanical insecticide azadirachtin. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 80: 85-93.
- Hung C.C., Chiang B.Y., Wang W.L., 2003-** Development and fecundity of the Carob moth, *Ectomyelois ceratoniae*, reared on different foods and its eclosion, mating and ovipositing behavior. *Plant Protection Bulletin (Taipei)*. 45:185–197.
- Idder A., 1984-** Inventaire des parasites d'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae) dans les palmeraies d'Ouargla et lâchers de *Trichogrammaem bryophagum* Hartig (Hymenoptera, Trichogrammatidae) contre cette pyrale. Mémoire. Ing. INA. El- Harrach. 63p.
- Idder M., Idder I., Saggou H et Pintureau B., 2009-**Taux d'infestation et morphologie de la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* Zeller sur différentes variété du palmier dattier *Phoenixdactylifera*. *Cah.Agric.* 18 (1): 63-71.
- Jacob T.A. et Cox P.D., 1977-** The influence of temperature and humidity on the life-cycle of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Stored Products Research*.13 : 107-118

- Jarraya, A. et Vinson, G. 1980** - Contribution à l'étude de l'entomofaune du pistachier. IV.Observations biologiques et écologiques sur *Ectomyelois ceratoniae* Z. (Pyralidae). Ann.INRAT, 53 : 1 - 42.
- Jacques B., 1990-** Les ravageurs du palmier dattier, Les moyens de lutte contre la cochenille blanche (*Parlatoria blanchardi* TARG) .Station de Zoologie et de Lutte Biologique d'Antibes (France) N°11. P 273.
- Jafari S., Abassi N. and Bahirae F., 2013-** Demographic parameters of *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae) fed on Thrips tabaci (Thysanoptera: Thripidae). *Persian Journal of Acarology*, Vol. 2, No. 2, pp. 287–296.
- Jouve P., Loussert R., Mouradi H., 2006-** La lutte contre la dégradation des palmeraies dans les oasis de la région de Tata (Maroc). Colloque international. Les Oasis : Services et bien- être humain face à la désertification. ERRACHIDIA – MAROC. 6 p.
- Kaiser L., 1999-**Le comportement des insectes. *Annal. Soc. Entomol. Fr.* (N.S), 35 *Section 4* : *Comportement* : 136-147.
- Khalequzzaman M. and Nahar J., 2008-**Relative toxicity of some insecticides and azadirachtin against four crop infesting aphid species.Univ. j. zool. Rajshahi Univ. 27 : 31-34.
- Khoualdia O., Takrouni M. L., Ben Mahmoud O., Rhouma A., Alimi E., Bel Hadj R., Abib M., Brun J., 2002** - Lutte contre la pyrale des dattes dans le sud Tunisien. Essai de deux produits naturels, le spinosad et l'azadirachtine. Laboratoires A.C.L. Tunisie : 15-17.
- Khoualdia O. et Marro J.P., 1996-** La Pyrale des dattes : essai de lutte biologique à l'aide de parasitoïdes. Rapport de synthèse de l'atelier. Ed. C.I.H.E.M. Option méditerranéennes. p 184.
- Khoualdia O., Rhoma A., Jarraya A., Marro J.P., Brun J., 1995-** Un trichogramme, nouveau parasite d'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera - Pyralidae) en Tunisie. *Ann. I.N.R.A.T.*: 145-151.
- Klingauf F.A., 1987-** Feeding, adaptation and excretion. In *Aphids: Their Biology, Natural Enemies and Control*, Ed. A. K. Minks and P. Harrewijn, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands .Vol.A : 225–253.

- Koul, O.; Amanai, K. and Ohtaki, T. 1987-** Effects of azadirachtin on the endocrine events of *Bombyxmori*. *J. Insect Physiol.* 33:103-108.
- Kumbasli M., 2005-** Etudes sur les composés polyphénoliques en relation avec l'alimentation de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* Clem.). Thèse doctorat des Sciences Forestières. Faculté de foresterie et de géomatique université Laval. Québec 176p.
- Lagha M ., 2012-** Etude de la toxicité de l'*Azadirachtine* (bio-pesticide) sur la mortalité et la fertilité des femelles et des oeufs de la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* Zeller., 1839 (Lepidoptera, Pyralidae) dans les conditions contrôlées Mémo .Ing Biskra. 128p.
- Lambert N., 2010-** Lutte biologique aux ravageurs : applicabilité au québec : Essai présenté au Centre Universitaire de Formation en Environnement en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.). Sherbrooke, Québec, Canada. 87p.
- Lambret P., 2010-** Dynamique d'une population d'adultes de *Lestes macrostigma* (Eversmann, 1836) et implications pour son suivi : l'exemple de la Camargue (Odonata, Zygoptera: Lestidae). Tome 26, fascicules 1 et 2 : 19-28.
- Le Berre M., 1975** – Rapport d'activité et de recherche du laboratoire d'entomologie saharienne. M.A.R.A, Vol. I, 73 p.
- Le Berre M., 1978-** Mise au point le problème du ver de la date, *Myelois ceratoniae* Zeller. *Bull. Agr. Sahar. I.* (4): 1-35.
- Lebdi Grissa K., Mejri O. et Ben Brahim H., 2011-**Effect of diapause for improving mass-rearing and field performance of irradiated carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae), in Tunisia. Increasing the efficiency of Lepidoptera sit by enhanced Quality control. Vienna : 35-37.
- Lebreton P., 1978-** *Initiation aux disciplines de l'environnement*. Ed. Inter-éditons, Paris, 239 p.
- Lepigre A., 1963,-** Essais de lutte sur l'arbre contre la pyrale des dattes (*Myelois ceratoniae* Zeller –(Pyralidae) *Annal. Epiphyties.* 14.(2) : 85-105.

- Lepoivre P., 2001,-** Les systèmes de production agricole et la protection des cultures à la croisée des chemins. *Biotechnologie Agronomie Société et Environnement*. 5 (4) : 195-199.
- Lereclus, D., Delécluse, A., Lecadet, M.M., 1993.** Diversity of *Bacillus thuringiensis* toxins and genes. In: *Bacillusthuringiensis*, an Environmental Biopesticide: theory and practice (Edited by P.F. Entwistle, J.S. Cory, M.J. Bailey and S. Higgs). *Wiley, New York*, 37-69.
- Lereclus D., et Chaufaux J., 1986-** Etat actuel de lutte biologique à l'aide de *Bacillus thuringiensis* : ce bio-insecticide Permettra-t-il demain d'atteindre doryphore ? *Cash. Liaison O.P.I.E.* 205. (4): 20-15.
- Lhoucine B., 2010-** Etude de la persistance de quelques Pesticides dans la culture de l'haricot vert Dans la région de Souss Massa. Thèse Doctorat. ENSA, Agadir, 139 p.
- Luc Petit J., 2008-** le nim ou (neem), l'arbre miracle? L'insecticide se fait désirer N° 57 *BIOFIL. Culture spécialisées* : 49-50.
- Maia A. H. N., Luiz A. J. B., Campanhola C., 2000-**Statistical influence on associated fertility life table parameters using jackknife technique, computational aspects.- *Journal of Economic Entomology*. 93: 511-518.
- Manal M. A. and Frantisek S., 2000-**Azadirachtin potentiates the action of ecdysteroid agonist RH-2485 in *Spodoptera littoralis*. *Journal of Insect Physiology*. 46: 267-274.
- Martin, P.A.W. 1994 .** An iconoclastic view of *Bacillus thuringiensis* ecology. *Am. Entomol*, 40(1): 85-90.
- Martinez, S.M and van Emden H.F., 2001-**Growth Disruption, Abnormalities and Mortality of *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae) Caused by Azadirachtin. *Neotropical Entomology*. 30(1): 113-125.
- Martínez-Tomás, S.H., R. Pérez-Pacheco, C. Rodríguez-Hernández, G. Ramírez-Valverde and J. Ruíz-Vega, 2009-** Effects of an aqueous extract of *Azadirachta indica* on the growth of larvae and development of pupae of *Culex quinquefasciatus*. *African Journal of Biotechnology*, 8(17): 4245-4250.

- Martinez-Villar, E., F.J. Saenz-De-Cabezón, F. Moreno-Grijalba, V. Marco and I. Perez-Moreno, 2005**-Effects of azadirachtin on the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Experimental & applied acarology A.*, 35(3): 215-222.
- Masson C., et Brossut R., 1981**-*La communication chimique chez les insectes*. La Recherche, 12 (121) : 406-416.
- Mazollier C., 2012**- Protection de la tomate en agriculture biologique. référent bio PACA maraîchage. 4p.
- Mediouni J. and Dhouibi M. H., 2007**- Mass-Rearing and Field Performance of Irradiated Carob Moth *Ectomyelois ceratoniae* in Tunisia. *Area-Wide Control of Insect Pest*: 265–273.
- Mordue (Luntz) A. J. and Nisbet A. J., 2000**- Azadirachtin from the Neem Tree *Azadirachta indica*: it's Action Against Insects. *An. Soc. Entomol. Brasil* 29(4): 615–632.
- Mordue (Luntz), A.J. & Blackwell, A., 1993**- Azadirachtin: an update. *Journal of Insect Physiology* 39: 903–924.
- Mossini S.A. G. et Kimmelmeier C., 2005**- A árvore Nim (*Azadirachta indica* A. Juss): Múltiplos Usos. *Acta Farm. Bonaerense* 24(1): 139-48.
- Mouffok B., Raffy E., Urruty N. et Zicola J., 2008**- Le neem, un insecticide biologique efficace. Université Paul Sabatier. Département génie biologique. France. 14 p.
- Munier P., 1973** - Le palmier dattier. Paris: Ed. Maison-neuve et Larousse, 217 p.
- Myronidis G. K. 2009**- Étude de bio-écologie de *helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) et parasitoïdes *Hyposoter didymator* (Hymenoptera: Ichneumonidae) en Grèce du Nord. Thèse de doctorat, Laboratoire de zoologie appliquée et de Parasitologie, Faculté de l'Agriculture, Université Aristote de Thessalonique. 218 p.
- Naidji T. et Kebici H., 2009**- Étude de quelques aspects bioécologique de la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* Zeller., 1839 (Lepidoptera, Pyralidae) et essai de lutte biologique par le Spinosad dans les conditions contrôlées. Mémoire. Ing. Agro, Université de Biskra. 53 p.

- Nasari B., Fathipour Y., Moharramipour S. and Hosseininaveh V. 2009-** Comparative Life History and Fecundity of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) on Different Soybean Varieties. *Entomol. Sci.* 12: 147-154.
- Nasari B., Fathipour Y., Moharramipour S., and Hosseininaveh V., 2011-** Comparative Reproductive Performance of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) Reared on Thirteen Soybean Varieties. *J. Agr. Sci. Tech.* 13: 17-26.
- Navarro S., Donahaye E., Calderon M., 1986-** Development of the carob moth, *Spectrobates ceratoniae*, on stored almonds.-*Phytoparasitica.* 14: 177-186.
- Nay J. E., 2006** -Biology, Ecology and Management of the carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae), a pest of dates, *Phoenix dactylifera* L., in southern California. Thesis doctorate, university of California Riverside, USA, 296 p.
- Nay J. E., Perring TM. 2006-**Effect of fruit moisture content on mortality, development and fitness of the Carob moth (Lep.: Pyralidae). *Environmental Entomology.* 35: 237-244.
- Norouzi A, Talebi A, Fathipour AY. 2008-** Development and demographic parameters of the Carob moth *Apomyelois ceratoniae* on four diet regimes. *Bulletin of Insectology.* 61:291-297.
- Obame Minko D., 2009-** Influence des facteurs écologiques (température et hygrométrie) sur le développement de la cochenille farineuse du manioc (*Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero, Homoptera: Pseudococcidae). *Tropicultura,* 27. (1) : 21-25.
- Octau S., 2006-** La Pyrale du maïs : 2003 une année pour mieux comprendre. Service Régional de la Protection des Végétaux des Pays de la Loire: 21-24.
- Ohgushi T., 1992-** Resource limitation on insect herbivore populations. In: Effects of resource distribution on animal- plant interactions. Edited by Hunter M. D., Ohgushi & P.W. Price. Academic Press Inc: 199-24.
- Ouakid M.L., 2006-** Bioécologie de *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera, Lymantriidae) dans les subéraies d'El Tarf : comportement alimentaire et essais insecticides. Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences Naturelles. Université de Annaba (Algérie). 150 pp.

- Ould El Hadj, M.D., A. Tankari Dan-Badjo et F. Halouane, 2003-** Étude comparative de la toxicité de trois substances acridifuges sur les larves du cinquième stade et sur les adultes de *schistocerca gregaria* FORSKAL, 1775 (Orthoptera, Cyrtacanthacridinae). *Courrier du Savoir*, 03: 81-86.
- Parmesan C., 2006-** Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Evol.Systemat.*37: 637-669.
- Patterson D.T., West brook J.K., Joyce R.J.V., Lingren P.D et Rogasik J., 1999-**Weeds, insects, and diseases. *Climatic change* 43: 711-727.
- Peyrovil, M., S.H. Goldansaz and K.T. Jahromi, 2011-** Using *Ferula assafoetida* essential oil as adult carob moth repellent in Qom pomegranate orchards (Iran). *African Journal of Biotechnology*, 10(3): 380-385.
- Philogene B.J.R., 1991-**L'utilisation des produits naturels dans la lutte contre les insectes : problèmes et perspectives. La lutte anti-acridienne. Ed. AUPELF-UREF, John LibbeyEurotext, Paris: 269-278.
- Pierrette L., 2011-** Essai d'efficacité de Bio insecticide à base Azadirachtine contre le puceron vert du pêcher, *Myzus persicae* (Sulzer), dans la culture de la laitue frisée biologique. Réseau de dépistage écologique de la Mauricie. P2.
- Poland T. M., Haack R. A., Petrice T. R., Miller D. L. And Bauer L.S., 2006-** Laboratory Evaluation of the Toxicity of Systemic Insecticides for Control of *Anoplophora glabripennis* and *Plectrodera scalator* (Coleoptera: Cerambycidae). *J. Econ. Entomol.* 99(1): 85-93
- Pouvreau A., 2011-** Les bourdons pollinisateurs menaces. *Courrier de l'environnement de l'INRA*. 19: 63-70.
- Raizada R.B.,2001-** Azadirachtin, a neem biopesticide: subchronic toxicity assessment in rats. Vol 39, Issue 5, Pesticide Toxicology Laboratory, Industrial Toxicology Research Centre, Post Box N° 80. M.G.Marg, Lucknow-226001. India: 477-483.
- Razmjou J., Moharramipour S.,Fathipour Y. and Mirhoseini S. Z. 2006-** Effect of Cotton Cultivar on Performance of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) in Iran. *J. Econ. Entomol.*99:1820-1825.

- Rembold, H. and Sieber K.P., 1981** - Inhibition of oogenesis and ovarian ecdysteroid synthesis by azadirachtin in *Locusta migratoria migratorioides*. *Z. Naturf.* 36:466-469.
- Reynes M, Bouabidi H, Piombo G, Risterucci A M., 1994**- Caractérisation des principales variétés de dattes cultivées dans la région des Djerid en Tunisie. *Fruit.* 49:289-298.
- Rharrabe K., Amri H., Bouayad N., Sayah F., 2008**- Effects of azadirachtin on post-embryonic development, energy reserves and a-amylase activity of *Plodiainter punctella* Hübner (Lepidoptera: Pyralidae). Centre des Etudes Environnementales Méditerranéennes, Laboratoire de Biologie Appliquée & Sciences de l'environnement. Faculté des Sciences et Techniques. Université Abdelmalek Essaâdi. Tanger. MAROC : 290-294.
- Richard I., 2010** -Les pesticides et la perte de biodiversité. Pesticide Action Network Europe. Bruxelles. 29 p.
- Rochefort S., Lalancette R., Roselyne., Brodeur J., 2006**- Recherche et développement de bio-pesticides et pesticides naturels à faible toxicité pour les organismes non ciblés et respectueux de l'environnement. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP) Univ. Laval. 80p.
- Roy M., Brodeur J et Cloutier C., 2002**- Relationship between temperature and developmental Rate of *Stethorus punctillum* (Coleoptera: Coccinellidae) and its Prey *Tetranychus mcdaniel* (Acarina: Tetranychidae). *Environmental Entomology.* 31 (1) : 177-187.
- Saggou H., 2001**- Relations entre les taux d'infestation par la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera- Pyralidae) et les différentes variétés de dattes dans la région d'Ouargla. Mémoire. Ing. ITAS. Ouargla.70p.
- Sayah Z. et Ould el hadj M D., 2010**- Etude comparatives des caractéristiques physico-chimique et biochimique des dattes de la cuvette de Ouargla. *Annales des sciences et technologie* .2:87-92.
- Schmutterer, H. and Ascher, K.R.S. 1984**- Natural Pesticides from the Neem Tree *Azadirachta indica* A. juss., and other Tropical Plants. Proc. 2nd Int. Neem Con. Reuschholzhausen, 25-28 May 1983, GTZ, D-6236 Eschborn 1.

- Schröder R., and Hilker M., 2008-** The Relevance of Background Odor in Resource Location by Insects: A Behavioral Approach. *BioScience*. 58 (4): 308-316.
- Selvaraj S., Adiroubane D. and Ramesh V., 2011-** Population Dynamics of Leafhopper, *Amrasca devastans* Distant in Cotton and its Relationship with Weather Parameters. *Journal of Entomology* 8 (5): 476-483.
- Senthilnathan S. and Sehoon, K. 2005-** Effects of *Melia azedarach* L. extract on the teak defoliator *Hyblaea puera* (Lepidoptera: hyblaeidae). *Jour. Crop. Prot.* 10: 1-5.
- Sentis A., 2012-** Effets des changements climatiques sur les insectes et conséquences économiques et sanitaires. *Antennae*.19 (1): 3-7.
- Sharma S. P., Kishore Ram., Gupta R., Sinhadeo S. N., Sinha B. R. R. P., 2004-** Evaluation of azadirachtin for its visible residual toxicity to tasar silkworm, *Antheraea mylitta* D. (Lepidoptera: Saturniidae). *Séricologia* A.44 (3): 331-339.
- Simmonds M.S.J., 2000-**Importance of avonoids in insect-plant interactions: feeding and oviposition. *Phytochemistry*. 56: 245-252.
- Singh R.N. and Thangavelu K., 1998-** Evaluation of azadirachtin for the control of the uzifly *Blepharipa zebina* (Diptera: Tachinidae). *Séricologia* A.38 (1): 95-105.
- Slansky F. Jr., and Rodriguez J.G., 1987-** Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and related invertebrates: an overview: 1-69.
- Stacey D., 2003-** Climate and biological control in organic crops. *Int. J. Pest Manage.* 49 : 205-214.
- Staedler E., 1976-** Sensory aspects of insect plant interactions. *Proc. 15th Int. Congr. Entomology*, Washington D.C, 228-248.
- Stadler E., 2002-** Plant chemical cues important for oviposition of herbivorous insects. In: *Chemoecology of insect Eggs and Eggs deposition* (M.Hilker&T.Meinersed). 416 P.
- Stadler E., Baur R., and De Jong R., 2002-** Sensory basis of host plant selection: in search of the ‘fingerprints’ related to oviposition of the cabbageroot fly. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hongaricae* 48(1): 265-285.

- Steets R., 1976-** The effect of a purified extract of the fruits of *Azadirachta indica* on *Leptinotarsa decimlineata*. *Z. Angew. Entomol.* 82: 169-176.
- Swaroop, S., Gilroy A.B., Uemura K., 1966 -** Statistical Methods in Malaria Eradication. World Health Organization, Monograph Series 51: 1-164.
- Tang, Y. Q., Weathersbee, A. A. and Mayer, R. T. 2002-** Effect of neem seed extract on the brown citrus aphid (Homoptera: Aphididae) and its parasitoid *Lysiphlebus testaceipes* (Hymenoptera: Aphidiidae). *Environ.Entomol.* 31(1): 172-176.
- Tine S., Aribi N. and Soltani N., 2011-** Laboratory evaluation of azadirachtin against the oriental cockroach, *Blatta orientalis*L. (Dictyoptera, Blattellidae): Insecticidal activity and reproductive effects. *African Journal of Biotechnology.* 10(85): 19816-19824.
- Vaillant.J and Derridj. S, 1992-** Statistic analysis of insect preference in tow-choise *Journal. Insect Behav.* 5:773-781.
- Van Lenteren, J. C. and Noldus, L. P. J. J. 1990-** Whitefly-plant Relationship: Behavioral and Biological Aspects. In:"*Whitefly: Their Bionomics, Pest Status and Management*", Gerling, D. (Ed). Intercept, Andover, U. K: 47-89.
- Van Steenis, M. J. and El-khawass, K. A. M. H. 1995-** Life History of *Aphis gossypii* on Cucumber: Influence of Temperature, Host Plant and Parasitism. *Entomol. Exp. Appl.*76: 121-131.
- Vargas R. I., Carey J. R., 1989-** Comparison of demographic parameters for wild and laboratory-adapted Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae).-*Annals Entomological Society of America.* 82: 55-59.
- Vinson S.B., 1981-** Habitat location. In: *Semiochemicals, Their Role in Pest Control*, Nordlung, Jones and Lewis (Eds.). John Wiley 1 Sons, New York: 51-77.
- Vinson S.B., 1984-** How parasitoids locate their hosts: a case of insect espionage. In: *Insect Communication.* Lewis T. (Eds), *Acad. Press*, London:325-348.
- Vinson S.B., Elzen G.W. and Williams H.J., 1987-** The influence of volatile plant allelochemicson the third trophic level (parasitoids) and their herbivorous hosts. In: *Insects Plants.* (Eds.). Dr W. Junk Publishers, *Dordrecht Insects Plants*: 109-114.
- Visser J.H., 1986-** Host odor perception in phytophagous insects. *AnnualReview of Entomology.*31: 121-144.

- Warner R.L., 1988-** Contribution to the biology and the management of the carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) in 'Deglet Noor' date gardens in the Coachella Valley of California. Ph.D. dissertation, Univ. Of California, Riverside. 98 p.
- Wertheimer M., 1958-** Un des principaux parasites du palmier dattier algérien : le Myelois décolore. *Fruits*. 13 (8):109-123.
- Whitman D.W., 1988-** Allelochemical interactions among plants, herbivores, and their predators. In: *Novel Aspects of Insect-Plant Interactions*, (Eds).Barbosa P. and Letourneau D: 11-63.
- Williams H.J.G., Elzen G.W. and Vinson S.B., 1988-** Parasitoid host plant interactions, emphasizing cotton (*Gossypium*). In: *Novel Aspects of Insect-Plant Interactions*, (Eds).Barbosa P. and Letourneau D: 171-200.
- Wilson, F. and Huffaker, C. B., 1976-**The Physiology, Scope and Importance of Biological Control. In: *"Theory and Practice of Biological Control"*, Huffaker, C. H. and Messenger, P. S. (Eds). Academic Press, New York: 3-15.
- Witzgall P., Stelinski L., Gut L., and Thomson D., 2008-** Codling Moth Management and Chemical Ecology. *Annu. Rev. Entomol.* 53: 503-22.
- Xue M, Pang Y, Wang H, Li Q, Liu T., 2010-** Effects of four host plants on biology and food utilization of the cutworm, *Spodoptera Litura*, *Journal of Insect Science* 10 (22): 14p.
- Yousefi M., Halali J., Ghanbari A. A., 2002-** Effect of different temperature on developmental stages of pomegranate neck worm moth *Spectrobates ceratoniae* on laboratory condition, pp. 171-172. In: *Proceedings of the 15th Iranian Plant Protection Congress*, 7-11 September 2002, Razi University of Kernamshah, Iran.
- Zanno P.R., Miura E., Naknishi K. and Elder, D.L., 1975-** Structure of the insect phagorepellent azadirachtin. *J. Amer. Chem. Soc.*, 97:1975-1977.
- Zare D., Sendia J.J., Nodoushanb A.J. and Khosravia R., 2013-** Life table parameters and biological characteristics of *Apomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) on three cultivars of pomegranate. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 8 p.

Résumé

La polyphagie de la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* Zeller, sa large répartition dans l'espace et sur des hôtes variés rendent difficile la mise au point d'une lutte capable de limiter les dégâts de ce ravageur qui menace la production des dattes en Algérie. Le contrôle de ce ravageur requiert la connaissance de sa bioécologie sous l'effet des différents facteurs biotiques et abiotiques. Cette connaissance représentera une donnée fondamentale dans l'interprétation des mécanismes de variation de l'abondance de ce déprédateur.

Nous avons étudié la bioécologie (cycle de développement, reproduction, croissance et comportement alimentaire) de cet insecte en fonction des variétés des dattes les plus cultivées dans la région de Biskra. Nous avons testé des biopesticides (Azadirachtine et *Bacillus thuringiensis*) sur les différents stades larvaires. Sur le terrain, le suivi de la fluctuation du vol des adultes de la pyrale à l'aide des pièges à phéromones nous a permis de constater la présence de trois générations successives et chevauchantes durant l'année. Nous avons pu déterminer l'influence des différents substrats alimentaires sur les paramètres biologiques de la pyrale des dattes. Nous avons aussi, réalisé une série de tests éthologiques (Attractivité) par différents odeurs de dattes sur les différents stades larvaires.

Il semble bien que les dattes de la variété Deglet Nour attirent le plus les larves et assurent le meilleur développement. Les deux molécules testées ont donné des résultats satisfaisants et semblent plus actives sur les stades immatures. Nous avons déterminé différentes concentrations létales et sublétales (CL 50, et CL90). L'azadirachtine semble être la molécule la plus appropriée pour une éventuelle lutte contre ce fléau.

Mots clé : *Ectomyelois ceratoniae*, datte, comportement, Azadirachtine, *Bacillus thuringiensis*, abondance saisonnière.

Abstract

Polyphagia of carob moth *Ectomyelois ceratoniae* Zeller, its wide distribution in space and on various hosts make difficult the adjustment of a control able to limit the damage of this pest which threatens the dates production in Algeria . The control of this pest requires knowledge of the bio-ecology under the effect of various biotic and abiotic factors. This knowledge will represent a fundamental data in mechanisms interpretation of variation in abundance of this pest.

We studied the bio-ecology (development cycle, reproduction, growth and feeding behavior) of this insect according to the most cultivated date varieties in the region of Biskra. We tested biopesticides (Azadirachtin and *Bacillus thuringiensis*) on different larval stages. On the field, monitoring the fluctuation of adult flight borer using pheromone traps allowed to us to notice the presence of three successive and overlapping generations during the year. We have determined the influence of different food substrates on biological parameters of borer dates. We have also conducted a series of ethological tests (attractiveness) by different dates odors on different larval stages.

It seems that the dates of Deglet Nour attract more larvae and ensure better development. Both molecules tested have given satisfactory results and appear more active in immature stages. We have identified various lethal and sub-lethal concentrations (LC 50 and LC90). Azadirachtin seems to be the most suitable molecule for a possible fight against this scourge.

Keywords: *Ectomyelois ceratoniae*, date, behavior, Azadirachtin, *Bacillus thuringiensis*, seasonal abundance.

ملخص

تعرف حشرة *Ectomyelois ceratoniae* فراشة التمر بانتشارها الواسع وكثرة عوائلها النباتية من ما يجعل القضاء عليها والحد من أضرارها عملية ليست هينة للمحافظة على إنتاج التمر في الجزائر. السيطرة على هذه الآفة واحتواء أضرارها يتطلب معرفة تأثير مختلف العوامل البيئية واللابيئية على بيولوجيا هذه الحشرة وتطورها.

تم في هذا البحث دراسة بيولوجيا هذه الحشرة من خلال دورة حياتها ، تكاثرها، تطورها وسلوكها الغذائي بالنظر إلى أصناف التمر الأكثر زراعة في منطقة بسكرة . كما تم دراسة تأثير مبيدات بيولوجية (*Azadirachtine, Bacillusthuringensis*) على مختلف أطوارها اليرقية . كما تمت معاينة تطور الحشرة ميدانيا من خلال طيران الطور البالغ من هذه الحشرة باستخدام المصائد الفرمونية حيث بينت وجود ثلاثة أجيال متعاقبة ومتداخلة خلال السنة . كما تم معاينة تأثير مختلف أصناف التمر على بعض القياسات البيولوجية للحشرة . كما قمنا بدراسة سلوكية (الجذب) لمختلف رواج التمر المدروسة على كل الأطوار اليرقية.

بيننا في هذه الدراسة أن ثمار (تمر) دقلة نور لها تأثير خاص على اليرقات من الناحية السلوكية والتطورية. أبدت المبيدات المستعملة نتائج جيدة على الأطوار الغير بالغة وتم تحديد كل الجرعات الفعالة لهذين المبيدين ويبدو أن *Azadirachtine* هو الأنجع في الحد من إنتشار هذا الوباء.

كلمات المفتاحية:

تمر، السلوك، التكاثر الموسمي، *Azadirachtine*، *Ectomyelois ceratoniae*، *Bacillus thuringensis*