



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE
ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE EL-HADJ LAKHDAR –BATNA-

INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE



MEMOIRE

Pour obtenir le diplôme de

MAGISTER

Filière

Sciences agronomiques

Spécialité

Protection des végétaux

Option

Entomologie Agricole et Forestière

Présenté par :

M^{lle} MERADI Rahma

SUJET

**Utilisation des sucres et virus de la granulose pour la lutte contre le carpocapse
(*Cydia pomonella* L.) (Lepidoptera, Tortricidae) en verger de pommier situé dans la
région de Lambiridi (Wilaya de Batna)**

JURY

Président : M. LAAMARI M.
Rapporteur : M^{me}. LOMBARKIA N.
Examineur : M^f. BOUNECHADA M.
Examineur : M^f. BERTELLA N.

Grade et Université

Prof (Université de Batna)
M.C.A (Université de Batna)
Prof (Université de Sétif)
M.C.A (Université de Batna)

Année universitaire : 2014/2015

Dédicace

A la mémoire de mon cher Frangin.

A ma Mère.

A mon Père.

A mon Fiancé.

A tous les membres de ma grande Famille.

A tous ceux qui aiment la nature et la science.

Je dédie ce modeste travail.

Rahma

Remerciements

A l'issue de ce travail, je tiens à remercier avant tout « Dieu », tout puissant de m'avoir guidé toutes ces années me permettant la réalisation de ce mémoire, en me donnant la volonté, la patience, la force et le courage.

En tout premier lieu, j'aimerais exprimer ma profonde reconnaissance et mes remerciements les plus sincères à mon directeur de mémoire, Dr. Bouti-Lombarkia Nadia pour son encadrement attentif, son enthousiasme pour m'avoir fait découvrir le travail de terrain et pour les précieuses corrections apportées à ce manuscrit. Grâce à son appui moral, sa disponibilité exceptionnelle, ses qualités humaines et scientifiques, j'ai pu acquérir les connaissances indispensables pour réaliser des recherches avec rigueur dans les années à venir. Je te remercie pour les années où nous avons travaillé ensemble et pour tout ce que j'ai appris à tes côtés.

Je remercie également, Monsieur Laamari Malik, Professeur au département d'Agronomie de l'université de Batna d'avoir accepté de présider le jury, qu'il me soit permis de lui exprimer ma profonde gratitude pour m'avoir conseillée et orientée avec beaucoup de patience, chaque fois que cela était nécessaire et c'est un honneur pour moi qu'il juge ce travail.

Je voudrais également remercier, les membres du Jury, Monsieur Bounechada Mustapha, Professeur de l'université de Sétif, Monsieur Bertella Nabil, Maître de conférences de l'université de Batna pour avoir accepté de prendre le temps de lire et d'évaluer ce travail malgré leurs nombreuses autres obligations.

Toute ma gratitude va à l'ensemble du personnel du département d'Agronomie de l'université de Batna (enseignants, techniciens,...), à savoir : M. BENSACI, M. SAHRAOUI, M^{me}. KHELFA, M^{me}. BOURAKOUCHE, M^{lle}. BOULELOUAH.... pour leurs aide et conseils avisés.

Je dis un grand merci pour le propriétaire du verger d'étude de Limbiridi M. BEN-FLIS pour son accueil et de m'avoir accordé la liberté d'accéder à tout moment au verger.

Plus particulièrement, merci de tout mon cœur à ma sœur et ma camarade Hayat qui était toujours là pour m'aider à passer les moments difficiles que j'ai vécu dans la réalisation de ce travail.

Mes plus profonds remerciements vont à mon fiancé, mon soutien psychique, qui a vécu avec ardeur toutes les étapes de la réalisation de ce mémoire.

Ce travail n'aurait pas été mené sans les concessions, les encouragements et surtout le soutien permanent de ma Mère, de mes sœurs et de mes frères auxquels je dis un grand merci.

Enfin, je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Liste des tableaux

Tableau 1 :	Importance de la culture du pommier par zone de production (F.A.O., 2013).....	06
Tableau 2 :	Evolution de la culture de pommier dans la wilaya de Batna (2003-2013) (D.S.A., 2013).....	07
Tableau 3 :	Evolution de la culture de pommier (arrachage et plantation) dans la wilaya de Batna (2003-2013) (D.S.A., 2013).....	08
Tableau 4 :	Déroulement des vols du carpocapse dans la région de Batna (S.R.P.V. d'Ain-touta, 2013).....	14
Tableau 5 :	Températures mensuelles moyennes (C°) enregistrées durant la campagne 2013/2014 et durant la décennie 2003/2012.....	35
Tableau 6 :	Précipitations moyennes mensuelles (mm) durant lacampagne 2013/2014 et durant la décennie 2003/2012.....	36
Tableau 7 :	Humidité relative mensuelle moyenne (%) durant la campagne 2013/2014 et durant la décennie 2003/2012.....	37
Tableau 8 :	Vent mensuel moyen (m/s) durant lacampagne 2013/2014 et durant la décennie 2003/2012.....	38
Tableau 9 :	Températures (C°) et précipitations (mm) durant la campagne 2013/2014 et durant la décennie 2003/2012.....	39
Tableau 10:	Calendrier des relevés des mâles dans le piège à phéromones.....	49
Tableau 11:	Plan expérimental de l'essai.....	51
Tableau 12:	Modalités testées et doses appliquées.....	51
Tableau13:	Calendrier des traitements réalisés.....	53

Listes des figures

Figure 1 :	Évolution de la culture de pommier dans la wilaya de Batna (2003-2013) (D.S.A., 2013).....	07
Figure 2:	Évolution de la culture de pommier dans les communes de la daïra de Batna (2013) (D.S.A., 2013).....	08
Figure 3 :	Cycle biologique de carpocapse à deux générations (Limousin, 2010).....	12
Figure 4 :	Aspects de dégâts du carpocapse sur fruits, A) Dégâts stoppés (Jones <i>et al.</i> , 2004) ; B) Dégâts actifs (Charmillot & Höhn, 2004) ; C) dégâts cicatrisés (Gauthier, 2009).....	13
Figure 5 :	Structure de la cuticule des plantes (Jeffree, 1996).	20
Figure 6 :	Structure d'une sensille gustative (Amrein & Thorne, 2005).....	21
Figure 7 :	Structure d'une sensille olfactive (Amrein & Thorne, 2005).....	21
Figure 8 :	Représentation schématique des nucléopolyhédrovirus et granulovirus de la tordeuse de bourgeon d'épinette (Basil, 2003).....	31
Figure 09 :	Diagramme de cycle d'infection du Baculovirus (Basil, 2003).....	31
Figure 10 :	Situation et limites de la wilaya de Batna et de la région d'étude (D.S.A., 2013).....	34
Figure 11 :	Diagramme Ombrothermique de Gaussen et Bagnouls de la région de Batna durant la période allant de 2013 à 2014.....	39
Figure 12 :	Situation de la région de Batna dans le climagramme d'Emberger.....	41
Figure13 :	Plan du verger d'étude (Google Earth, 2014).....	43
Figure 14 :	Fruits de la variété Starkrimson (Photo personnelle).....	44
Figure 15 :	Pulvérisateur à dos de 16 litres (Photo personnelle).....	46
Figure 16 :	Piège à phéromones installé dans la parcelle d'étude (Photo personnelle).....	47
Figure 17 :	Marquage des arbres à l'aide des rubans colorés (Photo personnelle).....	48
Figure 18 :	Larves récupérées des bandes-pièges, A : Bande piège, B : Larves à l'intérieure du carton ondulé, C : Larves dans les boites plastiques (Photos personnelles).....	50
Figure 19:	Différents aspects de dégâts actifs, A : profonde entrée de la larve, B :	

	Dégât actif avec spirale rouge, C : Larve à l'intérieure de fruit, D : Accumulation d'excréments sur la surface de la pomme suite aux multiples entrées de la larve dans le fruit (Photos personnelles).....	54
Figure 20:	Coupes transversales des pommes de Starkrimson montrant les dégâts actifs et stoppés (Photo personnelle).....	55
Figure 21:	Dégâts cicatrisés sur un fruit de Starkrimson (A et B) (Photos personnelles).....	55
Figure 22:	Activité de vol de <i>Cydia pomonella</i> dans le verger d'étude.....	57
Figure 23:	Pourcentage de fruits attaqués par arbre à la récolte.....	60
Figure 24:	Efficacités des traitements Abbott (fruits attaqués par arbre à la récolte).....	60
Figure 25:	Pourcentage de fruits attaqués et tombés au sol.....	62
Figure 26:	Efficacité des traitements Abbott (fruits attaqués et tombés au sol).....	62
Figure 27:	Attaques larvaires cicatrisées, stoppées et actives sur les fruits de Starkrimson à la récolte.....	66
Figure 28:	Attaques larvaires cicatrisées, stoppées et actives sur les fruits de Starkrimson tombés au sol.....	66
Figure 29:	Pourcentage de pommes tombées en fonction des modalités.....	68
Figure 30:	Nombre de larves mâles, femelles et chrysalides dans les bandes pièges.....	71
Figure 31:	Effet des traitements sur les larves diapausantes et chrysalides en fonction des modalités.....	71

Liste des annexes

- Annexe 1** : Stades phénologiques de pommier d'après Fleckinger
- Annexe 2** : Calendrier de captures des mâles de carpocapse en fonction de temps
- Annexe 3** : Pourcentage de fruits attaqués par arbre à la récolte (moyennes \pm e.s.).
- Annexe 4** : Efficacité des traitements Abbott (moyennes \pm e.s.).
- Annexe 5** : Pourcentage de fruits attaqués et tombés au sol (moyennes \pm e.s.).
- Annexe 6** : Efficacité des traitements Abbott (fruits tombés au sol) (moyennes \pm e.s.).
- Annexe 7** : Pourcentage d'attaques cicatrisées par arbre à la récolte (moyennes \pm e.s.).
- Annexe 8** : Pourcentage d'attaques stoppées par arbre à la récolte (moyennes \pm e.s.).
- Annexe 9** : Pourcentage d'attaques actives par arbre à la récolte (moyennes \pm e.s.).
- Annexe 10** : Pourcentage de fruits tombés (moyennes \pm e.s.).
- Annexe 11** : Nombre de larves diapausantes (larves mâles et larves femelles) et chrysalides (moyennes \pm e.s.).
- Annexe 12** : Nombre de larves diapausantes (larves mâles) (moyennes \pm e.s.).
- Annexe 13** : Nombre de larves diapausantes (larves femelles) (moyennes \pm e.s.).
- Annexe 14** : Nombre de chrysalides (moyennes \pm e.s.).

Sommaire

Liste des tableaux	
Liste des figures	
Listes des annexes	
Introduction générale	1
Première chapitre : Etude bibliographique	
I-Aperçu générale sur le pommier (<i>Malus domestica</i> Borkh.)	
I-1-Origine et répartition géographique du genre <i>Malus</i>	4
I-2-Position systématique.....	4
I-3-Données économiques sur le pommier.....	4
I-5-Les principaux ennemis et maladies du pommier.....	9
I-6-Autres ravageurs et maladies de pommier en Algérie.....	9
II-Cydia pomonella L., un ravageur clé des vergers de pommiers	
II-1-Origine et aire de répartition.....	10
II-2-Position systématique	10
II-3-Plantes hôtes.....	10
II-4- Cycle biologique.....	11
II-5-Dégâts occasionnés par <i>C. pomonella</i>	13
II-6-Nombre de générations de carpocapse en Algérie.....	14
III-Sélection de la plante-hôte par les insectes phytophages	
III-1- Séquence comportementale aboutissant à la ponte.....	15
III-2-Signaux de reconnaissance du site de ponte par contact.....	16
III-3-Rôles des métabolites primaires dans la sélection de la plante-hôte par l'insecte phytophage.....	19
III-4-Aperçu sur l'ultrastructure de la cuticule d'une plante.....	20
III-5-Détection sensorielle chez les insectes phytophages.....	21
IV-Gestion phytosanitaire et protection du pommier contre <i>C. pomonella</i>	
IV-1-Méthodes de surveillance de carpocapse	22
IV-2-La lutte physique	22
IV-3-La lutte chimique.....	23
IV-4-La lutte biologique.....	23

IV-5-La lutte biotechnique.....	25
IV-6-La lutte contre le carpocapse en Algérie.....	26
IV-7-Les inconvénients des méthodes de lutte actuelles.....	27
V-Stratégies de lutte alternative anti-carpocapse	
V-1-La lutte par modification des métabolites de la surface.....	28
V-2-La lutte par l'utilisation des virus.....	29
Deuxième chapitre : Présentation de la région d'étude	
I- Situation géographique.....	33
I-1- Aperçu générale sur la wilaya de Batna.....	33
I-2- Aperçu sur la commune d'Oued Chaâba.....	33
II- Caractéristiques climatiques.....	35
II-1-La température.....	35
II-2-La pluviométrie.....	36
II-3-L'humidité relative.....	37
II-4-Les vents.....	37
II-5-Synthèse climatique.....	38
III - Présentation du verger d'étude.....	42
III-1- Composition.....	42
III-2- Présentation de la parcelle d'étude.....	42
III-3- Techniques culturales appliquées.....	42
Troisième chapitre : Matériels et méthodes	
I- Matériels expérimental.....	44
I-1-Matériel végétal.....	44
I-2-Type et dose des sucres.....	45
I-3-Insecticide biologique.....	45
I-4-Matériel de pulvérisation.....	45
I-5-Matériel de piégeage.....	46
II-Méthode.....	48
II-1-Marquage des arbres.....	48
II-2-Observations préalables.....	49
II-3-Fixation des bandes-pièges.....	49
II-4-Dispositif expérimental.....	51
II-5-Réalisation des traitements.....	52

II-6-Observations principales.....	53
III-Analyses statistiques.....	56
Quatrième chapitre : Résultats et Discussion	
I-Résultats.....	57
I-1-Activité de Vol de <i>C. pomonella</i>	57
I-2-Dégâts larvaires sur fruits à la récolte.....	58
I-3-Efficacité des traitements Abbott.....	58
I-4-Pourcentage de fruits attaqués et tombés au sol.....	61
I-5-Efficacité des traitements Abbott.....	61
I-6-Attaques larvaires cicatrisées, stoppées et actives sur les fruits à la récolte.....	63
I-7-Attaques larvaires cicatrisées, stoppées et actives sur les fruits attaqués et tombés au sol.....	64
I-8-Pourcentage de pommes tombées.....	67
I-9- Nombre des larves mâles, femelles et chrysalides dans les bandes pièges.....	69
I-10- Effet des traitements sur les larves diapausantes et chrysalides en fonction des modalités.....	69
II-Discussion.....	72
Conclusion générale et perspectives.....	83
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumé	

Introduction générale

La pomiculture algérienne occupe une superficie d'environ 47 000 ha et fournit une production moyenne de 397.529 tonnes. Ce secteur fournit un rendement moyen situé à 97,29 Qx/ ha (**F. A. O., 2013**). Si nous considérons les productions de pommes en Algérie, nous constatons qu'elles sont encore loin d'atteindre les normes européennes enregistrées qui sont de l'ordre de 30 à 50 T/ha (**Chaouia et al., 2003**). Cette faiblesse des rendements peut être attribuée à plusieurs facteurs d'ordre climatique, culturelles et surtout par l'impact des bio-agresseurs spécialistes du pommier, mal contrôlés au niveau du pays (**Frah, 2009**).

Parmi ces bio-agresseurs, le carpocapse *Cydia pomonella* (L.) est considéré comme le ravageur clé et l'ennemi numéro un des régions pomicoles algériennes. Toutes les zones productrices à Batna (Arris, Ain touta, Foum El-toube, Tazoult,...) sont infestées par *C. pomonella* (**D.S.A., 2013**). Les études effectuées dans la région des Aurès à partir de l'année 2009 ont conclu que les dégâts engendrés par *C. pomonella* sur pommier dépassent un taux de 30% (**Benhassir , 2009 ; Haggoune, 2010 ; Djebabra, 2011 ; Brahim et al., 2014 ; Guerfi, 2014**).

La pomiculture est la culture qui reçoit le plus de traitements chimiques (**Lucas, 1993**). Suite à l'utilisation abusive et exclusive des insecticides, un phénomène de résistance acquise s'est développé chez les ravageurs et maladies (**Georghiou & Mellon, 1983 ; Poirié & Pasteur, 1991**), tels que le diflubenzuron, les pyréthrinoïdes et les organophosphorés (**Sauphanor et al., 2000**). Ces résistances omniprésentes représentent un frein majeur à la pérennité du contrôle des populations de ce ravageur (**Boivin & Sauphanor, 2007**). Les techniques culturales appliquant les cahiers des charges de la lutte intégrée, d'abord marginales se sont implantées dans de nombreux pays pour finalement faire place aux concepts de la production intégrée (**Lateur, 2002**). Par ailleurs, la demande de produits issus de l'agriculture biologique ne cesse de progresser (**Willeboer, 2001**).

Dans le contexte actuel de pression croissante sur l'industrie pomicole pour diminuer l'utilisation des pesticides de synthèse tout en maintenant la qualité des pommes, il devient primordial d'optimiser la gestion des ravageurs et des maladies du verger dans une optique de développement durable, diverses méthodes peuvent être utilisées conjointement (**Flint & Van den Bosch, 1981 ; Morel et al., 2013**). L'industrie phytopharmaceutique porte de plus en plus d'attention à des produits dont l'image est plus proche de la nature des molécules d'origine naturelle, des bio-pesticides et des produits éliciteurs de résistances systémiques induites (**Crombie, 1999 ; Isman, 2000**). Des mesures d'urgence visant au développement des pratiques de contrôle moins intrusives impliquant une stratégie non chimique et durable (**Kutinkova 2010 ; 2012**).

Une alternative aux méthodes classiques de contrôle est les produits basés sur les Baculovirus, ces contrôles sont plus sécuritaires pour l'environnement et la santé humaine et plus compatibles aux autres méthodes de contrôle contrairement aux produits chimiques (**Basil, 2003 ; Gnepe, 2011**).

Le virus de la granulose (CpGV) est un moyen de lutte efficace et sélectif qui infecte uniquement les chenilles du carpocapse (**Charmillot & Pasquier, 2003 ; Sauphanor et al., 2006**). Il est inoffensif pour les organismes non ciblés, incluant, les oiseaux et les mammifères (**Glen et al., 1984 ; Benoit et al., 2009**). Les bio-pesticides à base de CpGV sont utilisés dans plusieurs pays du monde et ils ont plusieurs noms commerciaux : Carpovirusine[®], Granupom[®], Virin-CyAP[®], Cyd-X[®], VirossoftCP4[®] et Madex[®] (**Arthurs & Lacey, 2004**). On estime que ces produits sont appliqués sur 2 à 3 millions d'hectares dans le monde (**Aisser-Kaiser et al., 2007**).

Plusieurs travaux ont montré que l'application du virus de la granulose permet une diminution significative de la population de carpocapse de la pomme, ainsi que des dommages à la récolte (**Jaques et al., 1994 ; Charmillot & Pasquier, 2002 ; Kienzle et al., 2003 ; Lombarkia et al., 2005 ; Provost et al., 2006 ; Zingg, 2007 ; Kutinkova et al., 2010 ; 2012**). À l'échelle nationale seulement deux essais ont été réalisés par **Brahim et al., (2014)** et **Guerfi (2014)**.

L'utilisation des infochimiques pour manipuler le comportement des insectes est l'une des composantes les plus utiles des programmes de lutte intégrée contre les insectes nuisibles (**Bjostad et al., 1993**). Les mécanismes de reconnaissance de la plante par l'insecte impliquent l'olfaction, le goût, la vision et les organes mécanorécepteurs (**Rat-Morris, 2010**). Des méthodes visant l'activation du phénomène d'induction de la résistance systémique d'une plante comme alternative potentielle, qui se traduit par une augmentation de sa capacité à se défendre contre les bio-agresseurs (**Lateur, 2002**). Des composés hydro-solubles et certaines molécules présentes dans la plante, peuvent traverser la cuticule, et se retrouver à la surface de la plante constituent des signaux perçus par l'insecte par contact influençant alors son comportement de sélection de la plante-hôte pour pondre (**Derridj et al., 2011**).

Dans les vergers de pommiers du monde, des exemples de pulvérisations des sucres pour lutter contre le carpocapse ont été mises en place et ont donné des résultats encourageants (**Ferré, 2008 ; Ferré et al., 2008 ; Derridj, 2009 ; Derridj et al., 2011 ; Arnault et al., 2012**). Mais, le nombre des travaux dans ce domaine reste relativement faible aussi bien à l'échelle mondiale qu'à l'échelle nationale, ce qui constitue le caractère original de notre travail.

Introduction générale

La présente étude a pour objectif d'évaluer les perspectives offertes par la pulvérisation des sucres seuls (saccharose 100 ppm, fructose 100 ppm), substances qui présentent la propriété d'induire chez le pommier des réactions de résistance systémique, virus de la granulose (Madex[®] dose complète 100 ml/ha ou 10 ml/hl d'eau) seul ou virus de la granulose associé à l'un des deux sucres vis à vis de *C. pomonella* dans un verger de pommier (variété Starkrimson) situé à Limbiridi « Commune Oued-Chaâba ».

Le présent mémoire est scindé en 4 chapitres :

- ✓ Le premier chapitre initié par une synthèse bibliographique où nous apportons un abrégé sur la plante hôte: le pommier *Malus domestica* (Borkh.); *Cydia pomonella* (L.), un ravageur clé des vergers de pommiers, la sélection de la plante-hôte par les insectes phytophages, la gestion phytosanitaire et protection du pommier contre *C. pomonella* et enfin la stratégie de lutte alternative anti-carpocapse.
 - ✓ le deuxième élucide la présentation de la région d'étude ainsi que les principales caractéristiques de la région et du verger d'étude.
 - ✓ le troisième illustre le matériel et la méthodologie utilisée pour la réalisation de ces essais.
 - ✓ le quatrième traite l'interprétation des différents résultats issus de cette étude.
- Enfin, nous terminons la présente étude par une conclusion générale assortie des perspectives.

Premier chapitre

Etude bibliographique

I- Aperçu générale sur le pommier (*Malus domestica* Borkh.)

I-1 - Origine et répartition géographique du genre *Malus*

Le pommier est l'arbre fruitier le plus anciennement cultivé en Europe et dans le monde en zones tempérées (**Bretonneau, 1978 ; Chouinard et al., 2000**). Les espèces du genre *Malus* se rencontrent des Balkans en Europe, à la Chine et au Japon, en Asie, en passant par le Caucase, le Turkestan, les montagnes de l'Altaï et la Sibérie. Aussi quelques espèces sont originaires du continent nord américain (**Lespinasse, 1992**).

I-2- Position systématique

Selon **Lafaon et al., (1996)**, le pommier est classé comme suit:

Embranchement : Spermaphytes

Sous Embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous Classe : Dialypétales

Ordre : Rosales

Famille : Rosacées

Sous Famille : Maloïdeae

Genre : *Malus*

Espèce : *Malus domestica* (Borkh.)

: *Malus pumila* (Lamarck)

: *Malus communis* (Mill)

I-3- Données économiques sur le pommier

Selon les estimations de la **F.A.O. (2013)**, la production mondiale de la pomme est en accroissement (**Tableau 01**). La Chine est devenue le premier producteur de pommes avec environ 37 millions de tonnes exportées (**F.A.O., 2013**).

Dans les pays de Maghreb, le secteur pomicole marocain a nettement évolué suite à l'augmentation des surfaces, la production a atteint 485642 tonnes et un rendement de 153,436 T/ ha (**F.A.O., 2013**).

L'Algérie, connaît une hausse intéressante de la production durant cette dernière décennie, de même, la superficie a triplée et la production est arrivée à 397529 tonnes en 2013, soit un rendement moyen d 97.29 Qx/ ha(**F.A.O., 2013**).

Mais, si nous considérons les productions de pommes en Algérie, nous constatons qu'elles sont encore loin d'atteindre celles enregistrées dans les pays développés. Cette faiblesse des rendements peut être attribué à plusieurs facteurs dont : la non assimilation des techniques modernes à l'arboriculture par les agriculteurs algériens, la méconnaissance des techniques de production appliquées (entretien du sol, traitements phytosanitaires...).

La wilaya de Batna est l'une des principales zones productrices de la région des Aurès dont elle occupe la troisième place au niveau national après les wilayas de Média et Ain Defla, avec une superficie de 3500 ha et une production de 700000 Qx (**D.S.A, 2013**)(**Figure 01**).Le pommier occupe la deuxième place après l'abricotier (4500 ha en 2013) suivi du poirier puis du pêcher, et enfin du prunier (**Tableau 02**).L'analyse de la **Figure 02**, montre que la commune d'Oued-Chaâba est la plus productrice avec une production de 9600 Qx par rapport aux deux autres communes (Fesdis et Batna) qui ont une production similaire de l'ordre de 1950 Qx.

Un grand effort a été fourni par l'arrachage des plants malades et âgés et l'augmentation des superficies implantées au niveau de la wilaya de Batna pour développer la culture de pommier (**Tableau 03**). En effet, les superficies de pommier sont passées de 2720 ha en 2003 jusqu'à 3500 ha en 2013. Nous signalons toutefois que les rendements et la production restent irrégulières, faibles et fluctuent d'une année à l'autre ce qui peut être expliqué partiellement par l'impact des ravageurs spécialistes du pommier, mal contrôlés au niveau de la wilaya à cause de plusieurs causes parmi elle, surgit l'utilisation non raisonnée des pesticides.

Tableau 01 : Importance de la culture du pommier par zone de production (F.A.O., 2013).

Zone de production		Superficie (Ha)	Production (T)	Rendement (T/Ha)
Afrique	Algérie	40,858.00	397,529.00	97,295.27
	Maroc	31,651.00	485,642.00	153,436.54
	Egypte	21,145.00	541,239.00	255,965.48
	Tunisie	23,500.00	111,000.00	47,234.04
Asie	Chine	2, 060,000	37, 000,000.	179,611.65
	Japon	37,400.00	793,800.00	212,245.99
	Inde	321,900.00	2, 203,400	68,449.83
	Iran	134,000.00	1, 700,000	126,865.67
	Ukraine	105,500.00	1126,800	106,805.69
	Russie	183,300.00	1, 403,000	76,541.19
Europe	Pologne	194,680.00	2877,336	147,798.23
	France	41,051.00	1, 382,901	336,873.89
	Italie	54,684.00	1, 991,312	364,148.93
	Roumanie	55,366.00	462,935.00	83,613.59
	Espagne	31,200.00	558,900.00	179,134.62
	Autriche	6,051.00	471,420.00	779,077.84
	Turquie	150,847.00	2, 889,000	191,518.56
Amérique	Canada	15,489.00	269,837.00	174,212.02
	Chili	36,500.00	1, 625,000	445,205.48
	Brésil	38,457.00	1, 335,478	347,265.26
	USA	132,656.00	4, 110,046	309,827.37

Tableau 02 : Evolution de la culture de pommier dans la wilaya de Batna(2003-2013)
(D.S.A., 2013).

Espèce Cultivée	Superficie totale (ha)		Superficie en rapport (ha)		Production (Qx)		Rendement (Qx/ha)	
	2011/2012	2012/2013	2011/2012	2012/2013	2011/2012	2012/2013	2011/2012	2012/2013
Abricotier	4500	4500	4169	4500	550308	718235	132	160
Pommier	3500	3500	3388	3500	680070	700000	201	200
Poirier	485	485	470	485	31960	32969	68	70
Pécher	248	248	230	248	9430	12890	41	52
Prunier	224	224	223	224	8920	750	40	25

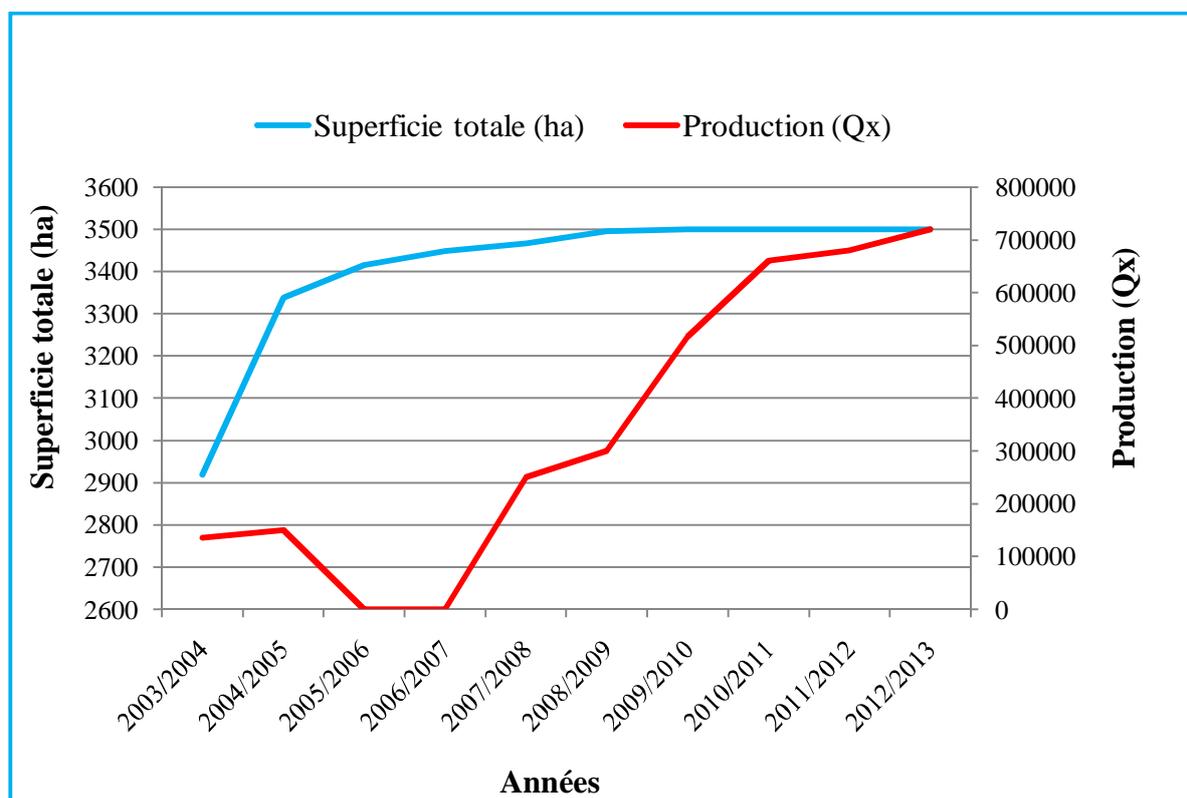


Figure 01 : Évolution de la culture de pommier dans la wilaya de Batna (2003-2013) (D.S.A., 2013).

Tableau 03 : Evolution de la culture de pommier (arrachage et plantation) dans la wilaya de Batna (2003-2013) (D.S.A., 2013).

Années	Superficie totale (ha)	Superficie en rapport (ha)	Plantation	Arrachage	Entrée en production
2002/2003	2720	1160	539	0	95
2003/2004	2919	1344	199	0	250
2004/2005	3338	1417	419	0	250
2005/2006	3416	2186	78	0	350
2006/2007	3449	2299	33	41	186
2007/2008	3466	2553	17	0	935
2008/2009	3496	3010	30	24	539
2009/2010	3500	3189	4	0	199
2010/2011	3500	3310	0	0	419
2011/2012	3500	3388	3	0	78
2012/2013	3500	3500	2	0	70

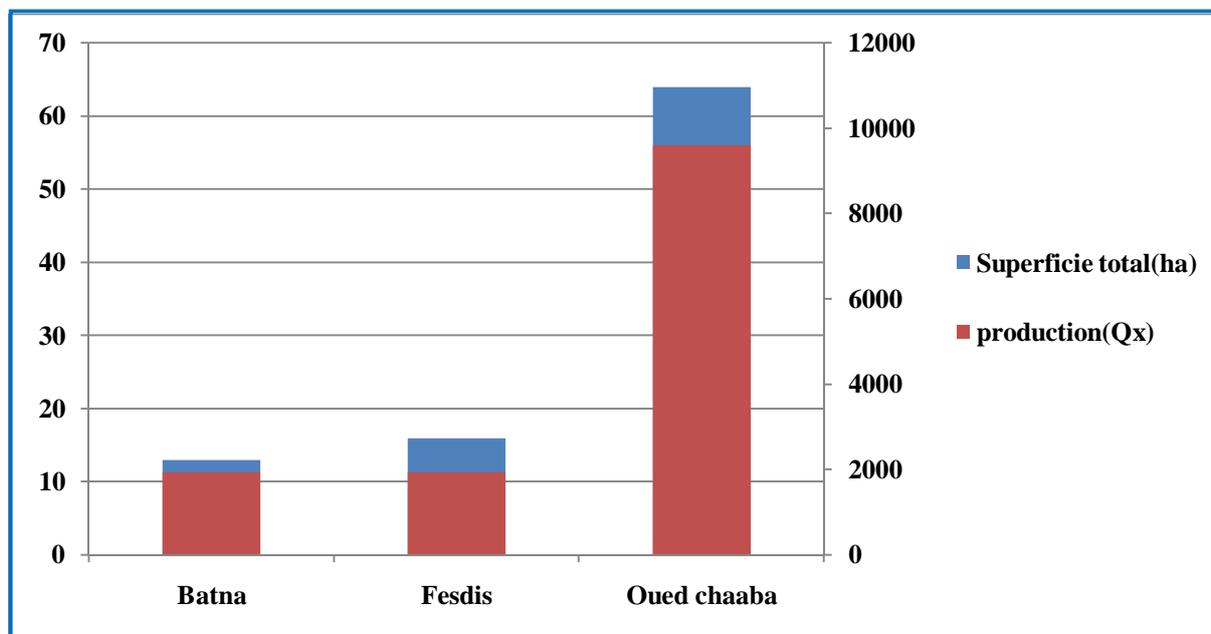


Figure 02 : Évolution de la culture de pommier dans les communes de la daïra de Batna (2003-2013) (D.S.A., 2013).

I-4- Les principaux ennemis et maladies du pommier

Le pommier est sujet à plusieurs attaques de maladies et ravageurs qui occasionnent des dégâts importants (**Blommers, 1994**). Les plus fréquentes sont celles de la tavelure *Venturia inaequalis* (Cooke.), de l'oïdium *Podosphaera leucotricha* (Salmon.), de puceron cendré *Eriosoma lanigerum* (Hausm.), du carpocapse *Cydia pomonella* (L.), de cochenille, pou de San José *Quadraspidiotus perniciosus* (Comstock.) et des acariens rouge *Panonychus ulmi*(Koch) et jaunes *Tetranychus urticae* (Koch.)(**Janick & Moore, 1996 ; Ohlendorf, 1999**).

I-5- Autres ravageurs et maladies de pommier en Algérie

Les principaux ravageurs et maladies du pommier signalés en Algérie sont : *Panonychus ulmi* (Koch) (l'acarien rouge) et *Tetranychus urticae* (Koch) (l'acarien jaune), *Dysaphis plantaginea* (Börner) (puceron cendré) et *Eriosoma lanigerum* (Hausm.) (puceron lanigère) ; *Quadraspidiotus perniciosus* (Comstock.)(pou de San José), *Cydia. Pomonella* (L.)(carpocapse des pommes et des poires) ; *Ceratitis capitata* (Wiedemann.)(mouche méditerranéenne des fruits).

La wilaya de Batna est caractérisée par la présence de certains ravageurs, parmi eux les organismes de quarantaines qui ont une importance économique et nécessitent un encadrement phytosanitaire: le pou de San José (*Quadraspidiotus perniciosus*) (Comstock.) et le feu bactérien (*Erwinia amylovora*) (Winslow *et al.*). Concernant le carpocapse *C. pomonella* (L.), c'est un ravageur clé et permanent des régions pomicoles au niveau de la wilaya et cause des dégâts énormes aux cultures de pommier (**D.S.A., 2013**).

II- *Cydia pomonella*(L.), un ravageur clé des vergers de pommiers

II-1 - Origine et aire de répartition

D'après **Balachowsky & Mesnil(1935)** ; **Coutin(1960)**, le carpocapse est originaire de la région euro-sibérienne. Bien que son expansion en Afrique, en Amérique du sud, Amérique du nord, en Asie, en Europe, en Océanie et en Australie. Il est présent pratiquement dans toutes les régions de la culture de pommier et de poirier (**Hmimina, 2007**).

II-2 - Position systématique

Selon **Coutin (1960)** ; **Balachowsky (1966)** ; **Pajačet al., (2011)** ; cet insecte appartient au :

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Classe : Insecta

Sous classe : Pterygota

Super-ordre : Endopterygota

Ordre : lepidoptera

Sous ordre : Microlepidoptera

Famille : Tortricidae

Sous famille : Olethreutinae

Tribu : Laspeyresiini

Genre : *Cydia*

Espèce : *Cydia Pomonella*

Nom binominal : *Cydia pomonella* (**Linné, 1758**)

II-3 – Plantes-hôtes

Selon **Balachowsky & Mesnil (1935)**, le carpocapse est un insecte polyphage, la chenille est susceptible d'évoluer dans des fruits très différents.

Les espèces hôtes sont principalement le pommier, le poirier, le cognassier et le noyer sont très couramment attaquées (**Audemard, 1991**). Le carpocapse vit secondairement au dépend des fruits amygdalées et par même dans les pêches, les prunes, les abricots et les

amandes. Un habitat accidentel pour le carpocapse pour divers fruits notamment les nêfles du Japon, les cerises et les oranges (**Balachowsky & Mesnil ; 1935 ; Coutin, 1960**).

II-4- Cycle biologique

II-4-1- Hibernation et éclosion de la génération hivernante

Cette tordeuse hiverne plus de six mois à l'état de larve de dernier stade (cinquième stade) dans des cocons particuliers (hibernaculum) que les chenilles tissent sous des abris variés, mais principalement sous les écorces (**Welter, 2006**).

Les papillons des générations hivernantes commencent à émerger et les chenilles issues de ces papillons se chrysalident en avril environ une semaine après la nouaison du pommier. Le vol des adultes débute à la fin du mois de mai et se poursuit durant le mois de juin et de juillet (**Welty, 1992**). Les papillons ne sont actifs que le soir, le jour ils se tiennent abrités à l'ombre des feuilles ou du tronc et restent complètement immobile (**Balachowsky & Mesnil, 1935 ; Robert & Hagley, 1986**).

II-4-2- Ponte

Après être accouplés, la ponte débute quelques jours après. L'œuf de papillon de première génération est déposé sur les feuilles, sur les tiges tendres, les pousses ou sur les pétioles (**Caprile & Vossen, 2005**). Par contre, les générations tardives lorsqu'elles existent pondent de préférence sur les fruits (**Coutin, 1960**).

II-4-3- Stades larvaires

Les jeunes larves éclosent et gagnent les jeunes fruits, elles s'enfoncent directement pour se loger dans la région péricarpellaire et autour des pépins (**Balachowsky & Mesnil, 1935**). Au cours de leur évolution, elles peuvent changer de fruit et contaminer successivement 2 à 3 pommes (**Balachowsky & Mesnil, 1935**). De même la chenille peut mordiller superficiellement le fruit sans pénétrer à l'intérieure. Arrivé au terme de leurs croissance, les chenilles les abandonnent et vont se transformer dans un abri quelconque, soit une intersection de la branche ou les fissures des écorces (**Hull et al., 1995**).

Selon **Caprile & Vossen (2005)**, le nombre de génération de carpocapse varie de 1 à 4 selon le climat, l'année et dans certains cas, la plante-hôte (**Figure 03**).

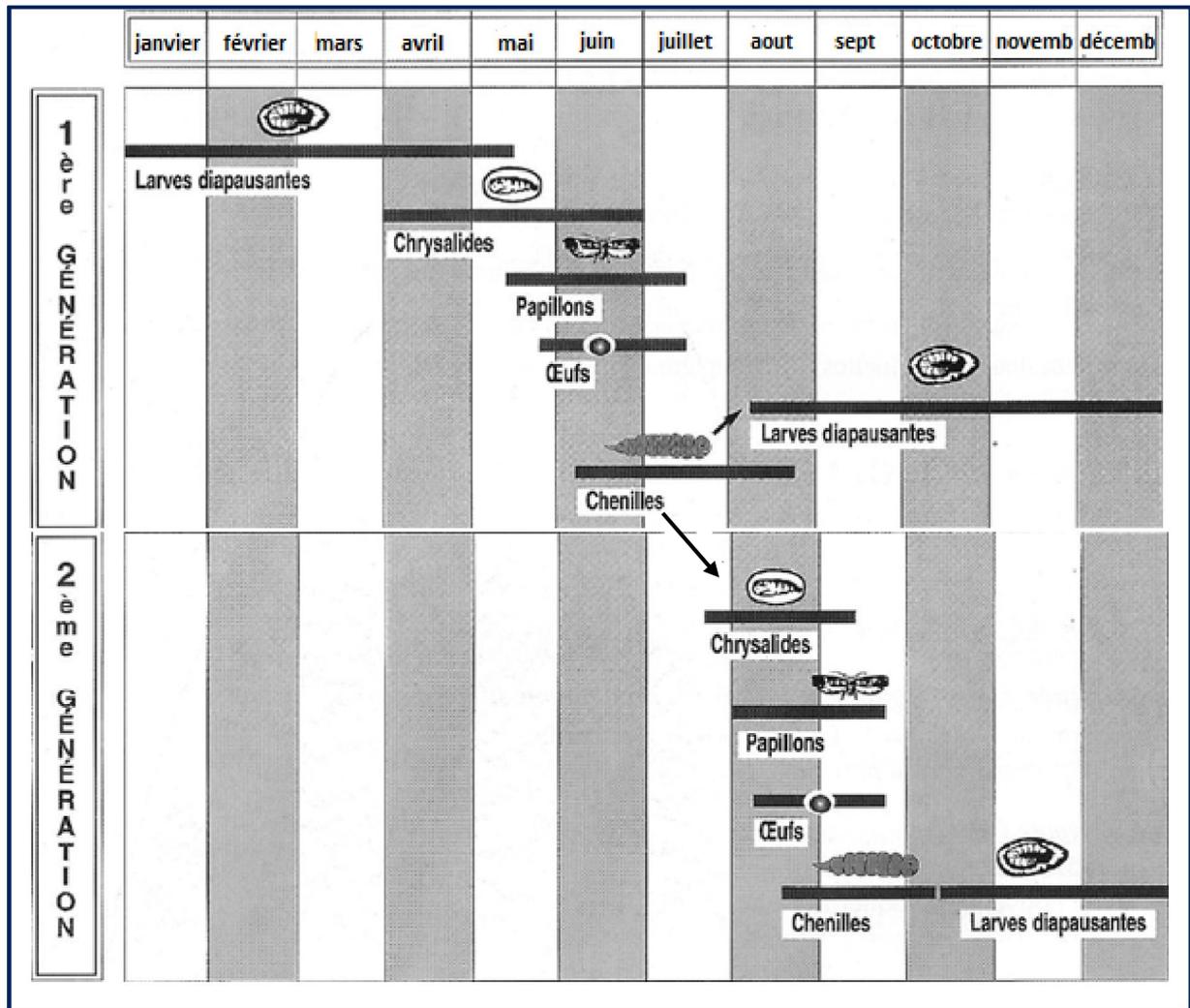


Figure 03 : Cycle biologique de *C.pomonella*L., à deux générations (Limousin, 2010).

II-5- Dégâts occasionnés par *C. pomonella*

Selon Charmillot & Höhn(2004) ; Hmimina (2007) ; Ricci *et al.*,(2007) ;Pelletier(2011), les attaques sont classées en 3 catégories :

- ✓ Attaques stoppées

Il s'agit de tâches brunâtres de 2 à 3 mm recouvrant une zone subérisée, pas de galeries interne (**Figure 04A**).

- ✓ Attaques actives

Il s'agit des légères morsures en surface avec un point de pénétration, creusant une galerie en forme de spirale au début toujours encombrée de déjections, la larve se dirige vers le cœur et s'attaque aux pépins provoquant la chute des fruits (**Figure 04B**).

- ✓ Attaques cicatrisées

Ce sont des anciennes attaques stoppées dont la chute de l'opercule brun permis la formation d'un tissu cicatriciel (**Figures 04C**).

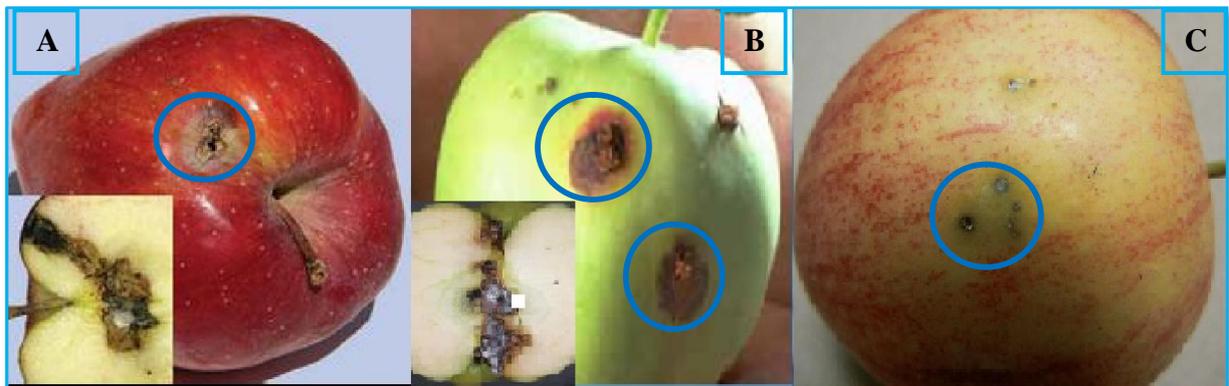


Figure 04 : Aspects de dégâts du carpocapse sur fruits, A) Dégât stoppé (Jones *et al.*, 2004); B) Dégâts actifs (Charmillot & Höhn, 2004) ; C) dégâts cicatrisés (Gauthier, 2009).

II-6 - Nombre de générations de carpocapse en Algérie

Le **Tableau 04** illustre le nombre de générations du carpocapse dans la région de Batna, après cinq années successives de suivi par la S.R.P.V. d'Ain-touta. Malgré les changements climatiques de l'année, le nombre de générations reste identique (trois générations)

Notons que pour l'année 2013, le carpocapse a présenté trois générations :

- la première génération débute du mai et s'achève le début juillet.
- la deuxième s'étale de la mi-juillet à la mi-août.
- la troisième va de la mi-août et se termine la fin-septembre.

Tableau 04 : Déroulement des vols du carpocapse dans la région de Batna (S.R.P.V. d'Ain-touta, 2013).

Année	Première génération			Deuxième génération			Troisième génération		
	Début	Milieu	Fin	Début	Milieu	Fin	Début	Milieu	Fin
2008	13/04	13/05	09/06	15/06	14/07	17/08	17/08	22/09	19/10
2009	21/04	11/05	15/06	22/06	06/07	20/07	27/07	17/08	22/09
2010	18/04	16/05	13/06	20/06	11/07	01/08	08/08	29/08	26/09
2011	17/04	08/05	05/06	12/06	26/06	17/07	24/07	14/18	18/09
2012	23/04	07/05	03/06	10/06	01/07	06/08	14/08	03/09	23/09
2013	05/05	02/06	07/07	14/07	28/07	11/08	18/08	08/09	29/09

III- Sélection de la plante-hôte par les insectes phytophages

III-1- Séquence comportementale aboutissant à la sélection de la plante-hôte

L'oviposition est une étape clé de la reproduction chez les insectes. Elle est constituée d'une suite d'événements plus ou moins distincts correspondant à la recherche d'un site de ponte, l'évaluation de ce site et la ponte en tant que telle (**Feeney *et al.*, 1989**). Au cours de la sélection de la plante-hôte par un insecte, une partie des événements comportementaux qui mènent, soit à la prise de nourriture soit au dépôt de ponte à lieu sur la surface des feuilles (**Derridj *et al.*, 1996**).

La découverte d'une plante-hôte ou d'un site d'oviposition implique différents stimuli sensoriels. Ceux-ci peuvent être visuels, tactiles et chimiques ou issus d'une combinaison possible (**Prokopy & Owens, 1983; Ramaswamy, 1988**). Lorsque les femelles sont à la quête d'un site d'oviposition, elles utilisent généralement leurs perceptions visuelles et olfactives afin de discerner les plantes-hôtes dans l'habitat (**Visser, 1988**). Les stimulations tactiles et chimiques nécessitant l'entrée en contact avec les plantes-hôtes, sont surtout utilisées à des fins de confirmation de l'identité et de l'acceptabilité de la plante-hôte potentielle (**Kostal, 1993**). Les organes sensoriels situés sur les antennes, les pièces buccales et l'extrémité abdominale sont impliquées, avec des variantes, dans la reconnaissance chimique de la plante-hôte (**Robert & Frerot, 1998**).

Selon **Schoonhoven *et al.*, (1998)**, le choix d'une plante-hôte par un insecte pour la prise de nourriture ou la ponte repose sur deux grandes étapes :

- ✓ Une orientation à distance reposant sur la détection des émissions de substances volatiles par la plante et sur des stimuli visuels ;
- ✓ Une reconnaissance au contact avec la surface de la plante par l'intermédiaire de stimuli visuels et/ou tactiles et/ou chimiques ;

III-1-1- Phase de recherche à distance

Pour la découverte d'une plante-hôte, la femelle suit un panache d'odeur afin de retrouver l'origine de la source (**Kennedy, 1986; Murlis *et al.*, 1992**). La perception d'un signal déclenche des comportements de recherche orientée permettant soit d'affiner la zone de recherche soit de trouver directement la plante (**Bernays & Chapman, 1994**). D'après

Coutin (1960), les facteurs liés à l'odorat font que le carpocapse préfère déposer ses œufs au voisinage des fruits. C'est, toutefois, un ensemble de stimuli visuels et une combinaison des substances volatiles qui entrent en jeu dans la perception de la plante-hôte à distance (**Muralirangan, 1985**).

III-1-2- Phase d'évaluation par contact

Lorsque l'insecte entre en contact avec la plante, il entame une phase qui consiste en une série de comportements successifs visant à évaluer les facteurs physiques et chimiques de la plante qui ne sont pas perçus à distance (**Schoonhoven et al., 1998**). Des parties de corps de l'insecte (pattes, pièces buccales, ovipositeur) entrent en contact avec la surface foliaire, et des sensilles gustatives (type, nombre, localisation) concernées dans la reconnaissance du site, par raclage et percussion avec les tarse ou antennes, palpation et balayage avec l'ovipositeur (**Albert, 1980 ; Derridj et al., 1996 ; Roessingh et al., 1999**).

D'un point de vue évolutif, l'acceptation peut être considérée comme une décision cruciale, car elle a des conséquences directes sur l'acquisition des aliments et de l'énergie et indirecte sur la survie de la progéniture dans le cas de la ponte (**Schoonhoven et al., 1998**).

III-2- Signaux de reconnaissance du site de ponte par contact

III-2-1- Les stimuli visuels

III-2-1-1- Vision

Le rôle de la vision dans la reconnaissance des plantes-hôtes a une portée limitée à quelques mètres. De ce fait, il apparaît peu probable que la vision soit le mode de détection à longue distance qui guide généralement les insectes vers les sites d'accouplement et de ponte dans un vaste habitat (**Prokopy & Owens, 1983**). Dans la nature l'orientation de la femelle de carpocapse vers la plante hôte se fait d'abord à distance à partir des repères visuels comme par exemples la silhouette de l'arbre (**Mani et al., 1995 ; Pszezolkowski & Brown, 2005**).

III-2-1-2- Couleur et forme

D'après **Bernays & Chapman (1994)**, l'effet de la forme et de la couleur lors de la sélection de la plante-hôte pourrait être démontré par l'exemple de la mouche des pommes, *Rhagoletis pomonella* (*Diptera, Tephritidae*). En conditions de choix de formes (rectangle ou sphère), taille et de couleur (jaune, rouge, blanc et noir) la mouche choisit les rectangles

jaunes. Dans d'autres travaux les sphères jaunes attirent peu d'insectes, tandis que les sphères rouges et blanches attirent un grand nombre. D'autre part, les insectes ont une réponse positive pour les sphères de petit diamètre. Dans l'ensemble, ce sont les sphères dont le diamètre et la coloration sont proches des pommes consommées par l'insecte qui ont la préférence.

III-2-2- Stimuli physique de contact

Les caractéristiques de la feuille de la plante-hôte, son volume, sa couleur, sa forme, et la densité de ses trichomes et la structure chimique de la cuticule affectent le comportement des insectes ravageurs et assurent les fonctions défensives des plantes (**Green & Ryan, 1972 ; Bernays & Chapman, 1994**).

III-2-2-1- Les Cires

Selon **Städler (1997)**, les substances chimiques dans les cires épicuticulaires fournissent l'élément final dans la reconnaissance de l'hôte avant la ponte d'un grand nombre de diptères phytophage, c'est le cas de la mouche de choux *Delia brassicae* où la ponte dans les plantes non-hôtes peut être induite par la présence de sinigrine. **Hamilton et al., (1978)** ont montré que l'hydroxy- β -dicetone est le composé chimique responsable de l'attraction de diptère *Oscinella frit* (Diptère, *Chloropidae*) pour la ponte sur l'avoine.

III-2-2-2- Les Trichomes

Les surfaces des plantes sont parfois couvertes de nombreux types de trichomes, ces structures peuvent entraver le comportement normal des insectes et limitent la pénétration et interfèrent l'attachement aux plantes (**Smitt, 1995 ; Schoonhoven et al., 1998**). La plante peut aussi se défendre de manière plus active contre les insectes grâce à la présence des trichomes glandulaires, lorsqu'ils sont brisés libèrent une sécrétion collante qui les immobilise (**Maher, 2002**). Les trichomes glandulaires dans la pomme de terre (*Solanum neocardenavii*) affectent le comportement alimentaire du puceron vert de pêcher (*Myzus persicae*) (Homoptères, *Aphididae*) (**Smitt, 1995**). La ponte de *C. pomonella* est influencée par la densité des trichomes, dont cette dernière est corrélée négativement avec la distribution des œufs sur les deux faces foliaires (**Curtis et al., 1990**).

III-2-3- Stimuli chimiques de contact

III-2-3-1- Les substances volatiles

Les substances volatiles sont des métabolites secondaires émises par la plante-hôte (**Landolt & Phillips, 1997**). Elles guident le comportement reproducteur des insectes herbivores et attirent les femelles gravides pour la ponte (**Theis & Lerdau, 2003**).

Wearing et al., (1973) ont étudié l'orientation des femelles de carpocapse aux odeurs des pommes. **Yan et al., (1999)** ont confirmé que le comportement reproducteur et les réponses olfactives sont influencés par la présence de (E,E)- α -Farnasène. **Bengtsson et al., (2001)** ont trouvé 16 composés volatils issus de feuilles, branches vertes et des fruits durant le développement phénologique de pommier et qui engendrent une réponse antennaire chez *C. pomonella*, il s'agit du (Z)3-hexenol, butyl butanoate, propyl hexanoate, hexyl propanoate, butyl hexanoate, hexyl butanoate, hexyl 2-methyl-butanoate, hexyl hexanoate, methyl 2-hydroxy benzoate (methyl salicylate benzyl alcohol, 4,8-dimethyl-1,3,(E)7-nonatriene, 3,7-dimethyl-1,6-octadien-3-ol (linalool), caryophyllene, (E)- farnesene, germacrene D, (Z,E)-r-farnesene, (E,E)-r-farnesene.

III-2-3-2- Les substances de contact non-volatiles

Ces substances sont plus ou moins imbriquées dans les cires cuticulaires et leur détection par l'insecte va dépendre de son comportement (**Cassier et al., 2000**). Plusieurs études ont également montré que les métabolites primaires sucres, acides aminés, lipides pouvaient influencer la ponte (**Derridj et al., 1996**).

α - Les métabolites primaires

Toutes les plantes contiennent des métabolites primaires sous formes d'acides aminés libres et des sucres qui sont le résultat de leurs activités photosynthétiques. Elles constituent la majeure partie de la biomasse végétale (**Schoonhoven et al., 1998**), ces composés comme les acides organiques, les lipides et les protéines interviennent dans des processus physiologiques fondamentaux des plantes. La plupart des insectes herbivores utilisent spécialement les carbohydrates comme stimulant pour la prise de nourriture (**Bernays & Chapman, 1994**). Dans la majorité des espèces étudiées, les sucres disaccharides et monosaccharides (glucose et fructose) sont les stimulants les plus forts (**Schoonhoven et al., 1998**).

β- Les métabolites secondaires

Les métabolites secondaires peuvent être définis comme des composés qui ne sont pas présents d'une manière universelle chez les plantes supérieures, mais sont restreints à certains taxons, ou se rencontrent chez certains groupes des plantes à des concentrations plus élevées que dans d'autres, et qui n'ont pas de signification nutritionnelle pour les insectes (Schoonhoven *et al.*, 1998).

Les allélochimiques sont définis comme étant des médiateurs chimiques faisant intervenir des organes sensoriels externes et favorisant les interactions entre organismes (Arnaud *et al.*, 2003). D'après Schoonhoven *et al.*, (1998), ces allélochimiques affectent la croissance, le comportement et la biologie des populations des différentes espèces. Les allélochimiques se répartissent en plusieurs catégories ; les allomones, les kairomones, les synomones et les apneumones (Whittaker & Feeny, 1971 ; Arnaud *et al.*, 2003; Leblanc & Logan, 2010).

III-3- Rôles des métabolites primaires dans la sélection de la plante-hôte par l'insecte phytophage

Il a été démontré que les métabolites primaires, d'origine photosynthétiques, dont les sucres solubles ; sont présents à la surface des feuilles en quantités de l'ordre de nano gramme par cm². L'heure de la journée, l'âge de la feuille, la physiologie de la plante et l'espèce végétale sont des facteurs de variations quantitatives des sucres (Derridj & Fiala, 1983). Le saccharose stimule la prise alimentaire de plusieurs pucerons comme ; *Myzus persicae*, *Brevicoryne brassicae*, *Acyrtosiphum pisum* (Mittler & Dadd, 1964 ; Arn & Clear, 1971).

Le sorbitol, est toléré par *Aphis pomi* strictement inféodé aux espèces contenant de sorbitol (Montgomery, 1975). Derridj & Fiala (1983) ont démontré que le choix de site de ponte de la pyrale de maïs (*Ostrinia nubilalis*) (*Lepidoptera*, *Pyralidae*) est corrélé positivement à la teneur des sucres du feuillage. La pyrale est donc stimulée par les sucres en particulier le fructose. Chez le carpocapse, la comparaison de deux cultivars de pommier l'un résistant (X65-11), l'autre sensible (P5R50A4), a permis de déterminer que la résistance est liée à de plus faibles quantités de métabolites de surface (sucres et polyols) (Lombarkia, 2002).

III-4- Aperçu sur l'ultrastructure de la cuticule d'une plante

La cuticule des plantes supérieures est écologiquement très importante, elle constitue une interface entre la plante et son environnement (Rieder & Schreiber, 2001 ; Bouzoubaâ *et al.*, 2006 ; Feakins & Sessions, 2010). Elle se compose d'une matrice de cutine insolubles et des cires cuticulaires solubles, des cires épicuticulaires formant une fine couche superficielle (Jetter *et al.*, 2000) (Figure 05).

La cuticule joue un rôle essentiel dans le contrôle des échanges hydriques entre la plante et son milieu extérieur (Schreiber *et al.*, 1996). Elle semble avoir un rôle non négligeable dans la composition en métabolites primaires de la surface de la feuille et elle a un rôle discriminant sur le passage des sucres (Cassier *et al.*, 2000).

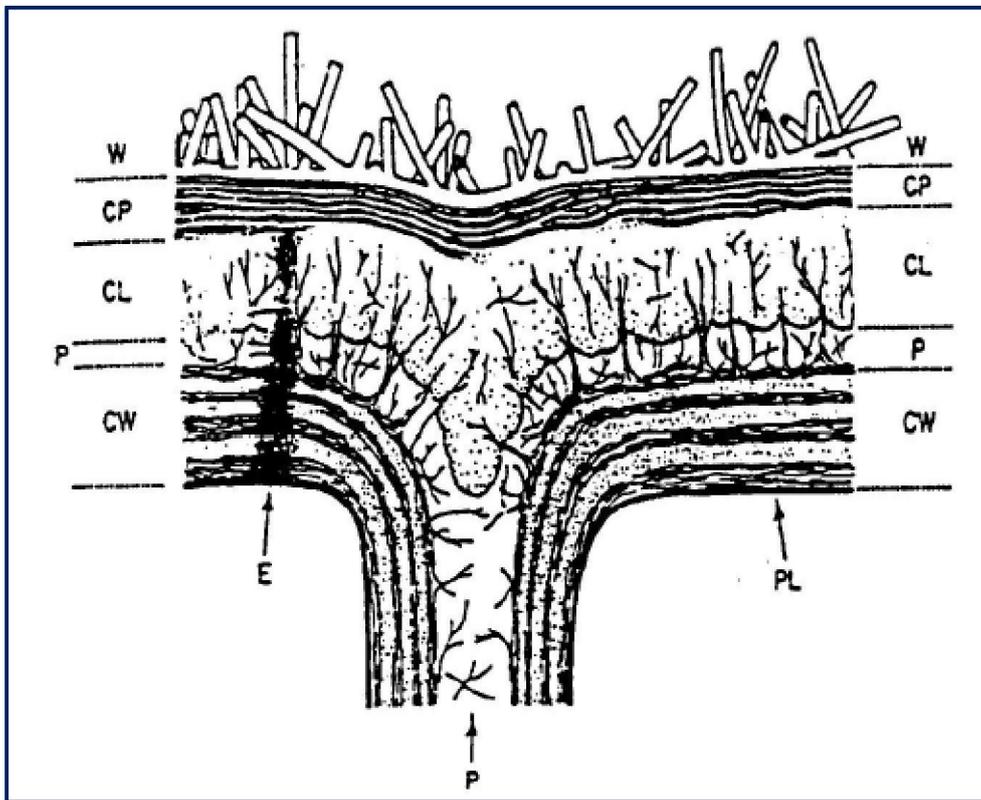


Figure 05: Structure de la cuticule des plantes (Jeffrey, 1996).

(W) cires épicuticulaires, (CW) parois cellulaires, (P) la lamelle moyenne de pectine, (CL) lamelle cuticulaire, (CP) cuticule primaire, (PL) plasmalemme, (E) ectoderme.

III-5- Détection sensorielle chez les insectes phytophages

III-5-1- L'organe sensoriel : La sensille

Les sensilles représentent des micro-organes sensoriels véritablement programmés pour l'olfaction ou la gustation (Picimbon, 2002). Ce sont des modifications de la cuticule abritant les cellules nerveuses permettant à celles-ci de détecter un stimulus spécifique. Les sensilles sont caractéristiques des arthropodes (Bernays & Chapman, 1994).

III-5-2- Types de sensilles chez les insectes

Le répertoire sensillaire des insectes est très varié, répondant parfaitement à la diversité des stimuli chimiques et au nombre infini de molécules odorantes et gustatives (Descoins, 2001). Sur la base de leur spécificité chimiosensorielle, il y a plusieurs types de sensilles olfactives et gustatives : sensilles trichodéiques, sensilles basiconiques, sensilles placodéiques, sensilles chaétiques et sensilles coeloconiques (Shneider, 1964 ; Zacharuk, 1991 ; Howse *et al.*, 1998 ; Faucheux, 1999 cité par Maher, 2002 ; Picimbon, 2002. (Figures 06 et 07).

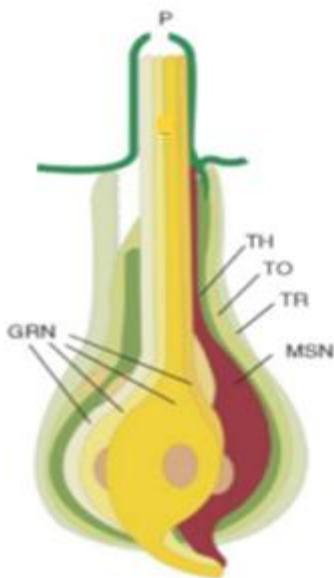


Figure 06: Structure d'une sensille gustative (Amrein & Thorne, 2005).

GRN ; neurone récepteur gustatif, (P) Pore terminal, (TH) thocogène, (TO) Tormogène, (TR), Trichogène, (MSN) neurone mécano-sensorielle

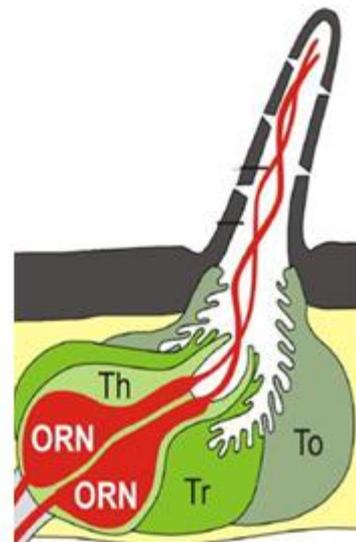


Figure 07: Structure d'une sensille olfactive (Amrein & Thorne, 2005).

Th) Thocogène, (To) Tormogène, (Tr) Trichogène, (ORN), neurone récepteur olfactif.

IV- Gestion phytosanitaire et protection du pommier contre *C. pomonella*

IV-1- Méthodes de surveillance de carpocapse

La surveillance des populations de carpocapse au cours de l'année peut se faire au travers du piégeage sexuel, des observations visuelles et de la pose de bandes pièges (**Benoit *et al.*, 2009**).

Les captures par piégeage fournissent des informations sur la période d'activité des ravageurs et sur la présence ou l'absence de risque. Le piège à phéromones est constitué, pour l'essentiel d'une plaque enduite de glu sur laquelle est déposée une capsule contenant la phéromone spécifique. Celle-ci attire les papillons mâles qui viennent s'engluer (**Riba & Silvy, 1989 ; Laamari & Saouli, 1999**). Une autre méthode de piégeage est celle de l'utilisation des appâts attractifs, qui est une matière sucrée (cidre, jus de poire...) dissoute dans l'eau et fermentée (**Balachowsky, 1966**). Les pots-pièges sont numérotés et suspendus aux branches fruitières au voisinage de fruits, ces pièges sont examinés journallement et les carpocapses sont dénombrés pot par pot (**Judd, 2005**).

Le contrôle visuel à effectuer sur un échantillon de 1000 fruits (20 fruits x 50 arbres) vers le 15 août avant la chute des fruits attaqués (**Benoit *et al.*, 2009**).

Les bandes-pièges sont fixées à la fin de la première génération autour du tronc des arbres à 0.50 ou 1 m du sol. A raison de 40 arbres par parcelle où sur 4 lignes, 32 à l'intérieur et 8 en bordure. Elles sont récupérées en automne afin de dénombrer les populations hivernantes de larves diapausantes, de suivre l'évolution d'une année à l'autre et effectuer une prévision d'attaque pour l'année prochaine (**Delgado, 1996 ; Charmillot & Pasquier, 2002 ; Charmillot & Höhn, 2004 ; Charmillot *et al.*, 2007**).

IV-2- La lutte physique et culturale

L'installation des filets Alt'carpo en mono-rang ou en mono-parcelle forment une barrière physique de protection des fruits contre le carpocapse de la pomme (**Lavigne & Romet, 2007**). Les mesures prophylactiques pour réduire les populations de carpocapse consistent à éliminer et ramasser les fruits endommagés (**Morel *et al.*, 2013**).

IV-3- La lutte chimique

Le carpocapse n'est pratiquement vulnérable qu'à l'état de jeune chenille sortant de l'œuf pendant la durée de son stade néonate baladeur avant d'entrer dans le fruit. C'est donc cette période qu'il faut situer dans le temps (Coutin, 1960).

Le seuil de nuisibilité pour le carpocapse est fixé de 1% des fruits attaqués à la récolte précédente, 0.5 % de fruits attaqués lors du contrôle visuel en fin de la première génération et deux larves par bande-piège à l'automne (Freed, 2001 ; Lombarkia, 2002).

Selon Gautier (2001), les méthodes de contrôle contre *C. pomonella* sont dominées par les insecticides chimiques qui sont nombreux et appartiennent à plusieurs familles chimiques :

- Organophosphorés : azinphos, diazinon, phosolane, phosmet,...
- Acyl urée : flufinoxuron ;
- Carbamates : carbaryl ;
- Pyréthrinoïdes : cypermethrine, fenpropathrine,...

IV-4 - La lutte biologique

IV-4-1- Parasitoïdes

Différents parasitoïdes peuvent s'attaquer à différents stades de vie du carpocapse (Braun, 1991 ; Mills & Carl, 1991 ;). Parmi les parasitoïdes naturels du carpocapse, des espèces Hyménoptères, *Trichogramma minutum*, (*Hymenoptera* ; *Trichogrammatidae*) parasite les œufs, *Perilampus tristis*, (*Hymenoptera* ; *Chalcidae*) parasite les larves et les chrysalides, *Trichomma enecator*, (*Hymenoptera* ; *Trichogrammatidae*) et *Microdus rufipes* (*Hymenoptera* ; *Braconidae*) parasitent seulement les larves (Morel *et al.*, 2013).

IV-4-2- Prédateurs

Les oiseaux comme les pics, les mésanges exercent un contrôle appréciable et détruisent les larves hivernantes sous les écorces. Les chenilles peuvent être dévorées par les larves d'un névroptère du genre *Rhaphidia*, les larves d'un autre névroptère du genre *Chrysopa* s'attaquent au ponte au cours de l'été (Coutin, 1960 ; Gautier, 2001).

IV-4-3- Micro-organismes entomophages

IV-4-3-1- Bactéries

Le *B.t.* est une bactérie pathogène à effet larvicide par ingestion (Dent, 1993 ; Erlandson & Goettel, 2004). L'application doit avoir lieu au stade baladeur de la larve de carpocapse. Le traitement provoque la mort des larves 1 à 2 jours après le traitement, mais l'alimentation de la chenille est arrêtée quelques heures seulement après l'application de produit (Benoit *et al.*, 2009).

IV-4-3-2- Les champignons entomopathogènes

Ce sont des mycoses qui appartiennent principalement au genre *Beauveria* et *Hirsutella* et qui sévissent au cours d'hivernation. Elle infectent les insectes par pénétration directe à travers la cuticule (Charmillot *et al.*, 1994). Les conidies adhèrent à l'insecte, germent et pénètrent à travers la cuticule, mort par ingestion ; paralysie des mâchoires de la chenille qui entraîne un arrêt de l'alimentation (Benoit *et al.*, 2009).

IV-4-3-3- Virus de la granulose

Le virus de la granulose du carpocapse est un baculovirus hautement spécifique qui infecte uniquement les chenilles du carpocapse (Charmillot & Pasquier, 2003). Pour déclencher l'infection, les particules virales doivent être ingérées par les larves. Les granules de virus se multiplient dans le corps de l'insecte. La larve prend un aspect ballonné et une coloration grise avant de mourir (Gautier, 2001 ; Provost *et al.*, 2008) (partie plus détaillée dans le sous chapitre IV-2).

IV-4-4- Nématodes

Deux espèces intéressantes de nématode (*Steinernema feltiae* et *Steinernema carpocapsae*) ont été identifiées pour le contrôle des larves hivernantes de *C. pomonella* (Lacey & Thomas, 2005). Après pénétration de *Steinernema carpocapsae* dans la larve, il libère une bactérie qui va causer sa mort rapidement et la rendre disponible pour le nématode (Giordanengo, 2004).

IV-5- La lutte biotechnique

IV-5-1- La confusion sexuelle

Cette technique consiste à disposer dans les pommiers des diffuseurs qui contiennent les composés principaux de la phéromone sexuelle de *C. pomonella* (Verhaeghe, 2005 ; Chouinard, 2008). La phéromone sexuelle synthétique est relâchée petit à petit de façon à saturer l'air ambiant. Ainsi, les mâles ne réussissent plus à localiser les femelles émettant les phéromones naturelles et l'accouplement est compromis. Il y a donc moins de femelles fécondées et, par conséquent, moins d'œufs, de larves et de dégâts dans le verger (Chouinard, 2008).

La confusion sexuelle est une méthode préventive nécessitant une surface supérieure à 5 ha en pommeraies pour être efficace. Elle ne s'emploie que lorsque les populations initiales ne sont pas trop élevées. La parcelle doit être à une distance d'au moins 100 m de foyers extérieurs du carpocapse par exemple : arbres à haut tige non traités (Vuchot, 2001 ; Viret *et al.*, 2003).

IV-5-2- Lutte attracticide

La lutte attracticide consiste à la combinaison d'un leurre sémiochimique attractif et d'un produit insecticide (Howse *et al.*, 1998 ; Cormier *et al.*, 2006). Pour lutter contre le carpocapse, on utilise une substance visqueuse contenant 0,16% de phéromone (codlémone), (E'E)-8,10-dodécadien-1-ol, pour attirer les mâles et 6% de perméthrine pour les tuer (Charmillot & Hofer, 1997). Les mâles qui viennent en contact avec le produit meurent après quelques heures, et ainsi, la reproduction est réduite (Ioriatti & Angeli, 2002).

Le principe a été testé avec succès dans la lutte contre *C. pomonella* en Europe (Charmillot & Hofer, 1997; Ebbinghaus *et al.*, 2001 ; Krupke *et al.*, 2002).

IV-5-3- Lutte autocide

Selon Tyson *et al.*, (2007) ; Bounfour (2010), Cette technique consiste à relâcher massivement des mâles stérilisés par irradiation dans la nature afin d'empêcher les femelles de s'accoupler avec les mâles sauvages fertiles, ce qui les empêche finalement de pondre, et aboutit à la réduction de la population voir irradiation du ravageur en question.

La stérilisation des mâles est effectuée par l'exposition de l'insecte à une dose spécifique des radiations gamma émises par un radio-isotope (Cobalt 60).

IV-5-4- L'utilisation de pommiers résistants au carpocapse

De nombreux programmes d'amélioration des plantes à travers le monde, travaillent à la création de variétés résistantes (Laurens, 1999 ; Lateuret *al.*, 2000).

Kellerhals & Angstl (2004) ont présenté un portrait des variétés de pommier résistantes à la tavelure viennent de différents croisements entre des hybrides multiples : Nela (Prima x Krasava), Rubinola (Prima x Rubin), Santana (Elstar x Priscilla), Resista (Prima x NJ 56), Rewena (Cox Orange x Oldenburg), Ariwa (Golden Delicious x A 849-5) et Topaz (Golden Delicious x Lord Lambourne) x Vanda (Jolana x Lord Lambourne). **Goonewardene & Howard (1989)** ont montré que l'hybride E31-10 est résistant à la pénétration des larves du carpocapse et à d'autres arthropodes : *Panonychus ulmi* (Koch.) (Acarie, *Tetranychidae*) et *Lithophane antennata* (Walker.) (Lépidoptère, *Noctuidae*).

IV-5-5- Régulateurs et inhibiteurs de croissance

Selon **Höhn (2012)**, le fénoxycarbe est un mimétique de l'hormone juvénile qui pour le carpocapse est exclusivement ovicide sur les œufs fraîchement pondus, par contre le tébufénozide est un mimétique de l'ecdysone. Il induit immédiatement une mue précoce mortelle chez les larves néonates, c'est un produit exclusivement larvicide.

Les ICI (diflubenzuron, téflubenzuron et hexaflumuron), ovicides et larvicides, peuvent être appliqués soit au début de la ponte, soit au plus tard au début des éclosions (**Charmillot *et al.*, 1994**).

IV-6- La lutte contre le carpocapse en Algérie

Le service de l'appui technique national de l'I.N.P.V. est menu d'un réseau de surveillance continu et d'alerte précoce installé chaque année pour l'encadrement phytosanitaire de plusieurs fléaux et ravageurs agricoles notamment le carpocapse.

Le fonctionnement de ce service se base sur la combinaison et l'intégration des informations tridimensionnelles concernant l'observation de l'état biologique de l'entité épidémique, l'observation des stades phénologiques des cultures (stades réceptifs) sujettes aux épidémies ainsi que l'analyse des prévisions météorologiques. Les données récoltées du terrain sont étudiées, afin d'élaborer des bulletins d'avertissements destinés aux producteurs de pommes au niveau régional et national.

En Algérie, la lutte contre le carpocapse est surtout chimique, un large éventail d'insecticides chimiques est autorisé à l'emploi contre le carpocapse: Arrivo (Cyperméthrine),

Decis 25- EC (Deltaméthrine), Metosip 25 (Méthomyl), Parathion, Carbaryl (Carbafore), karaté (Lambdacyalothrine) et le Calypso (Thiaclopid) (S.R.P.V. d'Ain-touta, 2013). Parmi les insecticides homologués, le karaté (Lambdacyalothrine) et le Calypso (Thiaclopid) sont les plus utilisées contre le carpocapse dans la wilaya de Batna.

IV-7- Les inconvénients des méthodes de lutte actuelles

IV-7-1 -Effet sur l'environnement et la faune auxiliaire

L'utilisation intensive des pesticides chimiques a révélé des effets négatifs sur l'environnement, comme la pollution de l'eau (Vincent & Coderre, 1992), des effets collatéraux sur la biodiversité (Simon *et al.*, 2011), provoquent un déclin dans les populations d'insectes bénéfiques, telles que les abeilles et les araignées (Drapela, 2008 ; Dormann, 2008) et une diminution dans la population des oiseaux, des mammifères et amphibiens (Brakes & Smith, 2005).

IV-7-2 - Résistance aux insecticides

De nombreuses populations de *C. pomonella* ont développé des résistances aux matières actives les plus fréquemment utilisées (organophosphorés, pyréthrinoïdes, RCI et ICI), mettant en échec de façon récurrente les stratégies de protection dans le monde entier (Boivin & Sauphanor, 2007).

La résistance conduit à une multiplication accrue des ravageurs, en outre, des espèces auparavant sans importance économique deviennent parfois les ravageurs les plus importants (Brader, 1976). Différentes mutations génétiques ont été identifiées comme origine de ces phénomènes ; Brun-Barale *et al.*, (2005) identifient une mutation du canal de sodium de certaines populations de carpocapse comme étant responsable de la résistance aux pyréthrinoïdes. Cassanelli *et al.*, (2006) observent que la résistance de certaines populations aux organophosphorés et aux carbamates provient d'une mutation au niveau du site actif de l'acétylcholinestérase.

La lutte contre le carpocapse en Algérie est menée d'une façon quasi systématique. Les fréquences d'applications et les non sélectivités des traitements insecticides ont probablement développé l'apparition de phénomène de résistance. Malheureusement, aucune étude n'a été effectuée dans ce sens à l'échelle nationale.

V- Stratégies de lutte alternative anti-carpocapse

V-1- La lutte par modification des métabolites de la surface

La modification de la composition en métabolite de surface semble également perturber la distribution des œufs entre les différents organes et parties de la plante (**Lombarkia, 2002**). Le changement de quantités de sucres (glucose, fructose, saccharose, tréhalose) par l'apport foliaire de micro-doses de sucres peut intégrer un signal de résistance systémique acquise à un bio-agresseur et induit des modifications physiologiques et biochimiques à la surface de la plante, ainsi qu'une résistance à des bio-agresseurs (**Smeekens et al., 2010**).

L'utilisation des sucres en agriculture ouvre de nouvelles voies alternatives de protection des cultures, dans le domaine de l'amélioration des plantes, protection intégrée, réduction des intrants et amélioration des méthodes de lutte biologiques (**Arnault, 2012**).

IV-1-2- Utilisation des sucres comme inducteurs de résistance des plantes aux phyto-agresseurs

Des recherches effectués par l'INRA en France (**Derridj et al., 2011**), SCRI en Ecosse (**Birch et al., 1993**), centre de Volcani en Israël (Y. Elad), dont des objectifs différents, ont procédé à l'application foliaire d'infra-doses (10ppm=10 parties par million=1g pour 100L) de sucres solubles sur plantes cultivées en serre. Une influence négative de ces applications a été constatée sur trois agresseurs de fruits et légumes. Il s'agit de papillons dont les larves attaquent le maïs (la pyrale de maïs : *Ostrinia nubilalis*)(*Lepidoptera* , *Pyralidae*), d'un nématode à galle (*Meloidogyne incognita*) qui attaque les racines de tomates et d'un champignon pathogène (*Botrytis cinerea*) qui provoque la pourriture grise de la tomate et du haricot.

La pulvérisation sur le maïs de chacun des sucres solubles fructose, saccharose et glucose aux concentrations respectives de 0.1, 1 et 10 ppm (10ppm =1 g pour 100L), sur la 3^{ème} feuille ayant terminé sa croissance au stade végétatif 4-5 feuilles, induit après 20 jours une résistance au niveau de la ponte sur l'ensemble de la plante (tests sur 2 saisons, 3 variétés, en choix multiples ou binaires pour l'insecte) (**Derridj et al., 2011**).Le saccharose à 100 ppm est très efficace sur la tomate contre *Botrytis* (100% de réduction des symptômes) et l'est beaucoup moins sur le haricot (23%) (**Derridj et al., 2011**). **Ferré et al., (2008)** ont démontré que l'application du saccharose à 10 et 100 ppm sur deux variétés : Golden Delicious et

Mondial Gala, présentent une efficacité Abbott sur les dégâts sur fruits à la récolte comprise entre 19,5 % et 63,3 % avec une moyenne de 40,6 % \pm 16.

À l'échelle nationale, des essais similaires ont été effectués sur les variétés Anna (Benhassir, 2009 ; Guerfi, 2014) et Golden Delicious (Haggoune 2010 ; Djebabra, 2011) ont présenté une efficacité Abbott avoisinant les 42%.

V-2- La lutte par l'utilisation des virus

V-2-3- Exemples des produits viraux appliqués en verger de pommier

Selon Arthurs & Lacey (2004), les biopesticides à base de virus sont utilisés dans plusieurs pays du monde et ils ont plusieurs noms commerciaux : Carpovirusine[®], Madex[®], Granupom[®], Virin-CyAP[®], Cyd-X[®] et VirosoftCP4[®].

V-2-3-1- Le virus de la granulose

Dans le souci de protéger les vergers contre les insectes nuisibles et de réduire l'utilisation des insecticides chimiques, des agents biologiques microbiens ont été développés (Huber, 1986; Wood & Granados, 1991). Parmi ces agents, les granulovirus sont très pathogènes et sélectifs, sont utilisés pour lutter contre ces ravageurs (Lacey&Thomas, 2005).

α - Description

Selon Ballard *et al.*, (2000), ce virus est de 30-60nm de diamètre et 250-300 nm de longueur, en forme bâtonnet, de la famille des Baculoviridae. Il possède un ADN bicaténaire à son nom qui dérive de l'apparence granulaire des occlusions protéiques (Arthurs & Lacey, 2004), le virion, particule contagieuse du Baculovirus est protégée par un manteau de protéine (granuline ou polyèdrine) qui le rend plus résistant aux conditions (chaleur et pH) de l'intestin des insectes et aux facteurs abiotiques (l'UV, la température et l'humidité) (Cory & Myers, 2003) (Figure 08).

β - Mode d'action

D'après Federici (1997) ; Cory & Myers (2003), les Baculovirus infectent seulement les larves des lépidoptères pendant la phase de l'alimentation et forment des corps d'occlusion qui contiennent les virions infectieux. Les corps d'occlusions se reproduisent à l'intérieure des cellules intestinales ou graisseuses des Lépidoptères après ingestion du Baculovirus. Après

ingestion par l'insecte, les granules sont hydrolysés par le pH alcalin et les enzymes intestinaux de l'insecte, ce qui libère les virions qui pénètrent dans l'hémolymphe de l'insecte par les cellules épithéliales de l'estomac. La granulose envahit la plupart des tissus incluant l'épiderme et les corps gras, causant la mort de l'insecte.

Le virus de la granulose est très pathogène pour son hôte; il suffit de 1 à 2 granules de virus pour causer la mort d'une jeune larve de carpocapse (**Provost et al., 2006**). Les larves néonatales peuvent aussi être infectées via les œufs contaminés par le virus lors de l'éclosion (**Lacey & Arthurs, 2004**) (**Figure 09**). Les mêmes auteurs ont démontré que le virus de la granulose pouvait entraîner 94 % de mortalité chez les larves néonates après 24 heures et 71% après 72 heures sous des conditions sèches et ensoleillées.

γ- Informations ecotoxicologiques

Contrairement aux produits chimiques, les contrôles par les Baculovirus sont plus sécuritaires pour l'environnement et la santé humaine et plus compatibles aux autres méthodes de contrôle (**Basil, 2003**), car les Baculovirus sont incapables de reproduire dans l'estomac à PH acide (1-7) des humains contrairement à l'estomac à pH basique (9) des larves de *Cydia pomonella* qui est favorable à leur croissance (**Cory & Myers, 2003**). La faune auxiliaire, comprenant les prédateurs, les abeilles et certains parasitoïdes, est insensible au virus de la granulose du carpocapse (**Dickler, 1986**), aussi le virus de la granulose est inoffensif pour les organismes non ciblés, incluant, les oiseaux et les mammifères (**Glen et al., 1984**).

δ- Persistance et stabilité

Un des principaux problèmes reliés à l'utilisation du virus de la granulose est la faible persistance après l'application sur le terrain. Le principal facteur qui limite la durée de vie de ce virus est la radiation ultraviolette (UV) provenant du soleil (**Ballard et al., 2000**). En Suisse, une étude dans des vergers de pommiers a démontré que le Madex[®], un produit commercial à base de virus de la granulose, perdait 50% de son efficacité après 15 jours (**Charmillot et al., 1991**).

Afin de prolonger la durée de vie du virus après application sur le terrain, des substances peuvent être ajoutées à la solution virale afin de trouver une substance efficace pour protéger le virus des UV. Le lait en poudre semble offrir une protection solaire acceptable aux particules virales, et la compagnie Andermatt Biocontrol suggère d'ajouter 0,25 % (Poids/volume) de lait en poudre dans la solution virale Madex[®] (**Charmillot,**

1995). Afin d'augmenter l'ingestion du virus par les larves, 0,5 % (Poids/volume) de sucre peut être ajouté à la formulation comme phagostimulant (Pasquier & Charmillot, 1998).

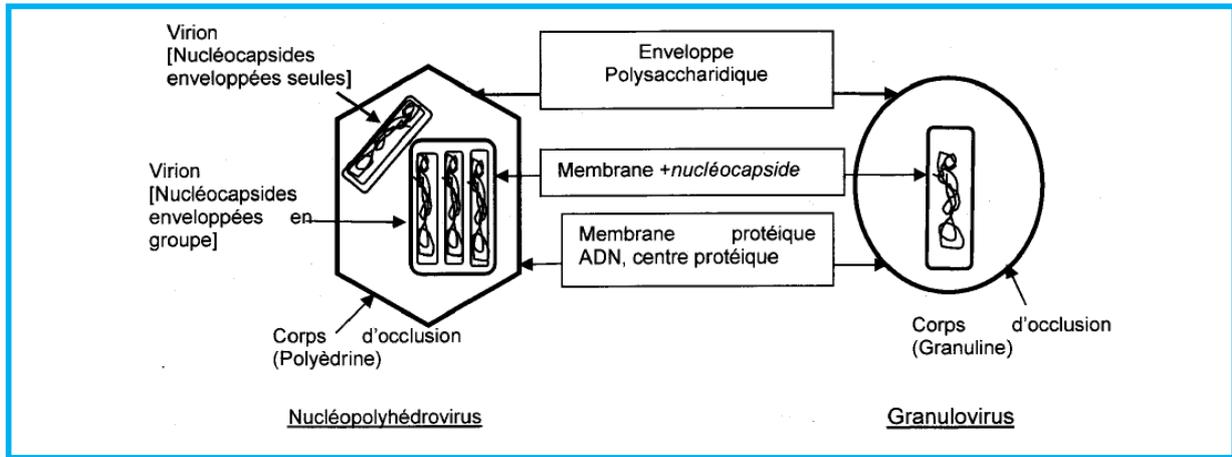


Figure 08 : Représentation schématique des nucléopolyhédrovirus et granulovirus de la tordeuse de bourgeon d'épinette (Basil, 2003).

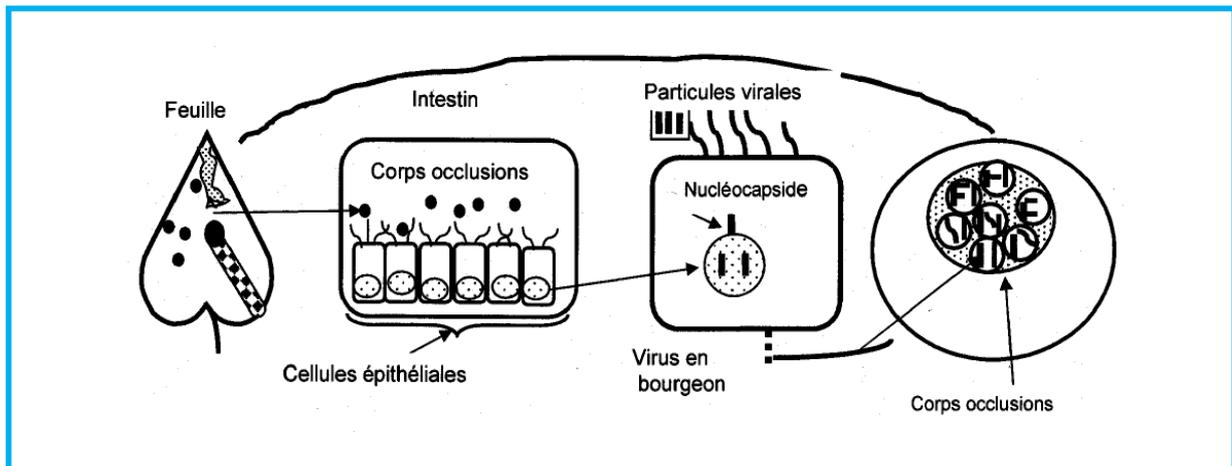


Figure 09 : Diagramme de cycle d'infection du Baculovirus (Basil, 2003).

ε- Précautions d'applications

L'utilisation de l'insecticide viral requiert toutefois une attention particulière. Comme le virus ne persiste que quelques jours une fois répandu sur le pommier, les traitements doivent être effectués de façon optimale (Federici, 1997). En effet, les jeunes larves du carpocapse se nourrissent durant une courte période de temps avant de pénétrer dans les fruits, le moment de l'application doit donc être synchronisé avec l'éclosion des jeunes larves, afin qu'elles absorbent la substance virale avant de s'insérer dans la pomme (Ballard *et al.*, 2000).

V-2-3-2- Essais du virus de la granulose en vergers de pommiers

Plusieurs expériences ont été effectuées afin de tester l'efficacité du virus de la granulose pour le contrôle du carpocapse en vergers de pommiers. Les résultats des recherches diffèrent beaucoup d'une étude à l'autre, mais généralement, l'application du virus permet une diminution significative de la population de carpocapse de la pomme, ainsi que des dommages à la récolte (Kienzle *et al.*, 2003).

Des essais effectués dans un verger biologique de Mont-Saint-Hilaire au Canada en 2003 et 2004 ont démontré que cet bio-insecticide réduit significativement les dommages causés par le carpocapse (Provost *et al.*, 2006). Une étude allemande a démontré que quatre applications du virus de la granulose pouvaient fournir une protection adéquate contre le carpocapse, même durant une saison chaude et ensoleillée (Huber & Dickler, 1977). En Ontario, sept applications à base de virus de la granulose ont permis une réduction significative des entrées profondes des larves de carpocapse dans les pommes (Jaques *et al.*, 1994). Charmillot & Pasquier (2002) ont conclu après une étude de 7 ans réalisée en Suisse, que seule une combinaison du granulo-virus et de la confusion sexuelle pouvait maintenir de façon durable les populations du carpocapse à un faible niveau. Une étude au niveau de la Bulgarie a démontré dans trois sites pilotes que le produit viral de type Madex[®] pouvait contrôler les larves de carpocapse quand la population a été affaiblie par la technique de la confusion sexuelle (Kutinkova *et al.*, 2010 ;2012).

Deuxième chapitre

Présentation de la région d'étude

I- Situation géographique

I-1- Aperçu générale sur la wilaya de Batna

La wilaya de Batna est située dans la partie orientale de l'Algérie entre 4° et 7° de longitude Est et 35° et 36° de la latitude Nord, elle est limitée au nord par les wilayas d'Oum El-Bouaghi, Mila et Sétif, à l'est par la wilaya de Khenchela, au sud par la wilaya de Biskra et à l'ouest par la wilaya de M'sila.

La wilaya de Batna est d'une superficie totale de 12.038,76 km² (1.203.876 ha), dont 35,11% de cette dernière est réservée pour l'agriculture représentant une superficie 744.026 ha avec 422.677 ha de surface agricole utile (S.A.U.) dont 11.840,14 ha occupés par l'Arboriculture(**Figure 10**).

I-2- Aperçu sur la commune d'Oued Chaâba

La commune d'Oued Chaâba (Limbiridi) couvre une superficie de 246 km², elle se trouve à 10 km du chef lieu de la ville de Batna. Elle est limitée par les coordonnées Lambert: 35° 30' 46'' de latitude Nord, 6° 4' 59'' de longitude Est et limitée administrativement par :

- Au Nord par la commune d'Oued El-ma.
- Au Sud par la commune de Beni-Fedhala et Ain-Touta.
- À l'Est par la commune de Tazoult et Batna.
- À l'Ouest par la commune de Hidoussa (**Figure 10**).

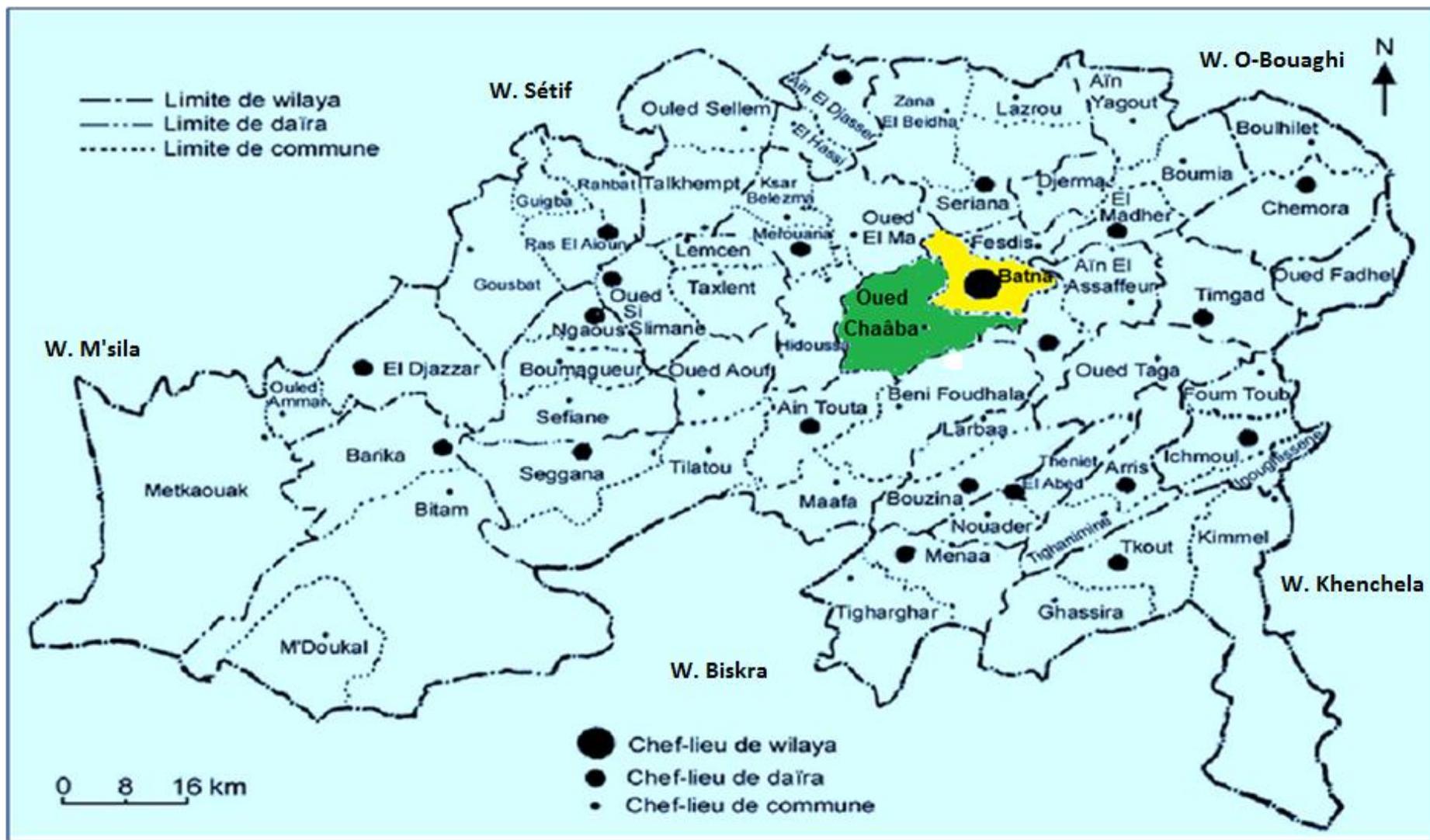


Figure 10 : Situation et limites de la wilaya de Batna et de la région d'étude(D.S.A., 2013).

II- Caractéristiques climatiques

Le climat représente un des facteurs les plus importants. Son importance se manifeste par la répartition des biomes à l'échelle de la planète (**Braque, 1988**), en effet il est utile de connaître la durée de la saison sèche, les quantités des précipitations et les différents facteurs climatiques (gelée, neige, vent,...) pour avoir une idée précise sur le climat de la région.

II-1- La température

.Selon **Bonnemaison (1953)**, l'accouplement et la ponte de *C. pomonella* ne se reproduisent qu'à une température égale ou supérieure à 16°C, si la température reste inférieure à ce seuil pendant 15 jours à trois semaines; les papillons meurent sans être reproduits.

Les valeurs des températures maximales, minimales et moyennes de la commune d'Oued Chaâba(C°) enregistrées par la station météorologique de la wilaya de Batna (Aéroport Ben Boulaïd) pour la campagne 2013/2014, ainsi que pour la décennie 2003/2012, sont reportées sur le **Tableau05**.

Tableau 05: Températures mensuelles moyennes (C°) enregistrées durant la campagne 2013/2014 et durant la décennie 2003/2012.

Températures	Campagne 2013/2014			Décennie 2003/2012		
	T _{MIN}	T _{MAX}	T _{MOY}	T _{MIN}	T _{MAX}	T _{MOY}
Mois						
Janvier	0,72	11,92	6,32	0,05	12,21	6,13
Février	1,12	12,9	7,01	0,61	12,81	6,71
Mars	3,65	16,55	10,1	3,19	17,17	10,18
Avril	6,96	23,52	15,24	6,4	20,58	13,49
Mai	10,81	26,79	18,8	9,27	25,75	17,51
Juin	14,32	31,16	22,74	14,43	32,21	23,32
Juillet	19,19	35,11	27,15	17,7	36,76	27,23
Août	18,21	34,45	26,33	17,43	35,7	26,57
Septembre	19,07	30,7	24,89	13,86	29,23	21,55
Octobre	11,94	26,02	18,98	10,07	24,38	17,23
Novembre	5,56	16,59	11,07	4,62	17,29	10,96
Décembre	0,73	10,42	5,57	1,2	12,74	6,97

(Station météorologique d'Aéroport Ben Boulaïd, 2015)

T° Max. : Températures maximales, T° Min. : Températures minimales, T° moy. Mensuelle : Températures moyennes mensuelles.

Deuxième chapitre

Le régime thermique, fait l'aspect continental qui caractérise la région avec des minimas avoisinant 0°C durant le mois de janvier et février et des étés chauds et secs aux mois de juillet et août. L'analyse du **Tableau 05** montre d'une part que les plus faibles températures moyennes durant la période 2013/2014, sont enregistrées aux mois de décembre et janvier avec 5, 57°C et 6,32 °C respectivement, presque identique à celles enregistrées durant la décennie 2003/2012, considérés donc comme les mois les plus froids; d'autre part juillet est le mois le plus chaud durant la campagne 2013/2014 avec une température moyenne de 27,15°C presque identique à celle enregistrée durant la décennie 2003/2012.

Les données thermiques mensuelles du tableau ci-dessus enregistrées durant la campagne 2013/2014 montrent qu'il y a une fluctuation des températures pour les mois d'étude (avril jusqu'à septembre). En effet, depuis avril jusqu'à juillet, la température montre un aspect croissant avec 15,24C°, 18,8C°, 22,74C° et 27,15C°, respectivement et depuis le mois d'août la température est décroissante allant de 26,33C° pour arriver à 24,89 C° en septembre.

II-2- La pluviométrie

Les grandes pluies contrèrent l'accouplement, la ponte et éliminent les larves néonates de *C. pomonella* avant leur pénétration dans le fruit (**Colombin, 1952**).

Le **Tableau 06** consigne le régime des pluies durant la décennie 2003/2012 et durant la campagne 2013/2014.

Tableau 06 : Précipitations moyennes mensuelles (mm) durant la campagne 2013/2014 et durant la décennie 2003/2012.

Mois	J	F	M	A	M	Ju	Jt	A	S	O	N	D	Total
Campagne 2013/ 2014	25,6	11,05	32,7	40,2	11,8	23,25	13,4	7,5	23,6	10,15	6,85	26	232,1
Décennie 2003/2012	54	30,66	30,65	26,29	52,95	18,33	5,86	13,91	37,79	31,73	23,24	31,69	357,1

(Station météorologique d'Aéroport Ben Boulaïd, 2015)

La pluviométrie moyenne annuelle calculée sur les données disponibles à la station météorologique de Batna sur une période de 10 ans est de 357,1 mm. Cette dernière est supérieure par rapport à celle enregistrée durant la campagne 2013/2014 (232,1 mm). On

Deuxième chapitre

remarque nettement l'irrégularité des pluies. D'ailleurs, il s'agit de l'une des caractéristiques du climat Algérien qui tend vers l'aridité.

Le tableau ci – dessus révèle que les mois les plus pluvieux durant cette décennie sont respectivement, janvier, septembre, octobre et décembre, mais les pics sont enregistrés durant le mois de janvier et septembre avec 54 mm et 37.79 mm respectivement le mois le plus sec est juillet avec 5.86 mm.

Pour la campagne 2013/2014, les données enregistrées montrent que le mois le plus pluvieux est le mois d'avril (40,2 mm), alors que le mois de novembre est le plus sec (6,85 mm).

II-3- L'humidité relative

L'analyse du tableau ci-dessous indique que les mois les plus humides de la période allant de 2003 à 2012, sont janvier, février, mars, avril, octobre, novembre et décembre, avec une humidité supérieure à 60 %. Les mêmes mois caractérisant la période humide pour la campagne 2013/2014 (à l'exception des mois avril, octobre et décembre)

Tandis que la période estivale (Juin, Juillet, Août) pour cette période et pour la décennie 2003/2012 est caractérisée par des humidités inférieures à 50 % (**Tableau 07**).

Tableau 07 : Humidité relative mensuelle moyenne (%) durant la campagne 2013/2014 et durant la décennie 2003/2012.

Mois	J	F	M	A	M	Ju	Jt	A	S	O	N	D
Campagne 2013/2014	70,25	62,20	62,76	53,04	51,65	43,89	38,52	40,39	56,45	53,15	64,24	53,31
Décennie 2003/2012	72,9	68	63,9	63,3	59,1	48,1	40,2	43,6	58,4	61,5	68,1	73,4

(Station météorologique d'Aéroport Ben Boulaïd, 2015)

II-4- Les vents

La région de Batna est caractérisée par des vents dominants qui sont ceux de l'Est et du Sud, froid en hiver et très sec en été. Ils prennent des directions diverses et ont une influence directe sur les températures et l'humidité.

Deuxième chapitre

Selon leurs origines, les vents jouent des rôles opposés :

- ✓ Les vents du Sud (sirocco), chauds et secs surtout durant la période estivale où ils accentuent l'aridité.
- ✓ Les vents dominants d'hiver Nord, Nord/Ouest qui sont des vents pluvieux et frais soufflent pendant l'automne, l'hiver et une partie du printemps.

Tableau 08 : Vent mensuel moyen (m/s) durant lacampagne 2013/2014 et durant la décennie 2003/2012.

Mois	J	F	M	A	M	Ju	Jt	A	S	O	N	D
Campagne 2013/2014	3,39	3,65	3,75	3,96	3,77	3,75	3,77	3,55	3,17	3,06	3,28	3,49
Décennie 2003/2012	2,95	3,14	3,44	3,24	3,48	3,63	3,79	3,45	3,32	3,23	3,11	3,01

(Station météorologique d'Aéroport Ben Boulaïd, 2015)

Généralement, les vents qui soufflent dans la région sont de faibles à modérés, avec une vitesse moyenne qui varie entre 2.95 à 3.96 m/s. Comme vents dominants, on a ceux du Sud-Ouest pendant la saison estivale et ceux du Nord-Ouest pendant le reste de l'année, ces vents qui sont chargés de pluie, soufflent pendant l'automne, l'hiver et une partie du printemps.

II-5 - Synthèse climatique

La synthèse climatique consiste à déterminer la période sèche et la période humide par le biais du diagramme ombrothermique de Gaussen ainsi que l'étage bioclimatique de la région d'étude grâce au climagramme pluviothermique d'Emberger.

II-5-1 - Diagramme Ombrothermique de Gaussen et Bagnouls

Ce diagramme est une méthode graphique d'une grande importance. Il permet de définir les périodes sèches et humides de la région. Gaussen, considère que la sécheresse s'établit lorsque la pluviométrie mensuelle (P) exprimée en mm est inférieure au double de la température moyenne mensuelle (T) en degrés Celsius ($P < 2 T$) (Dajoz, 1985)(Figure 11).

Le **Tableau 09** illustre les valeurs moyennes des précipitations et températures pour une période de 2 ans.

Deuxième chapitre

La **Figure 11** mis en évidence deux périodes qui sont :

- ✓ La période sèche : elle s'étale de la deuxième quinzaine du mois d'avril jusqu'à la deuxième quinzaine du mois de novembre.
- ✓ La période humide : cette période commence fin novembre jusqu'au début d'avril, soit 5 mois.

Tableau 09 : Températures (C°) et précipitations (mm) durant la campagne 2013/2014 et durant la décennie 2003/2012.

Paramètres	J	F	M	A	M	Ju	JT	AT	S	O	N	D
T. max.	11,92	12,9	16,55	23,52	26,79	31,16	35,11	34,45	30,7	26,02	16,59	10,42
T. min.	0,72	1,12	3,65	6,96	10,81	14,32	19,19	18,21	19,07	11,94	5,56	0,73
T. moy.	6,32	7,01	10,1	15,24	18,8	22,74	27,15	26,33	24,88	18,98	11,07	5,57
P (mm)	25,6	11,05	32,7	40,2	11,8	23,25	13,4	7,5	23,6	10,15	6,85	26

(Station météorologique d'Aéroport Ben Boulaïd, 2015)

T° Max. : Températures maximales, T° Min. : Températures minimales, T° moy. Mensuelle : Températures moyennes mensuelles.

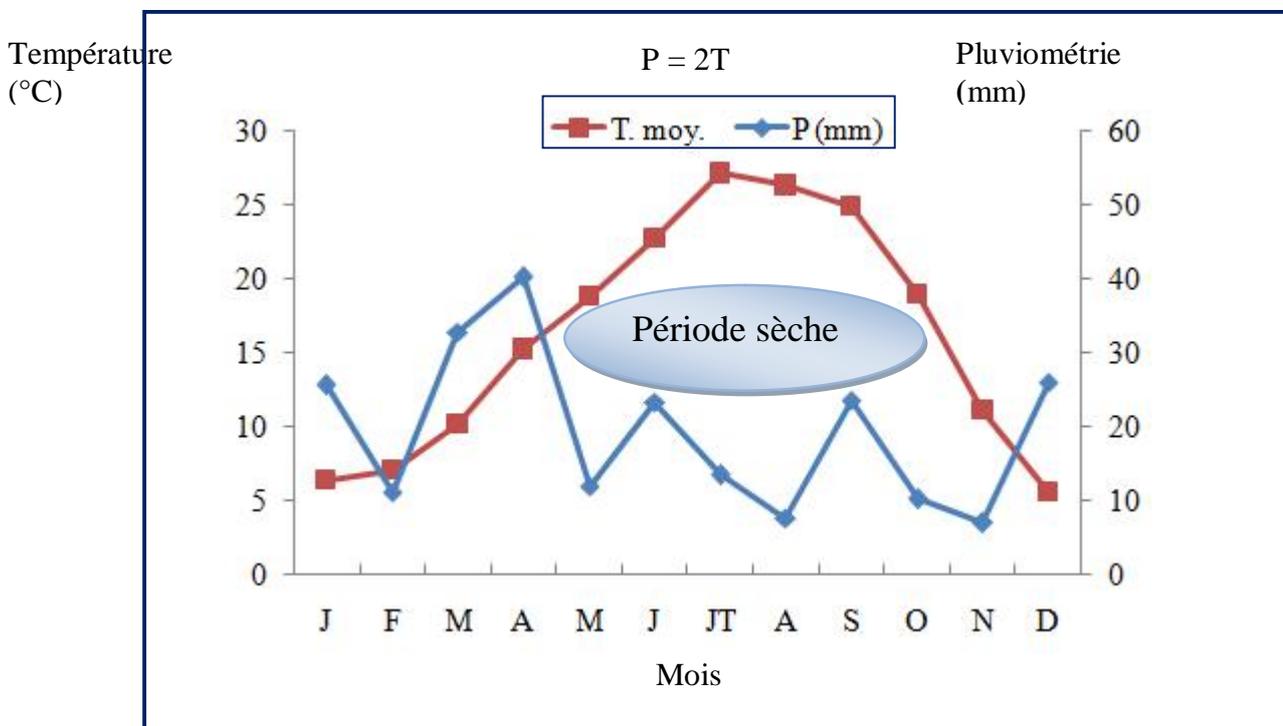


Figure 11 : Diagramme Ombrothermique de Gausson et Bagnouls de la région de Batna durant la période allant de 2013 à 2014.

II-5-2- Climagramme d'Emberger.

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

$$Q = 3,43 \times (P / (M - m))$$

Q : Quotient d'Emberger ;

P : Précipitation moyenne annuelle ;

M : Température maximale du mois le plus chaud ;

m : Température minimale du mois le plus froid ;

Les données climatiques de la région de Batna durant la campagne d'étude 2013/2014 sont indiquées dans le **Tableau 09**. Avec : P = 232.1 mm ; M = 35.11°C et m = 0.72 °C. Nous avons donc : Q = 23.14.

Cette valeur de "Q" est de 23.14 permet de situer notre région d'étude dans l'étage bioclimatique semi-aride ; caractérisé par un été chaud et un hiver frais (**Figure 12**).

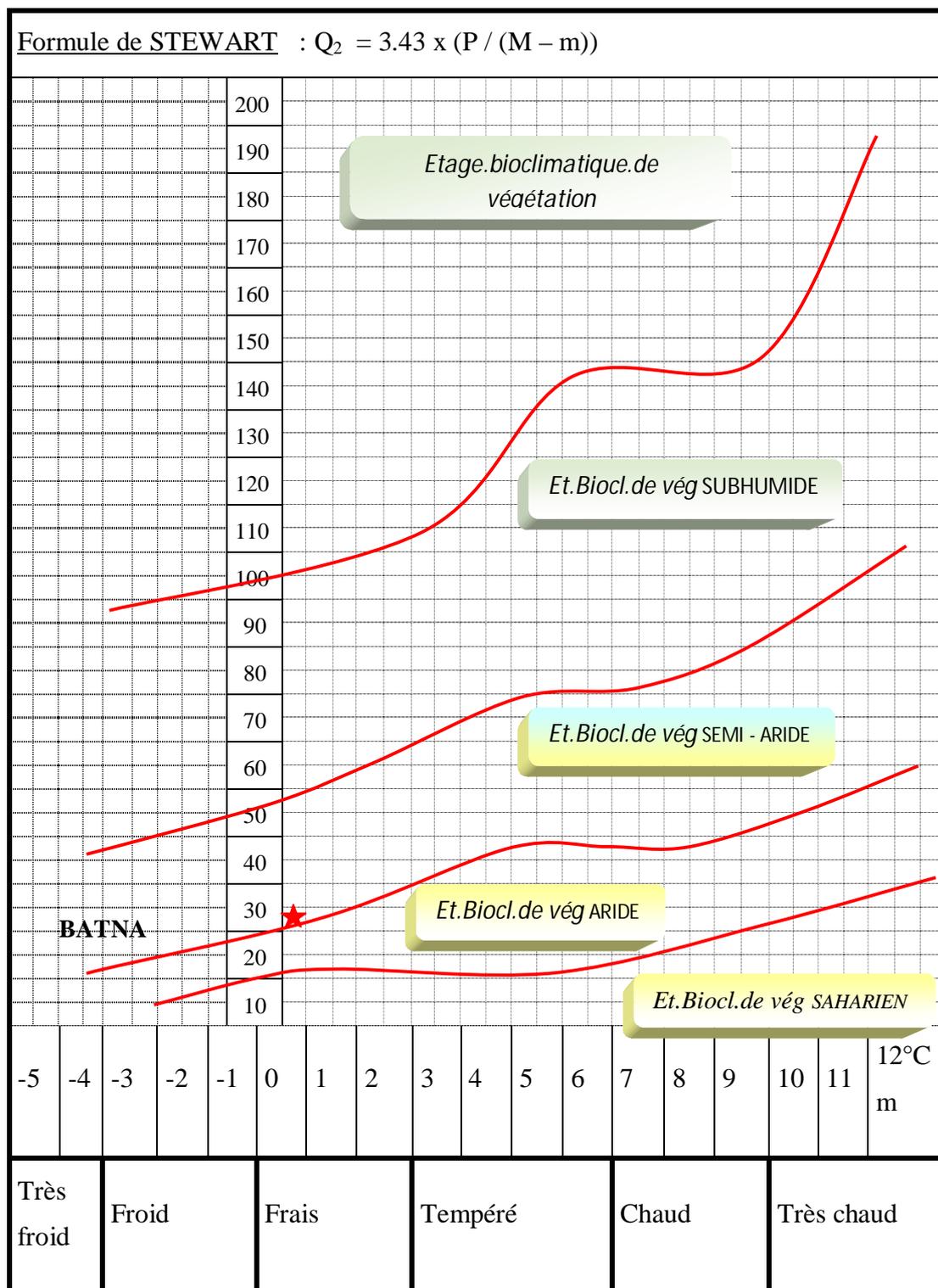


Figure 12 : Situation de la région de Batna dans le climagramme d'Emberger.

III- Présentation du verger d'étude

III-1- Composition

Le travail que nous avons mené s'est déroulé au niveau d'un verger, appartenant à l'arboriculteur Mr. Benflis, situé à l'Ouest de la wilaya de Batna, à 4 Km à l'est du chef lieu de la commune d'Oued Chaâba en face à la route nationale n°77 reliant Batna à Oued Chaâba.

Le verger s'étend sur une superficie de 3 hectares, implanté de plants fruitiers depuis la campagne 2002/2003, alimenté par un réseau d'irrigation de type Saguia. Notons aussi la présence d'un bassin d'eau d'une capacité de 1500 m³. Le pommier c'est l'espèce fruitière qui domine et occupe une superficie de 2 hectares avec trois variétés : Royal Gala, Starkrimson et Anna. En outre, nous signalons la présence de quelques arbres d'abricotiers et de cerisiers, des parcelles destinées pour d'autres spéculations comme la céréaliculture surtout l'orge en vert, d'autres pour les cultures maraichères et certaines parcelles en état de jachère (**Figure 13**).

III-2- Présentation de la parcelle d'étude

Les essais sont réalisés dans une parcelle qui comporte une seule variété : Starkrimson. La distance métrique entre les lignes et entre les arbres de la même ligne est de 3m x 3m. La parcelle expérimentale comprend 108 arbres de pommier de la variété Starkrimson. Les arbres expérimentés du verger sont taillés annuellement en forme de Goblet. Les arbres ont été éclaircis manuellement fin mai 2014(**Figure 13**).

III-3-Techniques culturales appliquées

Parmi les techniques culturales réalisées au niveau du verger, nous citons :

- ✓ Le désherbage manuel ;
- ✓ la taille pratiquée chaque année au mois de janvier ;
- ✓ L'épandage d'engrais (pendant la période d'étude aucune fertilisation n'a été effectuée) ;
- ✓ Le ramassage et l'incinération du bois taillé ;
- ✓ Les traitements phytosanitaires à base des huiles jaunes (traitements d'hiver) ainsi que l'utilisation périodique de quelques produits chimiques comme le Calypso (Thiacloprid) contre *C. pomonella* et le Penstyle (Cyhexatin) contre les acariens.

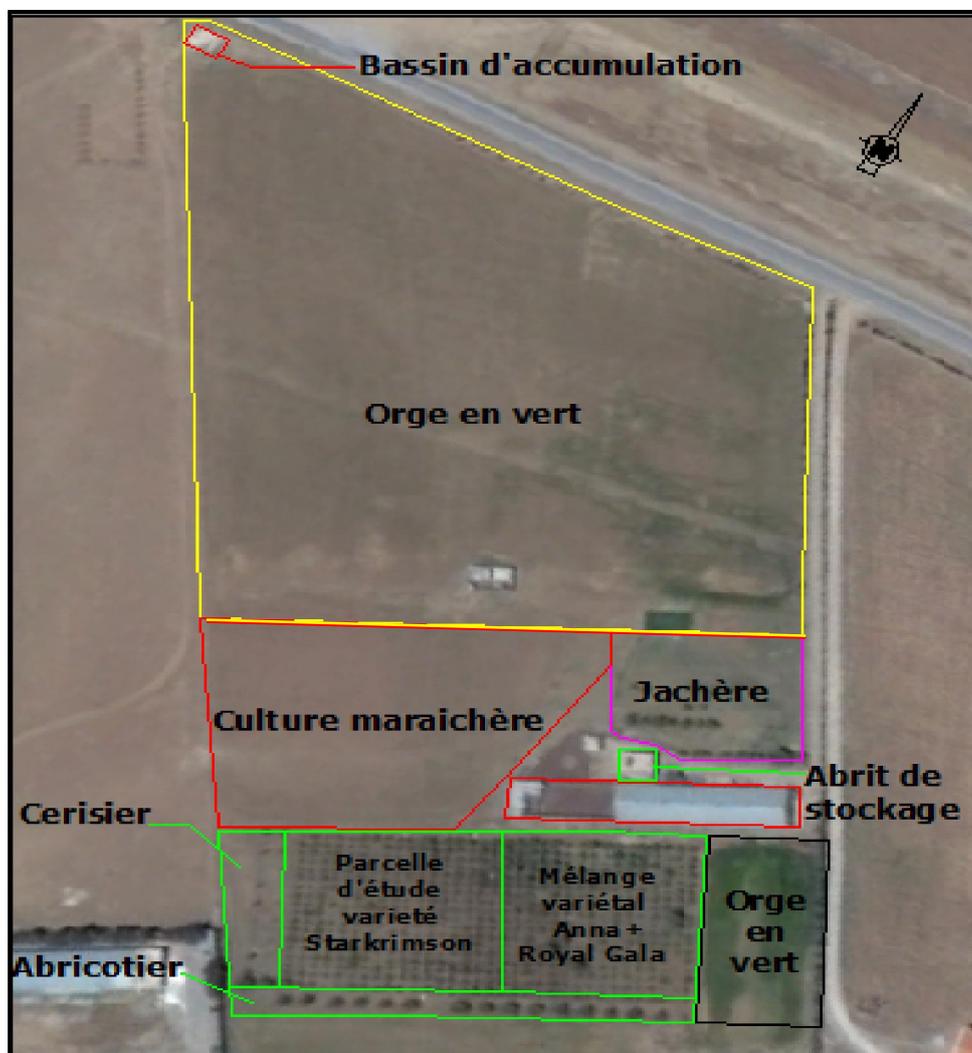


Figure 13 : Plan du verger d'étude (Google Earth, 2014).

Troisième chapitre
Matériels et méthodes

I- Matériels expérimental

I-1- Matériel végétal

Notre expérimentation est effectuée sur l'espèce du pommier variété Starkrimson, qui appartient au groupe des Delicious rouge. L'origine de ce groupe se situe aux USA, Etat d'Iowa vers 1881 (**Gautier, 2001**). Il existe de très nombreuses mutations de Richared qui se distinguent essentiellement par la coloration du fruit (**Figure 14**) (**Gautier, 2001**). L'arbre est de port semi-érigé, il se ramifie peu et la mise à fruit se fait sur des productions fructifères courtes (les spurs précisément) qui se développent essentiellement sur le bois âgé de plus de deux ans (**Trillot *et al.*, 1993**).



Figure 14 : Fruits de la variété Starkrimson (Photo personnelle).

I-2- Type et dose des sucres

Divers types de sucres ayant démontré leur influence sur le comportement du carpocapse semblent être des candidats intéressants pour l'optimisation de la lutte chimique contre ce ravageur des vergers (Ferré *et al.*, 2008).

Le choix des sucres à tester pour l'expérimentation s'est porté sur le saccharose et le fructose à cause d'une part de leur efficacité vis-à-vis de *C. pomonella* et d'autre part le faible coût (saccharose surtout) et donc du gain potentiel important du rapport efficacité/coût du traitement.

Les sucres testés proviennent de la société Fluca biochemika (pureté $\geq 99\%$) préalablement pesés et mis en tubes pour la quantité d'eau pulvérisée. Les deux types de sucre saccharose ou fructose sont expérimentés à la même dose (100 ppm = 10g / 100 L) soit 1,6 g de sucre dans 16 litres d'eau.

I-3- Insecticide biologique

C'est un produit biologique à base de virus de la granulose avec (3×10^{13} corps viraux/L) (Cory & Myers, 2003).

Le virus de la granulose est un moyen biologique et spécifique. Il présente un potentiel, exceptionnel pour lutter contre le carpocapse (Charmillot & Pasquier, 2003). Ce virus a été utilisé avec succès en Europe, aux Etats-Unis et au Canada (Aubertot *et al.*, 2006). Il agit par voie d'ingestion et provoque la mort des jeunes larves quelques jours après leurs pénétration dans les fruits (Viret *et al.*, 2003).

I-4- Matériel de pulvérisation

Pour effectuer les différents traitements, nous avons utilisé comme matériel des pulvérisateurs à dos de marque UZMAN (Figure 15) en nombre de cinq à raison d'un pulvérisateur par modalité afin d'éviter la dénaturation des produits et la contamination des sucres. Ces pulvérisateurs ont une capacité de 16 litres et une pression de type compression à main réglable à 1,5 bar. Le volume de bouillée est adapté au développement végétatif afin d'assurer un bon mouillage de la végétation (compris entre 60 à 70 L pour les 18 arbres de chaque modalité).



Figure 15 : Pulvérisateur à dos de 16 litres (Photo personnelle).

I-5- Matériel de piégeage

I-5-1- Piège à phéromones

Les captures par piégeage fournissent des informations sur la période d'activité des ravageurs, sur la présence ou l'absence de risque et fournissent l'information nécessaire à l'optimisation des programmes de pulvérisation (**Malen, 2012 ; Morel, 2013**). C'est pour cette raison un piège à phéromones de type « AA Trap » (**Figure 16**) a été installé au niveau du verger d'étude précisément dans le milieu de la parcelle (le 9^{ème} arbre qui se trouve sur la 3^{ème} Ligne) et suspendu sur une hauteur d'homme pour faciliter les relevés. Le piège sexuel est constitué pour l'essentiel d'une plaque enduite de glu sur laquelle est déposée une capsule contenant la phéromone spécifique. Celle-ci attire les papillons mâles qui viennent s'engluer (**Laamari & Saouli, 1999**).



Figure 16 : Piège à phéromones installé dans la parcelle d'étude (Photo personnelle).

I-5-2- Bandes-pièges

Pour dénombrer les populations hivernantes des larves diapausantes, on a confectionné des bandes-pièges à l'aide du matériel suivant :

- ✓ Carton ondulé (largeur : 15 cm, longueur : 50 cm, nombre : 108).
- ✓ Grillage solide de protection en plastique (même dimension et nombre que le carton ondulé).
- ✓ Fil de fer.
- ✓ Rubans adhésifs

II-Méthodes

Ce travail vise à étudier l'effet des pulvérisations des sucres seuls (saccharose 100 ppm, fructose 100 ppm), virus de la granulose (Madex[®] dose complète 100 ml/ha ou 10 ml/hl d'eau) seul ou virus de la granulose associé à l'un des deux sucres vis à vis de *C. pomonella* dans un verger situé a Limbiridi sur le pommier, variété : Starkrimson.

II-1- Marquage des arbres

Les cents huit arbres choisis des différentes modalités ont été marqués à l'aide des rubans colorés, pour les repérés et faciliter les traitements pour l'applicateur. Ces rubans sont disposés autour de la base des troncs, près du sol (**Figure 17**).



Figure 17 : Marquage des arbres à l'aide des rubans colorés (Photo personnelle).

II-2- Observations préalables

La présence du ravageur sur le site d'essai a été vérifiée par piégeage grâce à la pose d'un piège à phéromones de type « AA Trap » le 15 avril 2014. Le piège est fixé par un fil de fer à la frondaison de l'arbre, déposé à hauteur d'homme. Le changement des plaques engluées a été effectuée après un fort collage des papillons mais le changement des capsules a été réalisé tous les 40 jours selon un calendrier correspond aux dates suivantes : 24 mai, 02 juillet et le 10 août durant l'année expérimentale 2014.

Le relevé des insectes mâles dans le piège à phéromones, est effectué tous les trois jours (**Tableau 10**). Ce piège a été récupéré la fin d'octobre correspondant à la fin du cycle biologique de carpocapse.

Tableau 10 : Calendrier des relevés des mâles dans le piège à phéromones.

Mois	Jours des relevés										
	15	18	21	24	27	30					
Avril											
Mai	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	
Juin	2	5	8	11	14	17	20	23	26	29	
Juillet	2	5	8	11	14	17	20	23	26	29	
Août	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28	31
Septembre	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	

II-3- Fixation des bandes-pièges

Pour la récupération des larves (mâles et femelles) et chrysalides une bande-piège en carton ondulé (15 cm de largeur et 50 cm de longueur) est installée par arbre (**Figure 18 A**). Les bandes-pièges utilisées comportent deux feuilles de cartons ondulés superposées recouvertes d'un grillage de polyéthylène. Les trois couches sont rendues solidaires par un fil de fer. Le grillage a pour but d'empêcher les oiseaux de se nourrir des larves. Dans le cadre d'une estimation de l'inoculum présent pour l'année suivante, les bandes-pièges sont disposées autour de la base des troncs, près du sol. Elles sont mises en place le 15 avril 2014 et retirées pendant le mois de septembre 2014. La bande est alors déchirée pour prélever les larves diapausantes issues des trois générations dans des boîtes avec un couvercle bien troué (**Figure 18 B, 18 C**), afin de les identifier au laboratoire et les séparer en larves mâles et larves femelles.

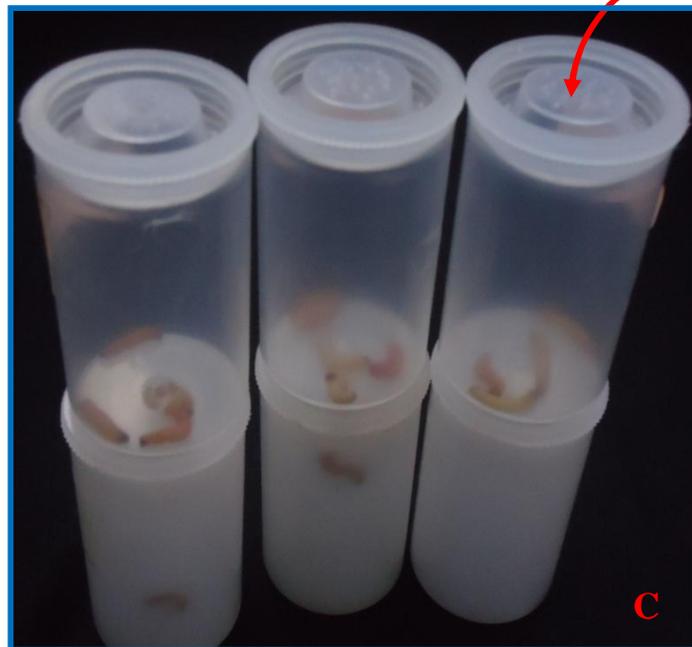


Figure 18 : Larves récupérées des bandes-pièges, A : Bande piège, B : Larves à l'intérieur du carton ondulé, C : Larves dans les boîtes plastiques (Photos personnelles).

II-4- Dispositif expérimental

L'ensemble des essais est basé sur un plan expérimental en carré latin randomisé à 3 répétitions. Ce type de plan repose sur la constitution de groupes d'unités expérimentales le plus homogènes possible appelés blocs. Toutes les modalités (6) sont réparties de manière aléatoire et indépendante de leur répartition dans les autres blocs. Le nombre des parcelles élémentaires à l'intérieure de chaque bloc est égal au nombre de modalités (6) (**Tableau 11**).

Tableau 11 : Plan expérimental de l'essai.

I 1	II 3	III 6	IV 4	V 5	VI 2
I 2	II 5	III 3	IV 1	V 4	VI 6
I 3	II 2	III 5	IV 6	V 1	VI 4
I 4	II 1	III 2	IV 3	V 6	VI 5
I 5	II 6	III 4	IV 2	V 3	VI 1
I 6	II 4	III 1	IV 5	V 2	VI 3

Les chiffres romains représentent les différents blocs et les chiffres arabes correspondent aux modalités.

Les six modalités testées et les doses appliquées pour chaque modalité sont représentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 12 : Modalités testées et doses appliquées.

Modalité	Traitement	Produit formulé et substance active	Dose
1	Témoin	Témoin	Témoin
2	Fructose	Sucre (Fructose)	10g/100L (100pmm)
3	Saccharose	Sucre (Saccharose)	10g/100L (100pmm)
4	Fructose + Insecticide biologique	Sucre + Madex [®] (Fructose + virus de la granulose)	(10g + 10 ml) / 100L
5	Saccharose + Insecticide biologique	Sucre + Madex [®] (Saccharose + virus de la granulose)	(10g + 10 ml) / 100L
6	Insecticide biologique	Madex [®] (virus de la granulose)	10 ml/100L

II-5- Réalisation des traitements

II-5-1- Pesage des sucres

La pesée des deux sucres choisis (fructose et saccharose) a été réalisée au niveau de laboratoire à l'aide d'une balance de précision de marque Sartorius ; avec un degré de précision de 0.01 mg. Les quantités pesées (100 ppm = 10g / 100 L) ont été mises dans des tubes ou « eppendorfs » pour la réalisation des traitements.

II-5-2- Pulvérisation des sucres

Les traitements sont commencés le 24 avril 2014, dès la capture des premiers mâles dans le piège à phéromones. Les pulvérisations foliaires des sucres ont été effectuées tous les 20 jours, tôt le matin de bonne heure en début de la photosynthèse, puisque les quantités des sucres de la plante sont plus faibles la nuit et remontent progressivement jusqu'à leur maximum entre 12 et 15 heures solaires. La pulvérisation foliaire était avec un jet en forme de V et n'était pas ruisselante. Selon **Derridj (2009)**, la pulvérisation sur l'écorce devrait permettre aussi la pénétration du sucre dans la plante, aussi les sucres seuls peuvent réduire les dégâts du carpocapse de 40% en moyenne.

L'objectif de cette pulvérisation est d'évaluer 'l'effet sucre' et son importance dans l'optimisation de la lutte anti-carpocapse.

II-5-3- Pulvérisation du Madex[®] seul ou associé à l'un des sucres

Les traitements au Madex[®] en association avec du sucre ou le Madex[®] seul sont commencés le 25 avril 2014 avec une pulvérisation tous les 7-14 jours en fonction de l'ensoleillement et ont été effectués à partir de la première génération de carpocapse et dès les premiers stades larvaires permettront une contamination très précoce du ravageur et baisseront rapidement le niveau de population. Le Madex[®] est fourni par la société Andermatt Biocontrol (Suisse). Une dose unique de l'insecticide biologique et des sucres a été utilisée pendant la période de l'essai.

L'objectif de cette pulvérisation est de voir d'une part l'effet des traitements par le Madex[®] seul sur *C. pomonella* et d'autre part à quel mesure l'ajout de sucre peut augmenter l'efficacité de traitement à base de l'insecticide biologique, la raison pour laquelle, la société ANADIAG a mis en évidence que la suppression des sucres dans une autre formulation de granulovirus, la carpovirusine réduit son efficacité contre le carpocapse (**Derridj et al., 2011**).

Les traitements sont réalisés sur la base d'un calendrier des traitements indiqué dans le Tableau 13.

Tableau 13 : Calendrier des traitements réalisés.

Madex®	Saccharose	Fructose	Madex® et Saccharose		Madex® et Fructose	
25 avril	24 avril	24 avril	25 avril	24 avril	25 avril	24 avril
08 mai	13 mai	13 mai	08 mai	13 mai	08 mai	13 mai
21 mai	01 juin	01 juin	21 mai	01 juin	21 mai	01 juin
03 juin	20 juin	20 juin	03 juin	20 juin	03 juin	20 juin
16 juin	09 juillet	09 juillet	16 juin	09 juillet	16 juin	09 juillet
29 juin	28 juillet	28 juillet	29 juillet	28 juillet	29 juin	28 juillet
05 juillet	16 août	16 août	05 juillet	16 août	05 juillet	16 août
11 juillet			11 juillet	22 août	11 juillet	
17 juillet			17 juillet	28 août	17 juillet	
23 juillet			23 juillet		23 juillet	
29 juillet			29 juillet		29 juillet	
04 août			04 août		04 août	
10 août			10 août		10 août	
16 août			16 août		16 août	
22 août			22 août		22 août	
28 août			28 août		28 août	

II-6- Observations principales

Les observations principales ont porté sur le dénombrement des fruits attaqués par le carpocapse et ont pour but d'apprécier l'efficacité des traitements. Ces observations ont été réalisées à la récolte des fruits, le 13 Septembre 2014.

II-6-1- Variables observées

L'observation s'est portée sur les fruits dans chaque parcelle élémentaire (les fruits examinés sur l'arbre ainsi que les fruits tombés à terre). Au cours de la saison, on a examiné les fruits tombés à terre sous les arbres repérés, après chaque examen ces fruits sont retirés de l'essai. Pour l'ensemble des fruits restant sur l'arbre, la notation a été effectuée à la récolte.

II-6-2- Epoque d'observation

Un contrôle périodique des fruits tombés à terre a été effectué à la fréquence de 10 à 15 jours avant ou après la réalisation des traitements. Un contrôle final est effectué à la récolte sur les fruits de l'arbre et ceux tombés à terre.

I-6-3- Méthode d'observation

Selon Charmillot & Höhn (2004) ; Hmimna (2007) ; Ricci *et al.*, (2007), les dégâts des fruits examinés sont classés en 3 catégories : dégâts actifs (Figure 19 A, B, C, D et Figure 20), stoppés (Figure 20) et cicatrisés (Figure 21 A et B).

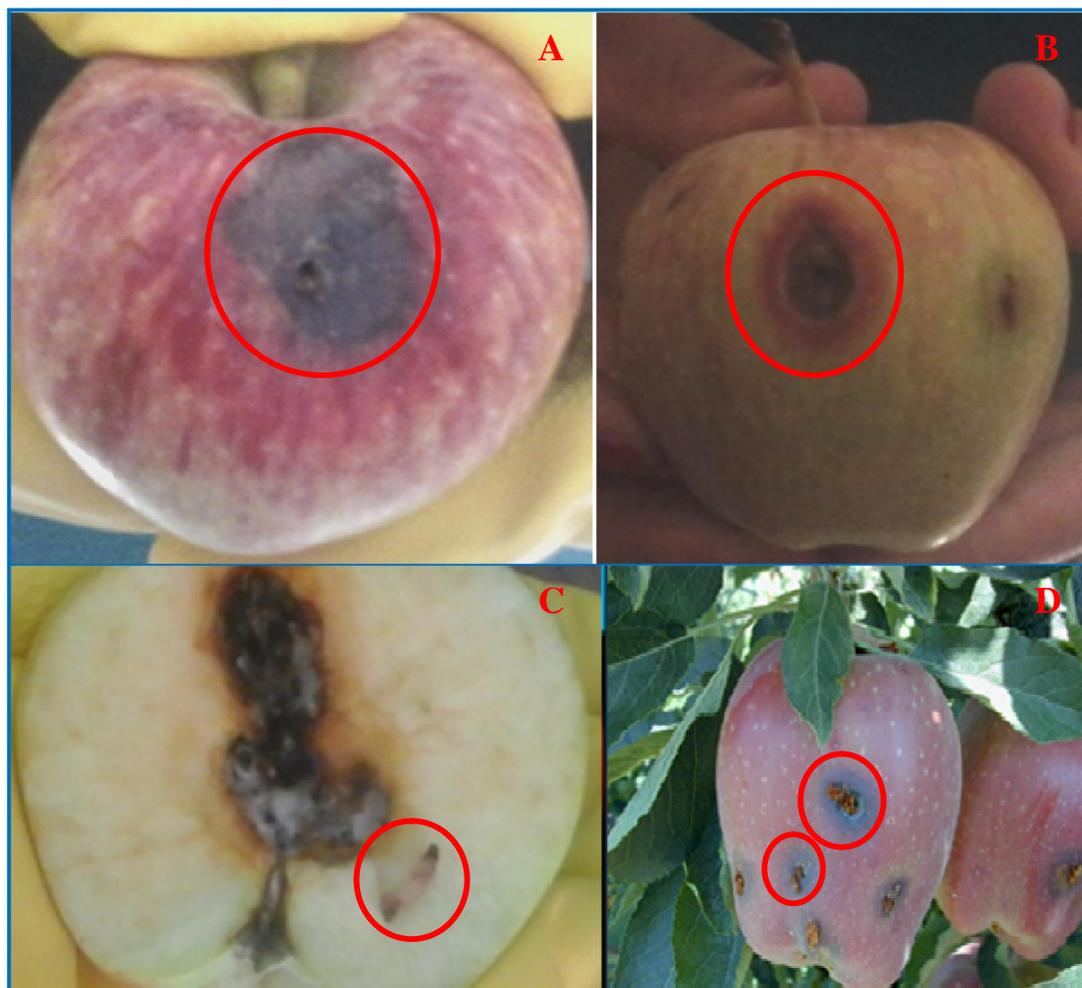


Figure 19 : Différents aspects de dégâts actifs, A : profonde entrée de la larve, B : Dégât actif avec spirale rouge, C : Larve à l'intérieur de fruit, D : Accumulation d'excréments sur la surface de la pomme suite aux multiples entrées de la larve dans le fruit (Photos personnelles).



Figure 20 : Coupes transversales des pommes de Starkrimson montrant les dégâts actifs et stoppés (Photo personnelle).

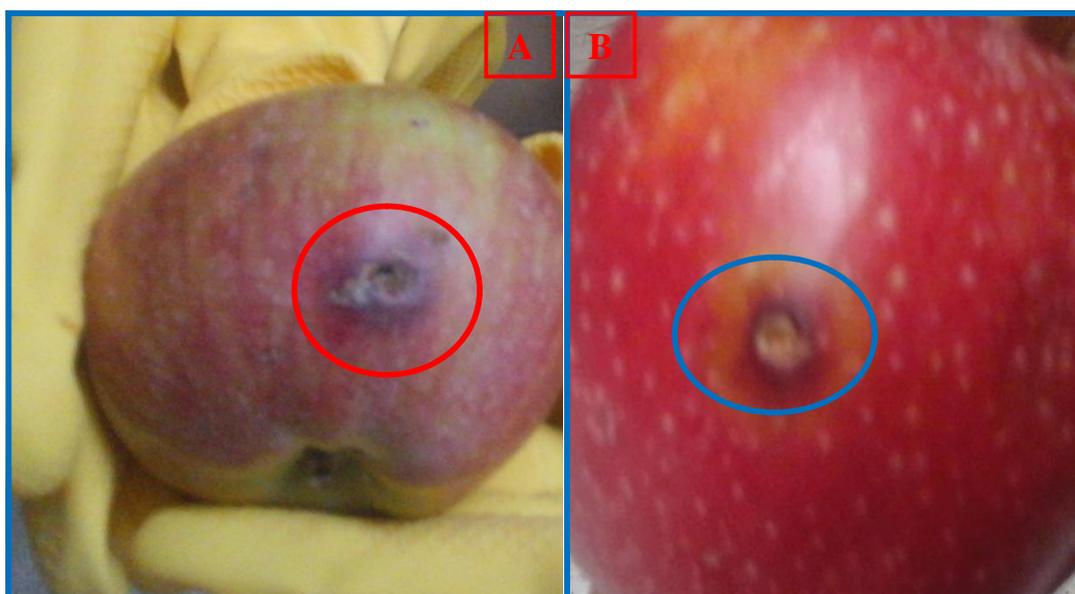


Figure 21 : Dégâts cicatrisés sur fruits de Starkrimson (A et B) (Photos personnelles).

II-6-4- Comptage des larves diapausantes

La séquestration de chenilles par bandage des troncs d'arbre des différentes modalités au moyen de carton ondulé de 15 cm de largeur et 50 cm de longueur, constitue un moyen simple et efficace d'estimation de la population de carpocapse. Chaque bande piège est prélevée dans un sac individuel étiqueté : nom de la modalité, numéro de la rangée et le numéro de l'arbre. Ainsi que, les effectifs piégés par ces bandes, installées mi- Avril et décollées après récolte (28 Septembre) ont été comptées en distinguant entre les larves mâles, les larves femelles et les chrysalides. En effet, la distinction entre les larves mâles et les larves femelles est faite selon la présence ou l'absence d'une tâche noire (appareil génital) bien visible sur la face dorsale du mâle.

II-6-5- Comptage des mâles dans le piège à phéromones

À partir du 15 Avril 2014 (date d'installation du piège dans le site d'essai), le comptage et les notations des mâles dans le piège à phéromones ont été effectués chaque 3 jour sur l'ensemble des périodes de vol de carpocapse, selon un calendrier correspond aux dates mentionnées dans le tableau 11. Ces données ont été utilisées pour la réalisation de courbe des captures moyennes des mâles en fonction de temps et sont analysées et présentées dans le chapitre IV.

III- Analyses statistiques

La comparaison des pourcentages moyens des fruits attaqués par arbre à la récolte et des fruits tombés au sol, les pourcentages moyens des attaques actives, cicatrisées et stoppées, le pourcentage de chute de pommes ainsi que le nombre moyens de larves mâles, larves femelles et chrysalides dans les bandes-pièges, ont été traités par l'analyse de la variance (ANOVA) à l'aide d'Excel Stat. L'efficacité des traitements est également calculée grâce à la formule **Abbott (1925)** :

$$\text{Efficacité} = 100 * ((T0 - Tt) / T0)$$

T0 : % total des fruits attaqués dans la parcelle témoin ;

Tt : % total des fruits attaqués dans la parcelle traitée.

Quatrième chapitre

Résultats et discussion

I-Résultats

I-1- Activité de Vol de *Cydia pomonella*

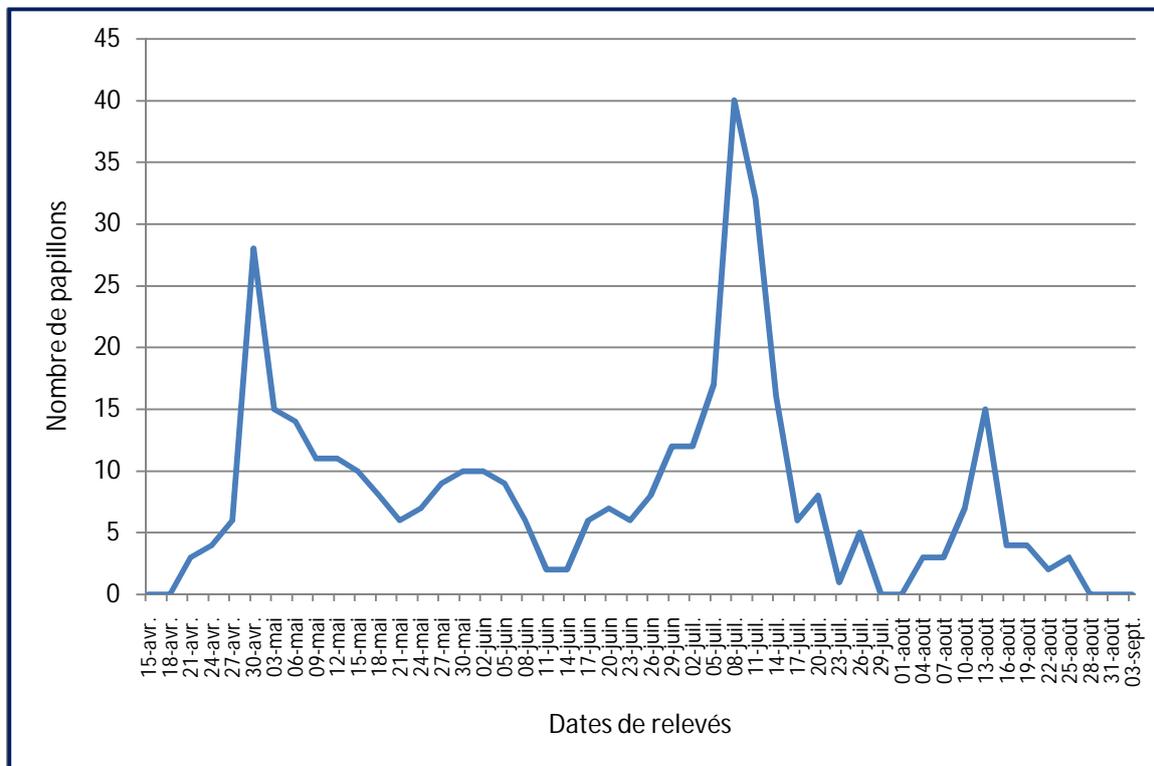


Figure 22: Activité de vol de *Cydia pomonella* L., dans le verger d'étude.

Le graphique ci-dessus représente le suivi du vol des mâles de *C. pomonella* au niveau du site de notre essai, et met en évidence la présence d'une population importante du ravageur en question (**Figure 22**).

D'après les résultats mentionnés dans la **Figure 22**, nous notons que *C. pomonella* est trivoltin et présente trois générations bien distinctes par an avec des dépassements importants des seuils de façon continue sur toute la durée de vol de carpopapse. La première génération débute le 21 avril et s'achève vers la mi-juin (deux mois environ). En effet, les papillons émergents fin avril, ils s'accouplent et pondent sur les feuilles, les rameaux ou les jeunes fruits. Les pontes et les éclosions des larves s'étalent sur mai et juin. Le pic de capture (28 papillons) a été atteint le 30 avril 2014.

Les trois générations sont réparties comme suit :

- ✓ Première génération débute le 21 avril 2014 et s'achève le 11 juin 2014.
- ✓ Deuxième génération va du 14 juin 2014 au 29 juillet 2014.

- ✓ Troisième génération s'étale de 29 juillet 2014 au 25 août 2014.

Nous remarquons que la deuxième génération présente un nombre maximal de mâles (40 mâles) capturé le 08 Juillet 2014, c'est le nombre le plus élevé par rapport au deux autres générations (1^{ère} et 3^{ème} génération) et présente aussi un niveau des captures cumulatives maximal de 169 papillons. Les captures cumulatives caractérisant la deuxième et la troisième génération étaient 178 et 43 papillons respectivement.

I-2- Dégâts larvaires sur fruits à la récolte

Le pourcentage de fruits attaqués à la récolte dans les parcelles témoins non traitées atteint $32,40\% \pm 1,38$. Alors que les modalités traitées au saccharose et du fructose tout seuls, à la dose 100 ppm pour chacun, engendrent un pourcentage de fruits attaqués à la récolte de l'ordre de $28,26\% \pm 1,38$ et $22,01\% \pm 1,13$ respectivement. Un pourcentage de fruits attaqués à la récolte a atteint $25,83\% \pm 1,03$, suite à la pulvérisation du Madex[®] tout seul. De l'autre côté, l'association du saccharose ou du fructose au virus de la granulose offre un faible pourcentage de fruits attaqués à la récolte de l'ordre de $19,92\% \pm 1,00$ et $11,05\% \pm 0,78$ respectivement (**Figure 23**).

La comparaison des pourcentages moyens des fruits attaqués à la récolte par l'analyse de la variance (ANOVA) suivie par le test de Fisher L.S.D. ($P < 0,05$) identifie 4 groupes de modalités présentant des différences significatives. La modalité du témoin non traité appartient au groupe « a », les modalités du saccharose et Madex[®] seuls appartiennent au groupe « b » ne présentent pas de différences significatives entre elles pour le pourcentage de fruits attaqués à la récolte, quant aux modalités : fructose seul et saccharose combiné au Madex[®] appartiennent au groupe « c », aussi ne présentent pas de différences significatives entre elles pour le pourcentage de fruits attaqués à la récolte. Enfin, la modalité fructose combiné au Madex[®] appartient au groupe « d » (**Figure 23**).

I-3- Efficacité des traitements Abbott

Les blocs pulvérisés au Madex[®] tout seul offre une bonne efficacité par rapport au témoin non traité de l'ordre de $19,59\% \pm 4,34$. L'efficacité des traitements au fructose seul à la dose 100 ppm offre une efficacité considérable par rapport au témoin non traité de l'ordre de $31,71\% \pm 3,42$. Aussi l'efficacité des traitements au fructose combiné au Madex[®] est très élevée par rapport au témoin non traité ; avec un pourcentage moyen d'efficacité de l'ordre de $65,74\% \pm 2,49$. La comparaison des trois modalités mentionnées ci-dessus permet de

visualiser à la fois un effet synergique de la modalité fructose combiné au Madex[®] par rapport aux deux autres modalités pulvérisés seuls (Madex[®] seul et fructose seul) et un gain d'efficacité Abbott avoisinant les 46% issu de l'ajout de fructose à l'unique dose de Madex[®].

Les parcelles pulvérisées au saccharose seul ont présenté encore une bonne efficacité par rapport au témoin non traité de l'ordre de $11.93\% \pm 5.97$. La modalité représentant l'association du saccharose avec le Madex[®] offre une efficacité considérable par rapport au témoin non traité de l'ordre de $37.99\% \pm 3.99$. Le pourcentage d'efficacité Abbott montre aussi à la fois un effet synergique pour la modalité saccharose combiné au Madex[®] par rapport aux modalités pulvérisés seuls (saccharose seul et Madex[®] seul) et un gain d'efficacité rapprochant les 18% (**Figure 24**).

La comparaison de l'efficacité moyenne des traitements Abbott par l'analyse de la variance (ANOVA) suivie par le test de Fisher L.S.D. ($P < 0.05$) identifie 3 groupes de modalités présentant des différences significatives. La modalité du fructose combiné avec le Madex[®] appartient au groupe « a ». Les modalités du fructose seul et saccharose combiné au Madex[®] appartiennent au groupe « b » ne présentent pas de différences significatives entre elles pour l'efficacité des traitements. Enfin les modalités du saccharose seul et Madex[®] seul appartiennent au groupe « c », aussi ne présentent pas de différences significatives entre elles pour l'efficacité des traitements (**Figure 24**).

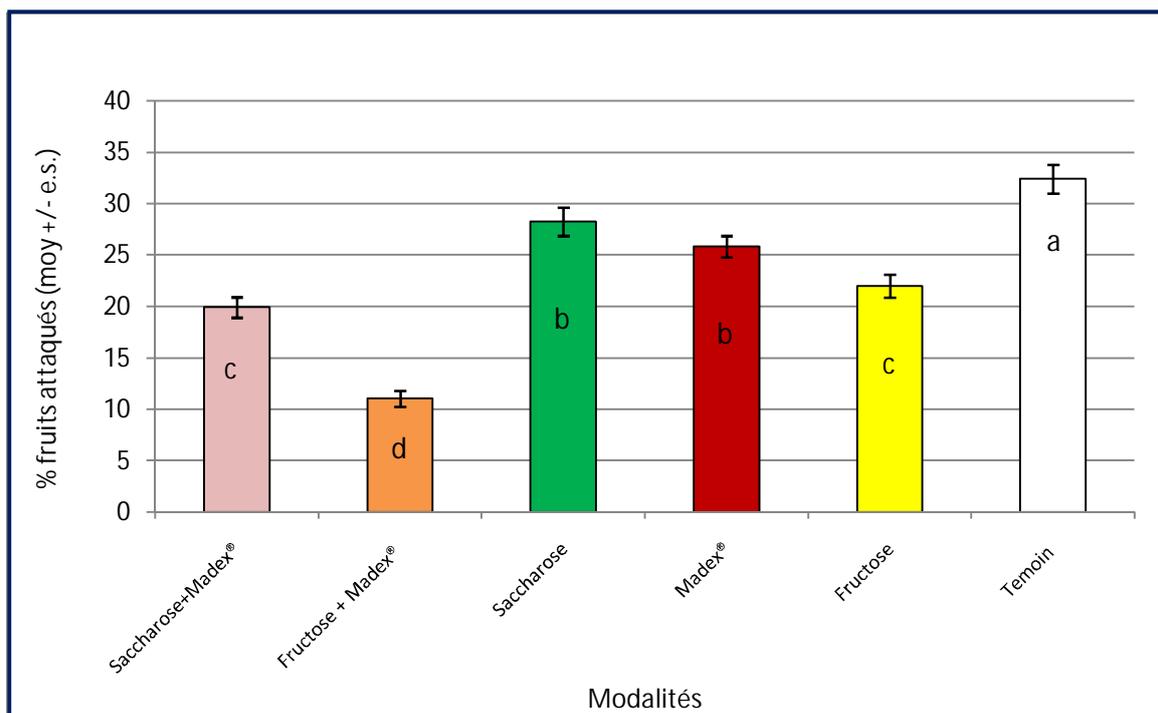


Figure 23: Pourcentage de fruits attaqués par arbre à la récolte.

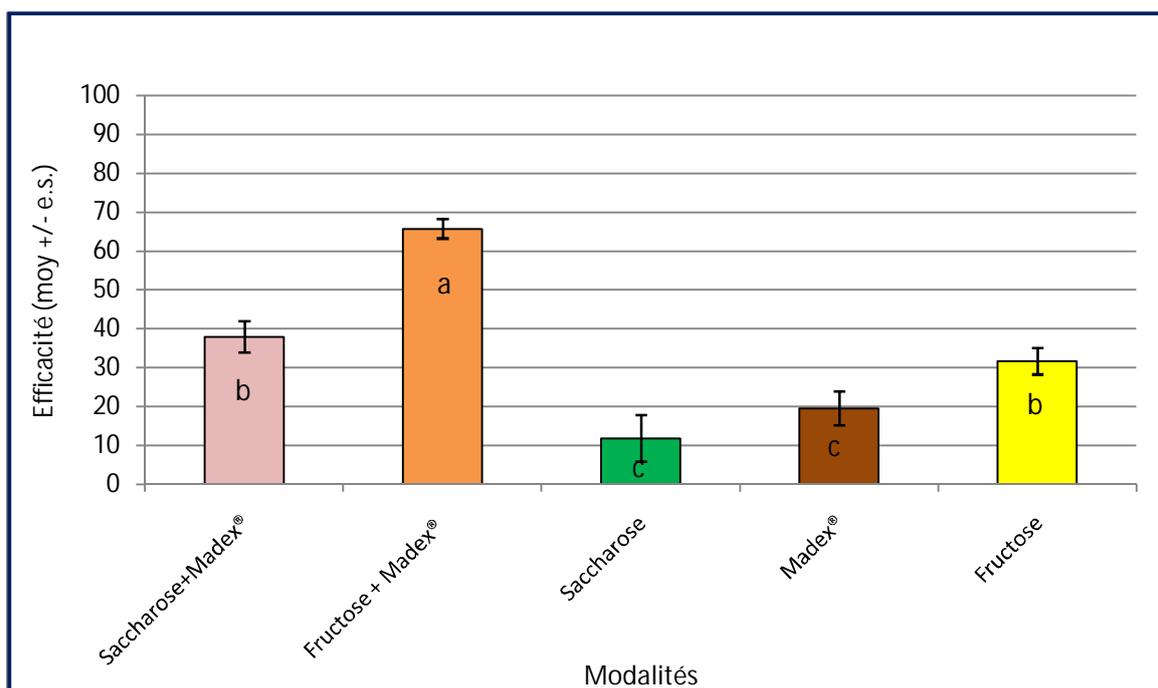


Figure 24: Efficacités des traitements Abbott (fruits attaqués par arbre à la récolte).

e.s: erreur standard.

Erreur standard = Ecart type / racine carrée de N où N = 3.

(Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes à $P < 0.05$; d'après le test Fisher L.S.D.).

I-4- Pourcentage de fruits attaqués et tombés au sol

Après examen et comptage des fruits attaqués par *C. pomonella* et tombés à terre, au niveau des parcelles témoins non traitées et celles traitées au saccharose seul, nous avons enregistré un pourcentage moyen de fruits attaqués et tombés au sol identique de l'ordre de $64.00\% \pm 2.20$ et $61.51\% \pm 1.28$ respectivement. Les traitements au Madex[®] seul engendrent des pourcentages de fruits attaqués et tombés au sol de l'ordre de $60.87\% \pm 2.60$. Tandis que le pourcentage moyen de fruits attaqués et tombés recensé au niveau des modalités traitées au fructose seul, saccharose combiné au Madex[®] et fructose combiné au Madex[®] est réduit par rapport aux parcelles témoins non traitées de l'ordre de $56.00\% \pm 1.15$, $53.73\% \pm 0.89$ et $48.36\% \pm 2.35$ respectivement (**Figure 25**).

La comparaison des pourcentages moyens des fruits attaqués et tombés au sol par l'analyse de la variance (ANOVA) suivie par le test de Fisher L.S.D. ($P < 0.05$) identifie 6 groupes de modalités présentant des différences significatives. Les modalités du témoin non traité et du saccharose seul appartiennent au groupe « a » ne présentent pas de différences significatives entre elles pour le pourcentage des fruits attaqués et tombés au sol, la modalité du Madex[®] seul appartient au groupe « ab », la modalité du fructose appartient au groupe « bc » et la modalité du saccharose combiné au Madex[®] appartient au groupe « c ». La modalité du fructose combiné avec le Madex[®] appartient au groupe « d » (**Figure 25**).

I-5- Efficacité des traitements Abbott

L'efficacité des traitements au fructose combiné au Madex[®] et saccharose combiné au Madex[®] est importante par rapport au témoin non traité ; avec un pourcentage moyen d'efficacité de l'ordre de $23.94\% \pm 4.53$ et $15.55\% \pm 3.04$ respectivement (appartiennent au même groupe « a »). Les traitements au fructose seul offrent une efficacité considérable de l'ordre de $11.88\% \pm 4.08$ par rapport au témoin non traité. L'efficacité des traitements au Madex[®] seul et saccharose seul est bonne par rapport au témoin non traité avec un pourcentage de l'ordre de $3.71\% \pm 7.61$ et $3.12\% \pm 4.76$ respectivement (appartiennent au même groupe « b ») (**Figure 26**). L'association fructose avec Madex[®] engendre un effet synergique par rapport aux deux modalités pulvérisées seul (fructose seul et Madex[®] seul) et l'efficacité Abbott montre aussi un gain d'efficacité avoisinant les 20%. Encore la modalité saccharose combiné au Madex[®] offre un effet synergique par rapport aux deux modalités (saccharose seul et Madex[®] seul) et un gain d'efficacité Abbott de l'ordre de 12%.

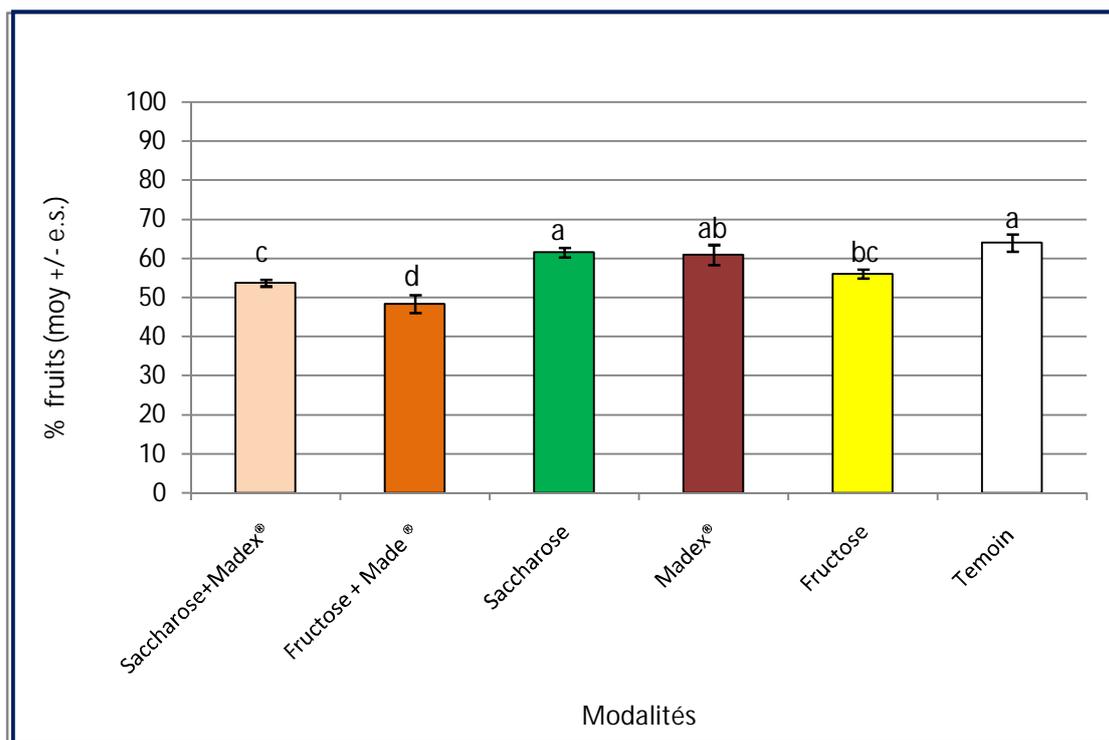


Figure 25: Pourcentage de fruits atteints et tombés au sol.

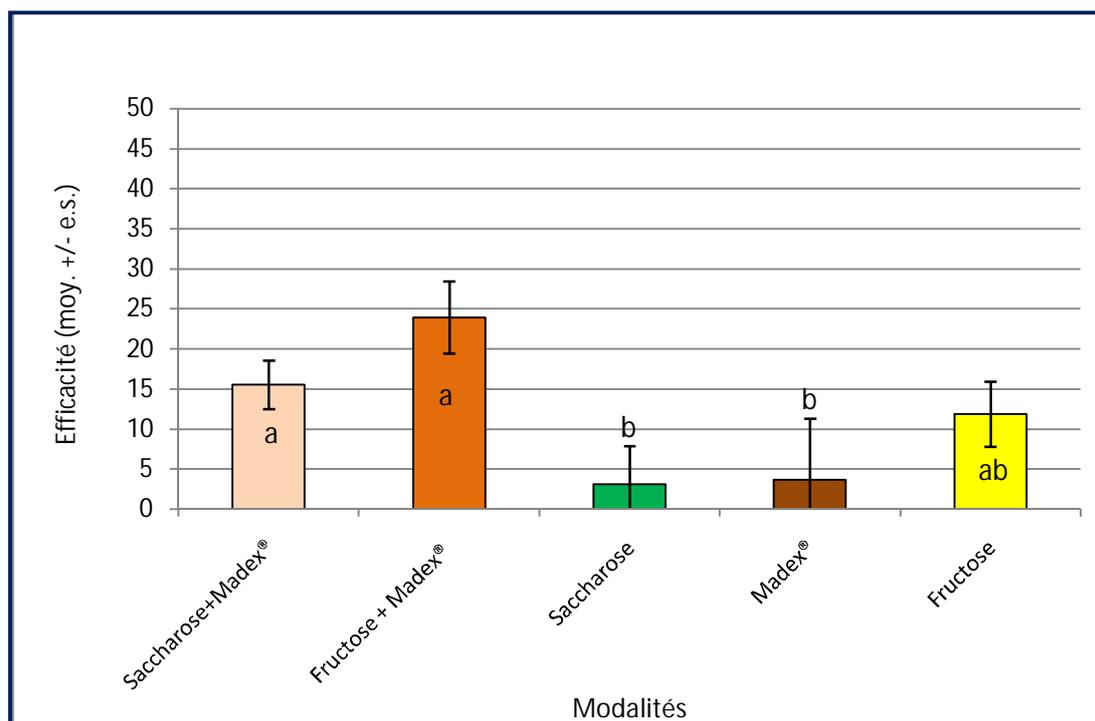


Figure 26: Efficacité des traitements Abbott (fruits atteints et tombés au sol).

e.s. : erreur standard.

Erreur standard = Ecart type / racine carrée de N où N = 3.

(Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes à $P < 0.05$).

La comparaison de l'efficacité moyenne des traitements Abbott par l'analyse de la variance (ANOVA) suivie par le test de Fisher L.S.D. ($P < 0.05$) identifie 3 groupes de modalités présentant des différences significatives. Les modalités représentant les deux associations fructose combiné au Madex[®] et saccharose combiné au Madex[®] appartiennent au groupe « a » ne présentent pas de différences significatives entre elles pour l'efficacité des traitements. La modalité du fructose seul appartient au groupe « ab ». Finalement, les traitements aux Madex[®] seul et saccharose seul appartiennent au groupe « b » ne présentent pas de différences significatives entre elles pour l'efficacité des traitements (**Figure 26**).

I-6- Attaques larvaires cicatrisées, stoppées et actives sur les fruits à la récolte

Les pulvérisations foliaires, de la variété Starkrimson, par le Madex[®] seul engendrent un pourcentage d'attaques stoppées de l'ordre de $49.49\% \pm 1.01$ trois fois plus élevé que les cicatrisées $15.46\% \pm 1.01$ et proche à celui des attaques actives $34.33\% \pm 1.53$. Les traitements au saccharose seul, à la dose 100 ppm, provoquent un pourcentage d'attaques actives de l'ordre de $59.29\% \pm 1.33$ quatre fois plus élevé que celui des stoppées $5.21\% \pm 1.46$ et deux fois plus élevé que les cicatrisées $28.52\% \pm 1.25$. Tandis que, les traitements au saccharose combiné au Madex[®] engendrent un pourcentage d'attaques stoppées de l'ordre de $43.80\% \pm 4.68$ et actives $33.22\% \pm 4.18$ presque identiques et sont moyennement élevées par rapport aux attaques cicatrisées $21.02\% \pm 2.53$ (**Figure 27**).

Les blocs pulvérisés par le fructose tout seul ont révélé un pourcentage d'attaques cicatrisées de l'ordre de $48.73\% \pm 1.96$, deux fois plus élevé que celui des attaques actives $19.70\% \pm 1.60$, et légèrement élevé par rapport aux attaques stoppées $31.57\% \pm 1.93$. Alors que le pourcentage d'attaques stoppées ($51.47\% \pm 3.46$) observé suite aux traitements du fructose combiné au Madex[®] est trois fois plus élevé que le pourcentage d'attaques actives $16.05\% \pm 4.88$ et il est élevé par rapport au pourcentage d'attaques cicatrisées $32.48\% \pm 4.20$. Arrivant aux parcelles témoins non-traitées ont présenté un pourcentage d'attaques actives surprenant de l'ordre de $66.75\% \pm 1.46$, sept fois plus élevé que le pourcentage d'attaques cicatrisées ($9.42\% \pm 1.18$) et presque 3 fois plus élevé que le pourcentage d'attaques stoppées $23.83\% \pm 2.29$ (**Figure 27**).

La comparaison des pourcentages moyens d'attaques cicatrisées, stoppées et actives par l'analyse de la variance (ANOVA) suivie par le test de Fisher L.S.D. ($P < 0.05$) identifie trois groupes pour l'ensemble des modalités. La modalité Madex[®] avec le groupe « a » pour les attaques stoppées, « b » pour les attaques actives et « c » pour les attaques cicatrisées. La modalité saccharose seul avec le groupe « a » pour les attaques actives, « b » pour les attaques

cicatrisées et «c » pour les attaques stoppées. La modalité fructose seul avec le groupe « a » pour les attaques cicatrisées, « b » pour les attaques stoppées et «c » pour les attaques actives. La modalité de saccharose combiné au Madex[®] avec le groupe « a » pour les attaques stoppées, « b » pour les attaques cicatrisées, «ab » pour les attaques actives. La modalité de fructose combiné au Madex[®] avec le groupe « a » pour les attaques stoppées, « b » pour les attaques cicatrisées, «c » pour les attaques actives. Enfin, la modalité du témoin est identifiée avec le groupe « a » pour les attaques actives, « b » pour les attaques stoppées, «c » pour les attaques cicatrisées (**Figure 27**).

I-7- Attaques larvaires cicatrisées, stoppées et actives sur les fruits attaqués et tombés au sol

Le contrôle périodique des fruits tombés à terre dans les parcelles élémentaires repérées et pulvérisées par les différents traitements (Madex[®] seul ou associé à l'un des sucres) a permis de recenser trois types de dégâts dans les différentes modalités étudiées.

Les pulvérisations foliaires, de la variété Starkrimson, par le Madex[®] tout seul engendrent un pourcentage d'attaques actives de l'ordre de $53.53\% \pm 1.44$ presque quatre fois plus élevé que celui d'attaques cicatrisées $13.83\% \pm 1.48$ et moyennement élevée par rapport aux attaques stoppées $32.65\% \pm 2.50$. Alors que les traitements au saccharose seul, à la dose 100 ppm, provoquent un pourcentage d'attaques actives de l'ordre de $69.59\% \pm 2.73$ qui dépasse largement (sept fois) le pourcentage d'attaque cicatrisées $9.59\% \pm 1.30$ et trois fois le pourcentage d'attaques stoppées $22.06\% \pm 2.66$. Tandis que des pourcentages significativement identiques d'attaques cicatrisées et actives ont été observés suite à la pulvérisation du saccharose combiné au Madex[®] qui sont de l'ordre de $23.66\% \pm 5.12$ et $25.73\% \pm 4.03$ respectivement et le pourcentage d'attaques actives de l'ordre de $50.61\% \pm 3.85$ est deux fois plus élevé que le pourcentage d'attaques cicatrisées et actives.

Les blocs pulvérisés au fructose seul offrent un pourcentage d'attaques actives de l'ordre de $53.00\% \pm 0.61$ plus élevé par rapport à celui d'attaques cicatrisées $30.72\% \pm 2.20$ et plus élevés (trois fois) plus que le pourcentage d'attaques stoppées $16.28\% \pm 2.42$. Les traitements au fructose associé au Madex[®] engendrent un pourcentage d'attaques stoppées de l'ordre de $56.93\% \pm 3.66$, quatre fois plus élevé que le pourcentage d'attaques actives $13.32\% \pm 2.72$ et presque 2 fois plus élevé que le pourcentage d'attaques cicatrisées $29.75\% \pm 2.48$). Finalement, dans les parcelles témoins non traitées nous enregistrons un pourcentage d'attaques actives surprenant de l'ordre de $69.64\% \pm 2.58$, six fois plus élevé que le

pourcentage d'attaques cicatrisées $11.44\% \pm 1.26$ et trois fois plus élevé que le pourcentage d'attaques stoppées $21.95\% \pm 2.81$ (**Figure 28**).

La comparaison des pourcentages moyens d'attaques cicatrisées, stoppées et actives par l'analyse de la variance (ANOVA) suivie par le test de Fisher L.S.D. ($P < 0.05$) identifie 3 groupes pour les trois modalités Madex[®], saccharose et témoin avec le groupe « a » pour les attaques actives, « b » pour les attaques stoppées, « c » pour les attaques cicatrisées. Aussi la modalité fructose avec trois groupes, le groupe « a » pour les attaques actives, « b » pour les attaques cicatrisées, « c » pour les attaques stoppées. La modalité de fructose combiné au Madex[®] avec le groupe « a » pour les attaques stoppées, « b » pour les attaques cicatrisées, « c » pour les attaques actives. Alors que la modalité de saccharose combiné au Madex[®] est identifiée seulement par deux groupes, le groupe « a » pour les attaques stoppées, le groupe « b » pour les attaques actives et cicatrisées (**Figure 28**).

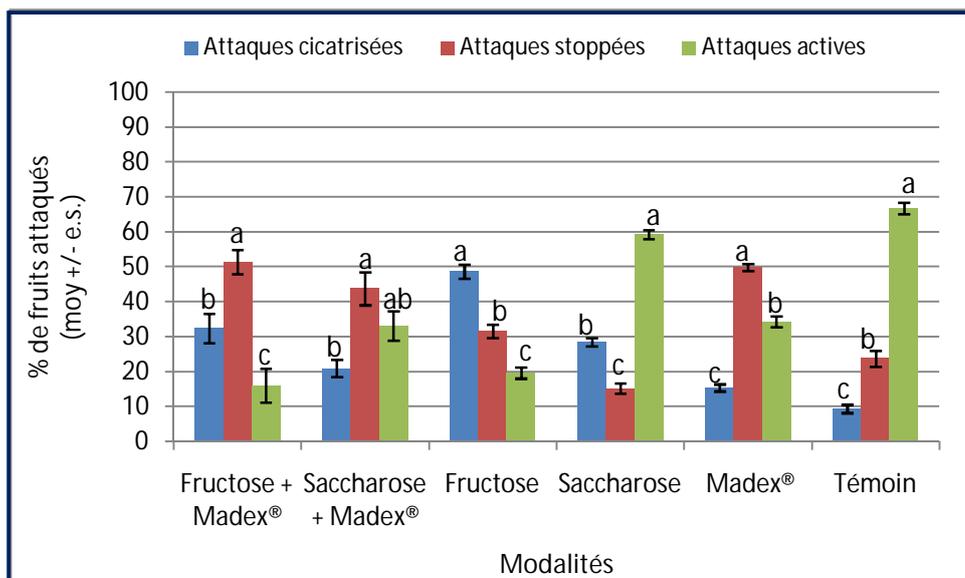


Figure 27: Attaques larvaires cicatrisedes, stoppees et actives sur les fruits de Starkrimson à la récolte.

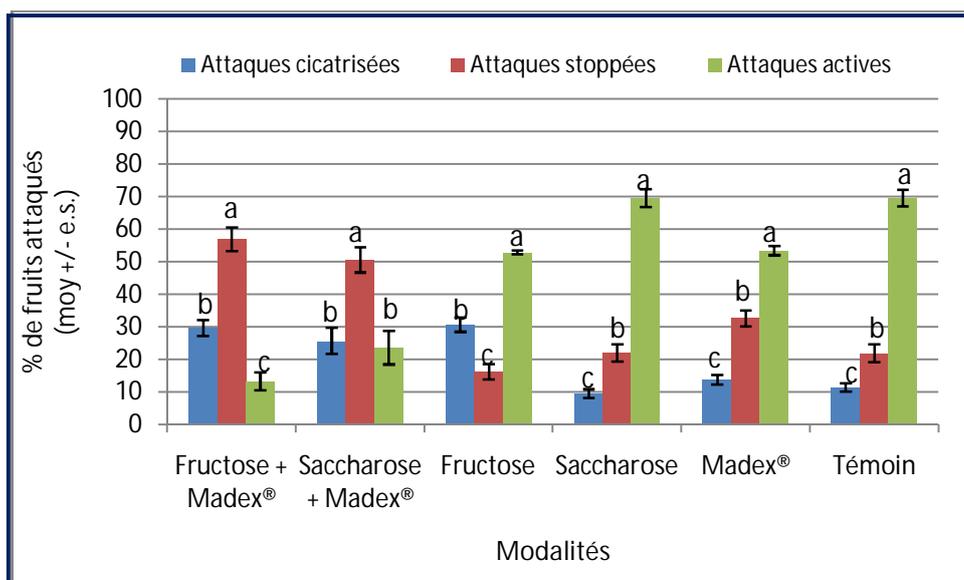


Figure 28 : Attaques larvaires cicatrisedes, stoppees et actives sur les fruits de Starkrimson tombés au sol.

I-8- Pourcentage de pommes tombées au sol

Le dénombrement périodique de fruits tombés à terre au niveau des parcelles élémentaires, varie en fonction de chaque modalité. La majorité des blocs traités présentent un taux de pommes tombées significativement différent et inférieur à la modalité témoin $71,98 \pm 3,03$. Les parcelles pulvérisées au fructose combiné au Madex[®] engendrent un pourcentage moyen de chute finale le plus faible de l'ordre de $17,79 \pm 1,87$, suivi des arbres pulvérisés au saccharose combiné au Madex[®] avec un pourcentage moyen de fruits tombés de $23,67 \pm 2,58$. Le pourcentage moyen de fruits tombés recensé au niveau des modalités traitées au fructose seul est de l'ordre $25,00 \pm 2,06$. La modalité pulvérisée au Madex[®] seul présente un pourcentage moyen de fruits tombés de $31,14 \pm 2,00$. Enfin, la modalité traitée au saccharose seul, quant à elle, offre un pourcentage moyen de fruits tombés au sol de l'ordre de $45,83 \pm 1,77$ (**Figure 29**).

L'analyse de la variance des taux des chutes finaux a révélé l'existence d'une différence significative entre les différentes modalités. Le test de Fisher L.S.D. ($P < 0.05$) a permis la distinction de 6 groupes. Le témoin non traité appartient au groupe « a », la modalité saccharose seul appartient au groupe « b », la modalité du Madex[®] seul appartient au groupe « c », la modalité du fructose appartient au groupe « cd » et la modalité du saccharose combiné au Madex[®] appartient au groupe « de ». Enfin, la modalité du fructose combiné avec le Madex[®] appartient au groupe « e » (**Figure 29**).

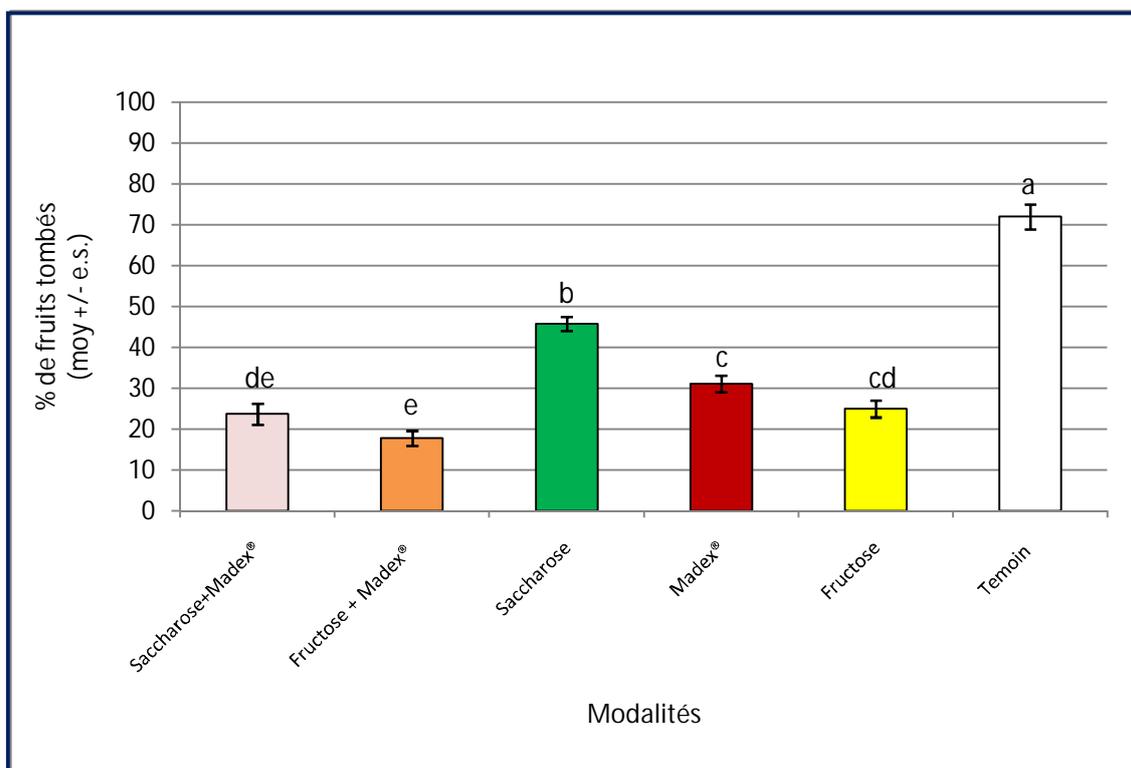


Figure 29: Pourcentage de pommes tombées en fonction des modalités.

I-9- Nombre des larves mâles, femelles et chrysalides dans les bandes pièges

Le dénombrement des larves diapausantes au niveau des cartons ondulés posés autour des troncs des modalités traités par le fructose tout seul, le saccharose combiné au Madex[®] et le fructose combiné au Madex[®] comptait significativement une diminution progressive de nombre moyen de chrysalides (0.17 ± 0.07) (0.06 ± 0.06) (0.00 ± 0.00) respectivement par rapport aux larves mâles et femelles qui sont de l'ordre de [(0.39 ± 0.10), (0.83 ± 0.14)], [(0.39 ± 0.13), (0.56 ± 0.20)] et [(0.11 ± 0.07), (0.17 ± 0.07)] respectivement. Alors que pour les trois modalités témoin non traité, saccharose seul et Madex[®] seul, le nombre moyen des larves femelles est respectivement de l'ordre de 4.11 ± 0.44 , 2.22 ± 0.36 et 0.89 ± 0.20 dépasse celui des mâles et des chrysalides [(2.56 ± 0.29), (0.94 ± 0.32)], [(1.33 ± 0.34), (0.78 ± 0.32)] et [(0.67 ± 0.19), (0.56 ± 0.11)] (**Figure 30**).

La comparaison du nombre moyen des larves diapausantes et chrysalides par l'analyse de la variance (ANOVA) suivie par le test de Fisher L.S.D. ($P < 0.05$) identifie quatre groupes. Les deux modalités Madex[®] seul et fructose combiné au Madex[®] sont identifiées par un seul groupe qui est le groupe « a » (larves femelles), (larves mâles) et (chrysalides). Les deux modalités saccharose seul et saccharose combiné au Madex[®] sont identifiées par trois groupes, le groupe « a » pour les larves femelles, le groupe « ab » pour les larves mâles, le groupe « b » pour les chrysalides. Aussi la modalité du témoin est identifiée par trois groupes, le groupe « a » pour les larves femelles, le groupe « b » pour les larves mâles, le groupe « c » pour les chrysalides. La modalité du fructose seul identifiée seulement par deux groupes, le groupe « a » pour les larves femelles, le groupe « b » pour les larves mâles et chrysalides (**Figure 30**).

I-10- Effet des traitements sur les larves diapausantes et chrysalides en fonction des modalités

La modalité traitée au fructose combiné au Madex[®], présente un nombre moyen de larves diapausantes et chrysalides très réduit de l'ordre de 0.28 ± 0.10 par rapport au témoin non traitées (7.61 ± 0.40). Les blocs pulvérisés au saccharose combiné au Madex[®] ont révélé un nombre moyen de larves diapausantes et chrysalides très faible de l'ordre de 1.00 ± 0.27 par rapport au témoin non traité (7.61 ± 0.40). Les modalités traitées au fructose seul ont présentés un nombre moyen de larves diapausantes et chrysalides très faible de l'ordre de 1.39 ± 0.16 . Les parcelles pulvérisées au Madex[®] seul ont montré un nombre moyen de larves

diapausantes et chrysalides faible de l'ordre de 2.11 ± 0.33 par rapport au témoin non traité (7.61 ± 0.40). Les parcelles traitées au saccharose seul ont présenté aussi un nombre moyen de larves diapausantes et chrysalides faible de l'ordre de 4.33 ± 0.32 par rapport au témoin non traitées (7.61 ± 0.40) (**Figure 31**).

La comparaison du nombre moyen de larves diapausantes et chrysalides par l'analyse de la variance (ANOVA) suivie par le test de Fisher L.S.D. ($P < 0.05$) identifie 6 groupes : pour la modalité témoin non traité est représentée par le groupe « a », le groupe « b » pour la modalité saccharose seul, le groupe « c » pour la modalité Madex[®] seul, le groupe « cd » pour la modalité fructose seul, le groupe « de » pour la modalité saccharose combiné au Madex[®] et enfin le groupe « e » pour la modalité fructose combiné au Madex[®] (**Figure 31**).

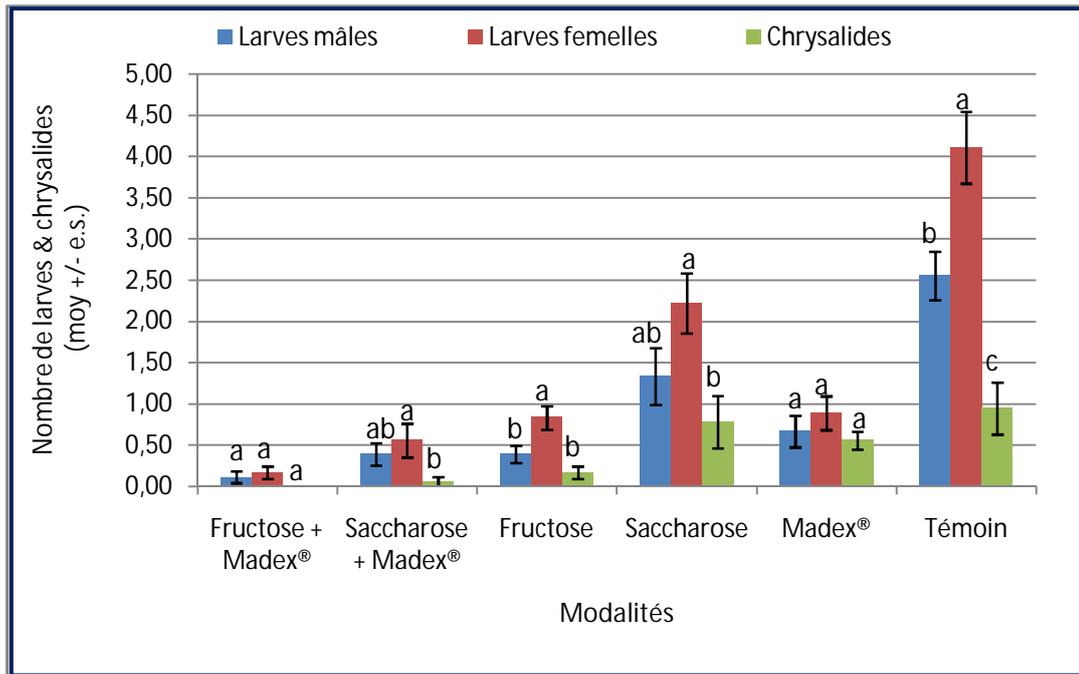


Figure 30: Nombre de larves mâles, femelles et chrysalides dans les bandes pièges.

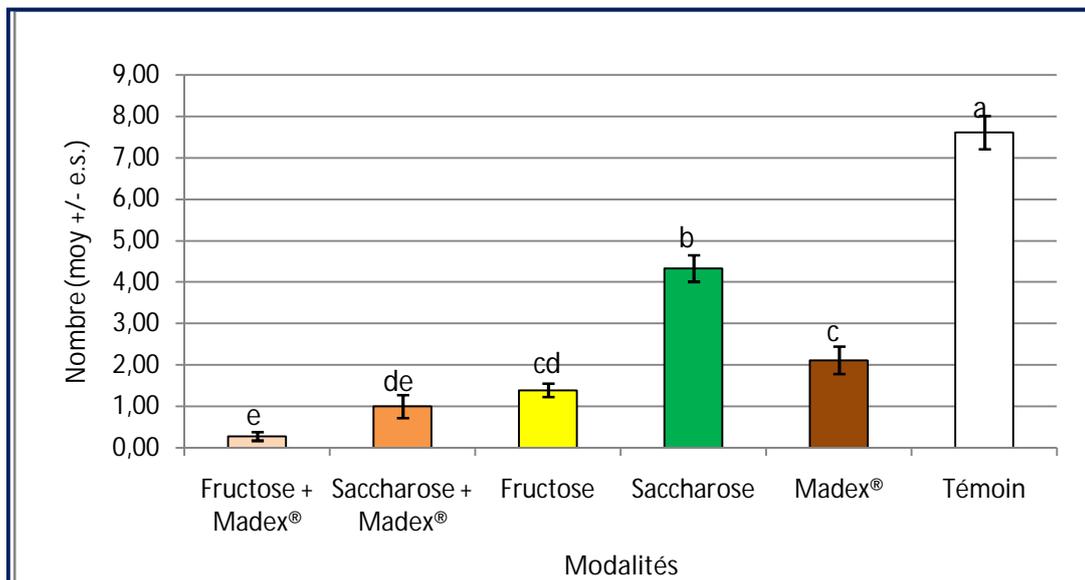


Figure 31: Effet des traitements sur les larves diapausantes et chrysalides en fonction des modalités.

II-Discussion

Le carpocapse des pommes et des poires est l'un des insectes ravageurs majeurs les plus nuisibles dans les vergers de pommier (**Paul, 2013**). Il est responsable de dégâts quantitatifs (perte de production) et surtout qualitatifs (formation de perforations) à l'origine de diverses altérations et maladies de conservation (**Benoit et al., 2009**). Les vergers constituent donc son habitat, ce dernier peut être plus ou moins favorable selon le type de lutte mise en œuvre dans les vergers pour réduire les populations de ce ravageur (**Ricci, 2009**). À partir de cette étude nous avons tracé le point sur ce ravageur et nous avons abordé quelques moyens de lutte pour voir l'importance de ces derniers dans l'optimisation de la lutte anti-carpocapse.

Le piégeage sexuel est l'une des techniques à mettre nécessairement en œuvre afin de mieux comprendre les périodes de vol de l'insecte, le suivi des captures ainsi que de bien positionner les traitements et diriger la lutte anti-carpocapse (**Audemard, 1991**).

Le suivi de l'activité de vol de *Cydia pomonella*, par l'installation d'un piège à phéromones dans le site d'essai, a révélé trois générations avec une dominance de la première. Selon **Audemard (1976)** ; **Mills et al., (2000)** ; **Caprile & vossen (2005)**, le nombre de génération de *C. pomonella* varie de 1 à 4 selon le climat, l'année et dans certains cas, la plante-hôte. La durée d'une génération varie de 30 à 40 jours, selon les conditions environnementales. La durée de la première génération de l'œuf à papillon dure 50 à 60 jours en moyenne (**Coutin, 1960**).

Au printemps et au courant du mois d'avril, les chenilles se nymphosent et se chrysalident en avril environ une semaine après la nouaison du pommier. Cette période dure 20 à 30 jours (**Gautier, 1988 ; 2001**). **Ayral (1969)**, signale que le pourcentage de chenilles nymphosées augmente rapidement durant le mois de mai. D'après **Coutin (1960)**, au moment de son émergence, le papillon perfore les parois du cocon à l'extrémité antérieure et s'engage par la fente ainsi aménagée en entraînant la dépouille nymphale derrière lui, où elle reste fixée au cocon par son extrémité postérieure.

Le vol des adultes débute de la fin du mois de mai et se poursuit durant le mois de juin et de juillet (**Welty, 1992**). Selon la précocité de l'année, les premières sorties de la population hivernante débute au mois de mars. La sortie est ensuite échelonnée sur un peu plus de deux mois (**Charmillot & Höhn, 2004**).

Selon **Audemard (1976)**, le nombre de génération augmente au fur et à mesure que l'on va vers l'équateur en plaine. On observe 2 ou 3 générations en Australie, l'Afrique du nord et du sud aux Etats-Unis en Californie et au Colorado.

En Algérie, le carpocapse présente 2 à 4 générations selon les régions et les années. **Soltani et al., (1986)** rapportent que, dans la région d'Annaba, le carpocapse présente quatre générations. Alors que la région de Mitidja présente trois générations qui commencent du mois d'avril jusqu'au mois de septembre (**Bouanane, 2008**). Le nombre de génération diminue avec l'augmentation de l'altitude (**Balachowsky, 1966**), nous pouvons citer les exemples suivants :

- ✓ Annaba d'une altitude de 1008 m : 4 générations par année (**Soltani et al., 1986**).
- ✓ Sétif d'une altitude de 1080 m : 3 générations par année (**Saouli, 1993**).
- ✓ Ichmoul d'une altitude de 1500 m : 2 générations par année (**Saouli, 1993**).
- ✓ Chelia d'une altitude de 1450 m : 2 générations par année (**Saouli, 1993**).
- ✓ Yabous d'une altitude de 1200 m : 3 générations par année (**Saouli, 1993**).
- ✓ Ain Touta d'une altitude de 909 m : 3 générations par année (Bouhidel, 1992 **cité par Razi, 1997**).
- ✓ Inoughissen d'une altitude de 1316 m : 2 générations par année (**Messaoudi, 1997**).
- ✓ Bouhmama d'une altitude de 1150 m : 2 générations par année (Lakhdari, 1991 **cité par Nasri, 2000**).
- ✓ Tazoult d'une altitude de 1200 m : 3 générations par année (**Brahim, 2010**).
- ✓ Limbiridi d'une altitude de 980 m : 3 générations par année (**Brahim, 2010**).

Nos résultats ont révélé une capture cumulative de 178 papillons avec un pic maximal de capture de 40 papillons caractérisant la deuxième génération. Des suivis des captures des mâles de carpocapse menés sur trois campagnes 2011/2012, 2012/2013 et 2013/2014 par la **S.R.P.V. d'Ain- touta** au niveau des vergers traités chimiquement ont donné une moyenne de capture cumulative importante de l'ordre de 390. Cette différence de capture pourrait être expliquée entre autre par les différents traitements réalisés dans notre site d'essai (Madex[®] seul, fructose seul, saccharose seul ainsi que l'association Madex[®] à l'un des deux sucres).

Les parcelles témoins non traitées et les arbres qui limitent le site de l'essai ont connu un taux d'infestation important par *C. pomonella* s'élève à 32,40% ± 1,38 des pommes attaquées à la récolte. Ce pourcentage est proche à celui trouvé par **Brahim et al., (2014)** 34.35% ± 03.00 dans la région de Tilatou et **Guerfi (2014)** 37.27 ± 2.97 dans la région de Ain-Djasser qui ont travaillé sur la variété Anna, et plus élevé par rapport à celui trouvé par

Benhassir (2009) 29.92 ± 0.52 qui a travaillé toujours sur la variété Anna dans la région de Ain-Djasser. Des travaux similaires ont été conduits sur la variété Golden Delicious par **Haggoune (2010)**, dans la région de Yabous et **Djebabra (2011)** sur la même variété dans la région d'El Hassi montrent des pourcentages de fruits attaqués à la récolte avoisinant les 40%.

La ponte du carpocapse est liée à la concentration des métabolites nécessaires à la ponte. Les faibles concentrations engendrent des faibles réponses aux pontes, des fortes concentrations sont dissuasives pour la ponte de l'insecte alors que des concentrations moyennes sont stimulantes à la ponte (**Lombarkia, 2002 ; Lombarkia & Derridj, 2008**). Les essais effectués par **Lombarkia (2002)** montrent que *Malus floribunda* (clone baugène) est résistant à la ponte de *C. pomonella* suite à des fortes concentrations des métabolites présents à la surface des feuilles et des fruits (de l'ordre de 400 ng/cm^2), ce qui entraîne une dissuasion de ponte. Aussi, l'étude réalisée par **Brahim et al., (2010)** sur le comportement de ponte de carpocapse démontre que les variétés Starkrimson et Golden Delicious sont sensibles à la ponte de carpocapse, avec une légère préférence pour la ponte sur Golden Delicious. À cet effet et suite à nos résultats qui démontrent une infestation importante par *C. pomonella*, nous laisse supposer, que la variété Starkrimson a des concentrations en métabolites inférieures à (400 ng/cm^2) comparativement à celles présentes chez *Malus floribunda* (clone baugène). Ces substances stimulent la prise de nourriture chez les chenilles néonates (**Cabanat, 1999 ; Le Garrec, 1999**).

D'après cette étude, les pulvérisations de l'association du saccharose au virus de la garrulose engendrent un pourcentage de fruits attaqués à la récolte faible de l'ordre de $19.92\% \pm 1.00$ par rapport au témoin non traité $32,40\% \pm 1,38$. Ces résultats corroborent à ceux trouvés par **Guerfi (2014)** $11.23\% \pm 0.66$ et offrent une efficacité considérable de l'ordre de $37.99\% \pm 3.99$ par rapport au témoin non traité. Cette adjonction offre un effet synergique et améliore l'efficacité globale avec un gain d'efficacité avoisinant les 18%. Contrairement à ceux trouvés par **Guerfi (2014)** dont l'association saccharose au virus n'a présenté aucun effet additif ou synergique par rapport au Madex[®] tout seul et ont montré un pourcentage moyen d'efficacité presque identique de l'ordre de $69.46\% \pm 2.53$ et $66.25\% \pm 5.27$. Tandis que les travaux menés par **Benhassir (2009)** montrent que le saccharose utilisé à la dose 100 ppm additionné au Calypso (Thiachloprid) offre un effet synergique et gain d'efficacité de l'ordre de 21.78% par rapport à l'insecticide tout seul. Aussi des travaux similaires menés par **Ferré (2008)** ont démontré un gain d'efficacité de 23.36% suite à la pulvérisation de saccharose 10 ppm associé à l'Imidan 50 WP (Phosmet). Les changements biochimiques dans les tissus du pommier, induits par le saccharose, limitent dans un premier

temps la ponte du carpocapse et ensuite agissent sur les attaques des larves néonates de carpocapse (celles qui pénètrent dans le fruit). Les analyses réalisées sur Reinette du Canada (un essai Anadiag en 2009) ne montrent aucune interférence du sucre apporté dans les traitements sur le calibre, la qualité intrinsèque des fruits (teneur en sucre, acidité, régression de l'amidon, fermeté). La teneur en sucre des feuilles et surtout des fruits, ne semble donc pas modifié (**Ondet, 2010**).

La pulvérisation de l'association du fructose combiné au Madex[®] offre un très faible pourcentage de fruits attaqués à la récolte de l'ordre de $11.05\% \pm 0.78$ par rapport au témoin non traité $32,40\% \pm 1,38$ et avec une efficacité meilleure de l'ordre de $65.74\% \pm 2.49$. En effet, plusieurs travaux conseillent l'utilisation des sucres comme traitement additif aux traitements phytosanitaires (**Ballard et al., 2000 ; Lombarkia et al., 2005**). L'addition de fructose au Madex[®] dans cet essai offre un effet synergique et engendre un gain conséquent d'efficacité avoisinant les 46%. Ce gain est plus important que celui obtenu par l'adjonction du saccharose (18%). Les mêmes résultats sont obtenus par **Schweizer & Andermatt (2005)** qui ont mis en évidence après une étude réalisée en Hollande (2002), qu'il y a une augmentation de l'efficacité lors de l'adjonction de sucre au Madex[®] et de protection contre les UV, en comparaison avec une autre préparation de virus. Aussi, la société Anadiag a mis en évidence que la suppression des sucres dans une autre formulation du granulovirus la Carpovisurine[®] réduit son efficacité contre le carpocapse (**Derridj, 2010**). Selon le même auteur, l'association de l'application du sucre avec un autre produit peut donc dans certains cas engendrer peu d'effets soit parce que le produit intègre déjà les sucres dans sa formulation soit parce qu'il a aussi des effets éliciteurs.

L'application foliaire d'infra-doses de composés utilisés par la plante joue un rôle dans la reconnaissance entre la plante et le phytoagresseur. Ces composés, des diholosides et hexoses (glucose, fructose, saccharose, tréhalose). Ce sont des métabolites primaires de la plante qui stimulent l'alimentation des adultes et des larves chez plusieurs insectes y compris le carpocapse (**Cabanat, 1999 ; Vrieling & Derridj, 2003**). Ces métabolites induisent une résistance systémique de type antixénose vis-à-vis d'un insecte. Ceci montre que les signaux donnés par les sucres induisent des mécanismes qui protègent partiellement la plante avant l'attaque mais aussi pendant et après celle-ci (**Derridj et al., 2011**). Ainsi qu'un effet rapide sur l'expression de gènes impliqués dans les systèmes de protection contre les stress (**Arnault et al., 2012**).

Les modalités traités aux sucres seuls diffèrent significativement des parcelles témoins pour le pourcentage des fruits attaqués, avec la dose unique utilisée, et paraissent répondre de

façon positive à leur pulvérisation. **Ferré et al., (2008) ; Derridj (2009)** ont démontré que les sucres (saccharose ou fructose) affichent une réduction significative des dégâts dus à *C. pomonella* en conditions agronomiques de production par rapport aux témoins y compris dans des situations à très forte infestation à la fois sur variétés Golden et Gala, aussi ont montré que la pulvérisation du saccharose ou du fructose à des concentrations de 10 ou 100 ppm réduit significativement les dégâts du carpocapse entre 31% et 41% sur les deux variétés Gala et Golden.

Le fructose, un monosaccharide majeur présent dans la plante, il est produit à partir de saccharose par le biais de l'invertase (**Li et al., 2011**). Sa pulvérisation tout seul à la dose de 100 ppm, provoque un pourcentage de fruits attaqués à la récolte faible de l'ordre de $22.01\% \pm 1.13$ par rapport au témoin non traité $32,40\% \pm 1,38$ et offre une efficacité considérable de l'ordre de $31.71\% \pm 3.42$. Cette efficacité rejoint celle trouvée par **Derridj (2009)** $37.2\% \pm 16.8$ qui a travaillé sur deux variétés (Golden et Mondial Gala), et **Ferré (2008)**, qui a trouvé une efficacité surprenante de l'ordre de 62.5% sur la variété Royal gala et 36.01% sur la variété Golden delicious et seulement 19.52% sur Mondial Gala. **Ferré et al., (2008)** ont montré que le fructose réduit les pontes et les dégâts occasionnés par le carpocapse dans un verger du pommier. Le même auteur a proposé une hypothèse expliquant la pulvérisation du sucre en traitement entrainerait un gradient de concentration en sucre, plus fort de part et d'autre de la cuticule. Ainsi que, la pénétration du sucre à l'intérieure de végétale serait facilité ce qui amplifierait la modification en métabolite en surface de la plante et induit une résistance aux bio-agresseurs.

Les résultats des recherches de l'efficacité du virus de la granulose pour le contrôle du carpocapse en vergers de pommiers diffèrent beaucoup d'une étude à l'autre, mais généralement, l'application du virus permet une diminution significative de la population de carpocapse de la pomme, ainsi que des dommages à la récolte (**Kienzle et al., 2003**). Dans notre essai la pulvérisation du virus de la granulose tout seul offre un pourcentage des fruits attaqués par *C. pomonella* à la récolte réduit de l'ordre de $25.83\% \pm 1.03$ par rapport au témoin non traité $32,40\% \pm 1,38$ et offre une bonne efficacité de l'ordre de $19.59\% \pm 4.34$. Ces résultats corroborent ceux déjà trouvés par **Brahim et al., (2014)** et **Guerfi (2014)** qui ont travaillé sur la variété Anna dans deux régions différentes et qui ont montré de pourcentages réduits de fruits attaqués à la récolte de l'ordre de $7.44\% \pm 0.67$ et $12.34\% \pm 1.47$ respectivement par rapport au témoin non traité $34.35\% \pm 03.00$ et 37.27 ± 2.97 respectivement et une efficacité des traitements Abbott de l'ordre de $78.14\% \pm 1.71$ et $66.25\% \pm 5.27$.

Les traitements biologiques avec le granulovirus dans la formulation commerciale Madex[®] montrent que ce produit possède un effet sur la réduction des dégâts qu'un insecticide chimique (Calypso 480 SC un Chloronicotinyles) (**Brahim et al., 2014**). Les mêmes démonstrations ont été enregistrées par **Lombarkia et al., (2005)** qui montrent que le Madex[®] réduit la ponte de 50% à 60% sur deux variétés Golden delicious et Red Chief qui révèlent des sensibilités différentes à la ponte du carpocapse. Ceci par induction du changement des signaux de surface nécessaire à la reconnaissance de l'hôte et à la ponte du carpocapse (**Derridj, 2009**). Celles-ci sont différentes selon la variété et leur influence sur le comportement de l'insecte, Cela peut s'expliquer par l'effet de préférence variétale pour nos résultats obtenus.

Des conditions météorologiques peuvent influencer la pénétration de produit phytosanitaire dans la plante (**Wertheim, 2000 ; Schönherr et al., 2000**). Les essais menés par **Andermatt (2007)** ont mis en évidence que le Madex[®] adhère très bien à la surface des pommes et n'est pratiquement pas lessivé par la pluie, cette propriété des granulovirus a déjà été mentionnée par **Hunter-Fujita et al., (1993)**, où la probabilité qu'une pluie jusqu'à 90 mm puisse réduire l'efficacité du Madex[®]. Dans nos conditions expérimentales la pluviométrie était de l'ordre de 40,2 mm, les dégâts larvaires notés étaient réduits et significativement différents par rapport au témoin non traité (appartiennent à deux groupes différents « a » et « b »), cela confirme encore « l'effet variété ».

Les études menées par **Kutinkova et al., (2010 ; 2012)** en Bulgarie, montrent que l'application des traitements avec le Madex[®] quelque soit la densité de génération élevée ou modérée peuvent être une méthode alternative aux traitements chimiques, ajoutant aussi qu'il est préféré de combiner les applications à base de baculovirus avec les diffuseurs de phéromone pour éviter le phénomène de résistance.

Il est probable que le granulovirus et/ou la formulation induisent des effets comparables à ceux enregistrés par l'utilisation des sucres seuls (**Derridj , 2009**). Ainsi que **Ferré et al., (2008)** ont ajouté que la pulvérisation du sucre seul peut avoir une efficacité équivalente à certaines modalités de référence étudiées comme l'Imidan et la Carpovirusine. Les hypothèses avancées sont soit les formulations des produits commercialisés possèdent des propriétés proches de celles des sucres (inductions de résistance de la plante) soit il y a des sucres dans les formulations (**Steven et al., 2008**), cela peut expliquer les résultats retirés de notre essai pour les pourcentages comparables de fruits attaqués à la récolte, suite à l'application du saccharose et Madex[®] qui appartiennent au même groupe «b » et sont de l'ordre de 28.26% ± 1.83 et 25.83% ± 1.03 respectivement. Il semble que le sucre seul

(saccharose) soit relativement actif autant que le Madex[®] sur la variété de pommier Starkrimson.

Les traitements au saccharose seul, à la dose de 100 ppm, diminuent le pourcentage de fruits attaqués à la récolte $28.26\% \pm 1.38$ par rapport au témoin non traité $32,40\% \pm 1,38$ et offrent une efficacité qui avoisine les 12%. Ces résultats confirment ceux obtenus par **Guerfi (2014)** et **Benhassir (2009)** dans la région d'Ain Djasser sur la variété Anna, **Brahim et al., (2014)** dans la région de Tiltou sur la même variété, **Haggoune (2010)** dans la région de Yabous sur la variété de Golden Delicious et **Djebabra (2011)** sur la même variété dans la région d'El Hassi, qui ont trouvé une efficacité avoisinant les 42%. Aussi des résultats similaires $40.6 \pm 16.0\%$ ont été obtenus par **Derridj (2009)** sur les variétés Royal Gala et Golden Delicious. **Ferré (2008)** a présenté une variabilité liée aux variétés testées, suite aux traitements de saccharose à 10 ppm, dont l'efficacité Abbott pour la variété Golden Delicious a atteint 61.90%, avec Royal Gala, l'efficacité était surprenante et atteint 100%, alors qu'avec Mondial Gala l'efficacité était en dessous de 50% avec un taux de 37,89%. Le même auteur a ajouté que les études menées, durant les années 2006-2008 par l'équipe Anadiag dans diverses zones en Europe sur la deuxième génération du carpocapse conduites principalement sur deux variétés Golden et Gala, ont révélé que quels que soient les niveaux d'infestation, les applications de sucres seuls montrent un niveau important de réduction des dégâts de *C. pomonella* oscillant entre 19.52% et 63.33% d'efficacité moyenne (**Ferré, 2008**).

Le dépôt de saccharose à la surface des organes de pommier a engendré une action systémique sur la physiologie de l'arbre probablement par une action sur l'expression des gènes impliqués dans la photosynthèse. En effet les changements biochimiques induits à la surface du pommier par le traitement saccharose réduisent la ponte du carpocapse, ces résistances se manifestent à la surface et dans les feuilles ainsi que dans les racines (**Derridj et al., 2011**). La phénologie et la physiologie de la plante varient avec l'environnement et l'âge de la plante (**Schoonhoven et al., 1998**), ce qui implique une variation de la disponibilité et de la qualité des ressources pour l'insecte phytophage, celle-ci pouvant affecter ses performances ainsi que la dynamique des populations d'insecte. La variété (**Kosina, 2008**) et l'âge de verger (**Treder, 2010**), influant la pénétration du sucre dans la plante. **Derridj et al., (2011)** ont montré que l'espèce, la variété et l'âge de la plante, l'heure de la journée au moment des traitements sont des facteurs de variations quantitatives des sucres et paraissent être des facteurs importants pour la réussite de l'induction de la résistance.

La différence notable des dégâts larvaires trouvée dans cette étude suite aux pulvérisations du saccharose seul, à la dose de 100 ppm, par rapport aux travaux précédents, peut être expliquée d'une part par la pression importante du ravageur durant la deuxième génération (pic de capture 40 mâles). D'autre part, le sucre et la dose, qui sont efficaces dans l'induction de la résistance peut varier selon la plante et son phyto-agresseur (**Derridj ,2010**), également « l'effet variété » ou la sensibilité et la préférence variétale ainsi que la différence d'âge des arbres. Aussi, cette variabilité soit, elle est liée à la perméabilité cuticulaire, qui est spécifique pour la plante (espèce, genre, variété), soit à des propriétés physiques des molécules et à des facteurs climatiques.

Le saccharose joue le rôle de phagostimulant et incite et attire les chenilles néonates pour l'entrée dans les fruits de pommier, variété Starkrimson. Il joue un double rôle autant qu'un métabolite de transport des sucres mais aussi une molécule potentielle dans les réactions de défense des plantes (**Moghaddam & Van den End, 2012**). Selon **Heil et al., (2012)**, l'application exogène de saccharose, sur les feuilles de la fève légèrement blessées, stimule la jasmonate médiateur chimique de défense. En verger de pommiers dans la région où le carpocapse peut-être résistant aux produits phytosanitaires, le saccharose à 100 ppm a une efficacité meilleure que l'insecticide (**Derridj et al., 2009**).

La qualité d'un traitement dépend: de la molécule choisie, mais aussi de la date d'application (**Bregoli et al., 2006**), pour une bonne efficacité du saccharose, celui-ci doit être pulvérisé avant le début de la photosynthèse de l'arbre (avant 10h) (le matin car la feuille contient naturellement moins de sucre à ce moment) pour favoriser leur passage dans la cuticule et modifier les équilibres à la surface de la plante, ce qui induit une résistance systémiques par un signal « sucre ». Par conséquent, la femelle de carpocapse reconnaît « mal » le végétal traité et n'y dépose pas ses œufs. L'objectif avoué suite à cet apport est de perturber le dépôt d'œufs, de réduire le stade baladeur, et de diminuer le nombre d'œufs pondus par femelle.

L'influence des sucres, présents à la surface des plantes, a montré une efficacité très importante par les différents essais entrepris dans différentes régions et sur différentes variétés de pommiers et même sur d'autres espèces, à cet effet l'utilisation du saccharose comme substance élicitrice a été approuvée par le journal officiel conformément à l'exécution (UE) N° 916/2014 de la commission du 22 août 2014 portant approbation de la substance de base «saccharose».

Les sucres sont utilisés par les organismes vivants comme élément structuraux, sources ou réserves d'énergie (**Colmont, 2010**). Ils sont actuellement considérés comme des

molécules signal, électriques générées par une plante agressée (**Turrel et al., 2014**). Elles contribuent dans différents mécanismes de défense des plantes (**Morkunas, 2014**), et gèrent des processus hormonaux de croissance et développement pour articuler les réponses aux stress biotiques et/ou abiotiques (**Koch, 2004 ; Rosa et al., 2009**). En effet, le saccharose, D-fructose et D-glucose sont présents en quantités de l'ordre de 1 à 100 ng par cm² à la surface des plantes. Ils sont en majeure partie d'origine photosynthétique. Dès leur biosynthèse une partie de ces molécules traverse la cuticule foliaire et les stomates par deux types de réseaux intracuticulaires hydrophiles et lipophiles (**Derridj, 2010**). Les principaux sucres solubles présents dans la pomme sont le fructose, le saccharose et le glucose (**Berüter, 1989 ; Ackermann et al., 1992 ; Fuleki et al., 1994**).

Les traitements au saccharose seul, à la dose 100 ppm, provoquent des attaques actives plus élevées que celles stoppées et cicatrisées. Ces résultats différents à ceux obtenus par **Brahim et al., (2014)**, **Guerfi (2014)** et **Djebabra (2011)** qui ont travaillé sur la variété Anna dans les régions de Tilatou, Ain-Djasser et El-Hassi respectivement et qui ont démontré des résultats identiques pour les trois types de dégâts larvaires (actifs, stoppés et cicatrisés). Tandis que, les traitements au saccharose combiné au Madex[®] réduisent beaucoup plus les attaques cicatrisées par rapport aux stoppées et actives. Ces résultats confirment ceux déjà obtenus par **Guerfi (2014)** et **Brahim et al., (2014)**. Ceci est probablement lié à l'addition du saccharose qui en présence du Madex[®] stimule les chenilles néonates de *C. pomonella* au « mordillage », légères morsures en surface de l'épiderme de la pomme et provoque des dégâts stoppés et actifs. Dans les parcelles témoins non traitées les attaques actives et stoppées sont plus élevées que les attaques cicatrisées, ces résultats confirment ceux obtenus par **Brahim (2010)**, qui a travaillé sur la même variété (Starkrimson) et dans la même région (Limbiridi) sur une étude concernant le comportement de ponte de carpocapse.

Les pulvérisations foliaires, de la variété Starkrimson, par le Madex[®] réduisent beaucoup plus les attaques cicatrisées par rapport aux stoppées et actives. Cela est confirmé par les études réalisées par **Zingg (2007)** sur la variété Topaz au niveau des vergers conduits en bio-tests en Allemagne à base de deux types de bio-insecticides Madex plus et Madex I12 (100 ml/ha) à raison de 7-10 traitements. Il a trouvé que les attaques cicatrisées sont insignifiantes est presque nulles par rapport aux attaques actives et stoppées pour les deux bio-insecticides testés.

Les deux traitements au fructose seul, à la dose 100 ppm, et au fructose combiné au Madex[®] provoquent des attaques cicatrisées et stoppées élevées par rapport aux attaques actives. Cela peut être expliqué par le fait que le fructose provoque des modifications

biochimiques importantes et induit une résistance rapide. Les larves de *C. pomonella* le perçoivent par contact à la surface du pommier comme un signal qui influence le comportement de ponte (**Lombarkia & Derridj, 2002**), le dépôt des œufs et les dégâts restent cicatrisés et stoppés. Alors que l'ajout de fructose au Madex[®] comme phagostimulant et appétant aux larves, il les incite de s'alimenter plus lentement sur la surface végétale de l'arbre et d'après (**Federici, 1997 ; Cory & Myers, 2003**), les Baculovirus infectent seulement les larves pendant la phase de l'alimentation et contiennent des virions infectieux, qui entraînent l'arrêt de l'alimentation des larves. Ces dernières absorbent la substance virale avant de s'insérer dans la pomme et n'arrivent pas à survivre et par conséquent, moins d'attaques actives par rapport à celles cicatrisées et stoppées.

Les essais menés par **Quénin (2003)** au Sud et Nord de France ont montré que l'application du Carpovirusine seul suivi avec des traitements chimiques pendant deux années successives, engendre 16.6 % de larves infectées par le virus, alors que la combinaison de produit chimique avec le Carpovirusine appliquée lors de chaque pique de vol de chaque génération a révélé la présence de 46 % de larves atteintes par le virus.

D'après nos résultats, les traitements au Madex[®] associés à l'un des sucres (saccharose ou fructose) offrent une meilleure efficacité bien qu'il y a des effets indésirables concernant les attaques stoppées, qui déprécient la qualité des fruits, affectent la valeur marchande. En effet, les dégâts stoppés sont dus à des entrées peu profondes, dont les larves meurent habituellement comme premiers stades larvaires dans l'épiderme du fruit.

Durant cet essai, les différents traitements ont induit une chute de fruit d'intensité variable et significativement inférieure à la modalité témoin. Selon **Ricci (2009)** les fruits attaqués par une larve de carpocapse au début de leur phase de croissance vont chuter. En outre, cette chute peut être attribuée à plusieurs facteurs d'ordre parasitaires, climatiques et nutritionnels.

Le pommier est sujet à plusieurs attaques de maladies et de ravageurs qui occasionnent des dégâts importants surtout en agriculture biologique (**Blommers et al., 2004**), c'est le cas de notre étude où un seul produit biologique anti- carpocapse sélectif et spécifique a été appliqué seul ou associé à l'un des sucres (fructose et saccharose) pendant toute la saison d'essai. Des conditions météorologiques influant la chute physiologique des pommes, la température est le facteur le plus étudié (**Robinson & Lakso, 2011**). Le vent a également un effet, en favorisant la chute des fruits et la sécheresse induit une sensibilité accrue aux attaques par les acariens qui sont favorisés par les poussières présentes sur les feuilles (**Mathieu, 2010**). En plus la chute physiologique fait appel à des processus internes multiples

dits hormonaux et/ou nutritionnels (les sucres nécessaires à leurs croissances). Un fruit à faible croissance allait obligatoirement chuter (**Lakso et al., 2006**).

En effet, on constate encore que les différents traitements interviennent significativement à la réduction de la chute des fruits relativement au témoin, c'est-à-dire il y'a une proportionnalité entre l'efficacité des traitements et les taux de chute finaux pour les différentes modalités. Les traitements au fructose combiné au Madex[®] ayant induit un taux de chute de fruit le plus faible. La modalité fructose combiné au Madex[®] réduit non seulement les dégâts larvaires sur les fruits à la récolte et ceux attaqués et tombés au sol, mais également réduit le taux des fruits tombés au sol et offre une meilleure efficacité.

Les pulvérisations foliaires des pommiers, de la variété Starkrimson, par le fructose combiné au Madex[®] a complètement annulé la présence des chrysalides et a diminué le nombre de larves diapausantes capturées dans les bandes pièges. Ce qui indique que les stratégies de lutte biologique (virus de la granulose et sucre) ont permis de réduire significativement la population de carpocapse.

D'une façon générale et pour l'ensemble des modalités ont diminué le nombre des chrysalides à un niveau faible y compris le témoin. Quant aux parcelles traitées au fructose seul ont présenté un nombre de larves diapausantes et chrysalides significativement réduit par rapport au témoin non traité. Également les blocs pulvérisés au saccharose combiné au Madex[®] ont révélé un nombre très faible de larves diapausantes par rapport au témoin non traité, ces résultats sont identiques à ceux obtenus par **Guerfi (2014)**. La pulvérisation du Madex[®] seul a diminué le nombre des chrysalides et des larves mâles par rapport aux laves femelles ce qui est déjà obtenu par **Guerfi (2014)**, également le travail mené par **Zingg (2007)** a démontré que le nombre moyen des larves diapausantes trouvées dans les parcelles témoin dépasse largement celui enregistré dans les parcelles traitées par le Madex plus et Madex I12. Au niveau des parcelles traitées au saccharose seul, le nombre des larves diapausantes et chrysalides était réduit par rapport à celui observé dans les parcelles témoin ce qui correspond aux résultats obtenus par **Guerfi (2014)**. Cette diminution du nombre de larves séquestrées et logées par bandage des troncs d'arbre au moyen de carton ondulé nous laisse présager et estimer une faible population d'adultes de la génération suivante et permet d'adapter la stratégie de protection pour l'année suivante.

*Conclusion générale et
perspectives*

Conclusion générale et perspectives

Dans le cadre d'une prise de conscience grandissante d'une tranche de plus en plus importante des consommateurs vis-à-vis des problèmes d'environnement et des risques entraînés par une protection des plantes trop intensive par l'utilisation massive et répétée des produits chimiques, des effets non intentionnels sur les organismes non ciblés apparaissent.

La solution passe par la possibilité d'utiliser des substances d'origine naturelle, des composés relativement simples, non coûteux et non toxiques avec un effet systémique et persistant dans les plantes, permettrait donc de réduire les doses d'insecticides, apaisant ainsi les inquiétudes environnementales et de santé humaine.

Une dose unique de l'insecticide biologique (Madex[®]) et des sucres (saccharose et fructose) ont été testés, pendant la période de l'essai. Ces deux sucres ont été utilisés seuls ou en adjonction à l'insecticide biologique sur la variété pommier, Starkrimson, afin de démontrer leurs effets comme candidats intéressants pour l'optimisation de la lutte chimique contre le carpocapse des pommes et de poires, qui est un ravageur clé et permanent des régions pomicoles algériennes et Aurèssienne en particulier.

Les principaux résultats retirés de cette étude sont :

- ✓ le piégeage sexuel, au niveau de site d'essai, a mis en évidence la présence de trois générations avec la dominance de la première et une infestation considérable par le carpocapse (32% de fruits attaqués à la récolte), un danger réel dans la région d'étude ;
- ✓ l'action du sucre (fructose ou saccharose) dans cet essai est indéniable et apporte un gain d'efficacité aux traitements. Il est à noter que l'adjonction de fructose à l'insecticide biologique dans cet essai offre un effet synergique et un gain d'efficacité supérieur à celui de saccharose ;
- ✓ la pulvérisation foliaire du Madex[®] seul induit des effets comparables à ceux enregistrés par l'utilisation du saccharose seul pour les pourcentages de fruits attaqués à la récolte ;
- ✓ les pulvérisations foliaires des associations fructose combiné au Madex[®] et saccharose combiné au Madex[®] engendrent des pourcentages de fruits attaqués à la récolte très faibles à faibles par rapport au témoin non traité ;
- ✓ la pulvérisation foliaire du fructose seul, saccharose seul et Madex[®] seul diminue également les pourcentages de fruits attaqués à la récolte ;
- ✓ l'efficacité des traitements est surprenante et meilleure avec l'association du fructose combiné au Madex[®] par rapport aux autres traitements ;

Conclusion générale et perspectives

- ✓ l'efficacité des traitements au fructose seul et au saccharose combiné au Madex[®] est considérable ;
- ✓ l'efficacité des traitements avec le Madex[®] seul et saccharose seul est bonne par rapport au témoin non traité ;
- ✓ les dégâts larvaires cicatrisés sont réduits par rapport aux dégâts stoppés et cicatrisés pour les modalités traitées au Madex[®] seul et saccharose combiné au Madex[®] ;
- ✓ les dégâts larvaires actifs sont réduits par rapport aux dégâts stoppés et cicatrisés pour les modalités traitées au fructose seul et fructose combiné au Madex[®] ;
- ✓ l'ensemble des traitements aux Madex[®] seul, fructose seul, saccharose seul ainsi l'association de l'un des sucres au Madex[®] ont permis de réduire le nombre de larves séquestrées dans les bandes pièges ;
- ✓ le taux des pommes tombées est très réduit lors de la pulvérisation du fructose combiné au Madex[®].

La production fruitière intégrée et l'agriculture biologique sont des secteurs pour lesquels cette technologie devrait donner des résultats intéressants et permettre de réduire les doses de certains produits chimiques dont il faut aussi limiter l'utilisation.

Cette technologie offre donc de nouvelles perspectives dans une approche globale de lutte contre les ravageurs des arbres fruitiers à pépins, nous citons par exemple :

- ✓ des tests comparant l'effet d'autres sucres (fructose, glucose) et sucres-alcools (polyols) (sorbitol, mannitol) à différentes doses (0.1, 10 et 100 ppm) sur le carpocapse et sur différentes variétés de pommier.
- ✓ l'étude pourra être extrapolée sur d'autres espèces animales (insectes, nématodes) et végétales (noyer, poirier, tomates, pomme de terre).
- ✓ l'association d'autres sucres à des stratégies de lutte intégrées voir biotechniques telle que la confusion sexuelle.
- ✓ une meilleure compréhension du rôle des voies de signalisation des sucres et la connaissance des gènes régulés dans l'induction des résistances par les sucres devrait permettre aussi une sélection de variétés plus résistantes et/ou plus inductibles.

*Références
Bibliographiques*

Références bibliographiques

1. **Abott W.S., 1925** : A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.*, 18 : 265-267.
2. **Ackermann J., Fischer M. & Amado R., 1992** : Changes in sugars, acids and amino acids during ripening and storage of apples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40 : 1131-1134.
3. **Albert P.J., 1980** : Morphology and innervation of mothpart sensilla in larvae of the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Clem.) (*Lepidoptera:Tortricidae*). *Canadian Journal of Zoology*, 58 : 842-851.
4. **Amrein H. & Thorne N., 2005** : Gustatory perception and behavior in *Drosophila melanogaster*. *Current Biology*, 15 : 673-684.
5. **Andermatt M., 2007** : Madex and Virosoft CP4, viral biopesticides for Codling moth control. *IOBC/WPRS Bulletin*, 26 (1) : 245-248.
6. **Arnaud L., Detrain C., Gaspar C. & Haubruge E., 2003** : Insectes et communication. *Le journal des ingénieurs*, 87 : 25-27.
7. **Arnault I., 2012** : Utilisation de micro-doses de sucres en protection des plantes. Colloque intrants naturels ITAB/GRAB, Journées substances naturelles en protection des cultures. Paris, 9 au 10 avril 2012.
8. **Arn H. & Cleere J. S., 1971** : A double-label choice-test for a simultaneous determination of diet preference and ingestion by the aphid *Amphorophora agathonica*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 14 : 377-387.
9. **Arthurs S.P. & Lacey L.A., 2004** : Field evaluation of commercial formulations of the codling moth granulovirus: persistence of activity and success of seasonal applications against natural infestations of codling moth in Pacific Northwest apple orchards. *Biology Control*, 31: 388-397.
10. **Asser-Kaiser S., Frich E., Undorf- Spahn K., Kienzle J., Eberle K. E., Gund N. A., Reinek A. R., Zebitz C. P. W., Heckel D. J., Huber J. & Jehle J. A., 2007** : Rapid

Références bibliographiques

emergence of baculovirus resistance in codling moth due to dominant, sex linked inheritance. *Science*, 317 : 1916-1918.

11. **Aubertot J. N., Clerjeau M., David Ch., Debaeke Ph., Jeuffroy M.-H., Lucas P., Monfort F., Nicot P. & Sauphanor B., 2006** : Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter les impacts environnementaux. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA & CEMAGREF. France, pp : 4-104.
12. **Audemard H., 1976** : Etude demeoecologique du carpocapse (*Laspeyresia pomonella*) en verger de pommier de la basse vallée du Rhône. Possibilité d'organisation d'une lutte intégrée. Thèse d'état. Université François Rabelais. Rebeais, 365 P.
13. **Audemard H., 1991** : Population dynamics of the codling moth, pp : 329-338. In :**Van der G. & Evenhuis H.H. (eds)**, Tortricid pests: their biology, natural enemies and control. Ed. Elsevier. Amsterdam, 808 P.
14. **Ayral H., 1969** : Zoologie agricole. Volume 1. Ed. J. B. Baillière & fils. Paris, 81 P.
15. **Balachowsky A., 1966** : Traité d'entomologie appliquée à l'agriculture. Tome 2, Lépidoptères, Volume 1. Ed. Masson. Paris, pp : 456 - 893.
16. **Balachowsky A. & Mesnil L., 1935** : Les insectes nuisibles aux plantes cultivées, leurs moeurs, leur destruction. Tome 1. Ed. Busson. Paris, pp : 298-469.
17. **Ballard J., Ellis D. J. & Payne C. C., 2000** :Uptake of granulovirus from the surface of apples and leaves by first instar larvae of the codling moth (*Cydia pomonella*) (*Lepidoptera* : *Olethreutidae*). *Biocontrol science and technology*, 10 (5) : 627- 640.
18. **Basil A., 2003** : Description scientifique des baculovirus génétiquement modifiés en vue d'applications en gestion des insectes forestiers. Ed. Sault & Marie. Canada, 77 P.
19. **Bengtsson M., Coracini M., Liblikas II. & Witzgall P., 2001** : Attraction of codling moth males to apple volatiles. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 110 : 1-10.

Références bibliographiques

20. **Benhassir A.W., 2009** : Utilisation des sucres exogènes dans la protection des pommiers contre le carpocapse (*Cydia pomonella* L.) (*Lepidoptera* : *Tortricidae*), dans la région d'Ain Djasser (W de Batna). Thèse Ing. Agro. Université de Batna, 105 P.
21. **Benoit M., Cardon J.C., Corroyer B. & Lebon G., 2009** : Le carpocapse des pommes et des poires *Cydia pomonella*(L.), situation et lutte possible en verger cidricole biologique. Bulletin IFPC, N° 277 : 14-17.
22. **Bernays, E. A. & Chapman R. F., 1994** : Behavior : the process of host-plant selection, pp : 95-108. In :**Miller T. A. & van Emden H. S. (eds)**, Host-plant selection by phytophagous insects. Ed.Chapman & Hall. New York, 201 P.
23. **Berüter J., Studer feusi M.E. & Rüedi P., 1997** : Sorbitol and sucrose partitioning in growing apple fruit. *Journal of Plant Physiology*, 151 : 269-276.
24. **Birch A.N.E., Robertson W.M. & Fellows L.E., 1993** : Plant products to control plant parasitic nematodes. *Pesticide Science*, 39 : 141-145.
25. **Bjostad L. B., Hibbard B. E. & Cranshaw W. S., 1993** : Application of semiochemicals in integrated pest management programs. *ACS symposium series*, 524: 199-218.
26. **Blommers L.H.M., 1994** :Lists of insects and predators in European apple orchards. *Annual Review of Entomology*,39 : 213-241.
27. **Blommers L.H.M., Helsen H.H.M. & Vaal F.W.N.M., 2004** : Life history data of the rosy apple aphid *Dysaphis plantaginea* (Pass.) (*Homoptera* :*Aphididae*) on plantain and as migrant to apple. *Journal of Pest Science*,77 : 155-163.
28. **Boivin T. & Sauphanor B., 2007** : Phénologie et optimisation de la protection contre le carpocapse des pommes.*Innovations Agronomiques*, 1 : 23-31.
29. **Bonnemaison L., 1953** : Les parasites animaux des plantes cultivées et des forêts. Ed. Soc & Ing. Paris, 668 P.

Références bibliographiques

30. **Bouanane M.R., 2008** : Le carpocapse des pommes et des poires. Fiche technique Syngenta, 23 P.
31. **Bounfour M., 2010** : La technique des insectes stériles ou l'innovation dans la lutte. Journée ONNSA. Maroc, 10 P.
32. **Bouzoubaâ Z., El Mousadik A. & Benlahcen Y., 2006** : Variation in amounts of epicuticular waxes on leaves of *Argania spinosa* (L.). *Skeels acta botanique gallica*, 153 (2) : 167-177.
33. **Brader M., 1976** : Modalités pratiques d'application de méthodes de lutte intégrée. Ed. Belgium. Bruxelles, 156 P.
34. **Brahim I., 2010** : Étude du comportement du ponte du carpocapse de (*Cydia pomonella* L.) (*Lepidoptera* : *Tortricidae*) sur deux variété de pommier. Thèse de Magister. Agro. Université de Batna, 131 P.
35. **Brahim I., Lombarkia N. & Zingg D., 2014** : Application du Madex[®] (virus de la granulose) et du saccharose dans la lutte contre le carpocapse des pommes et des poires (*Cydia pomonella* L.) dans la région de Batna (Algérie). 8^{ème} Conférence internationale Francophone d'Entomologie. Tunisie, du 23 au 27 Juin 2014.
36. **Brakes C. R. & Smith R. H., 2005** : Exposure of non-target small mammals to redenticides. *Journal of applied ecology*, 42 (1) : 118-128.
37. **Braque R., 1988** : Biogéographie des continents. Ed. Lavoisier. Paris, 470 P.
38. **Braun P. J., 1991** : La production de pommes biologiques en Nouvelle-Écosse. Canada, 19 P.
39. **Bregoli A.M., Fabbroni C., Vancini R., Galliano A. & Costa G., 2006** : Results obtained on the efficacy of 6 - BA alone, and in combination with other thinning agents from different apple producing areas of northern Italy. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 14 : 23-38.

Références bibliographiques

40. **Bretonneau J., 1978** :Atlas d'arboriculture fruitière. Volume 02. Ed. J.B. Baillière & Fils. Paris, 173 P.
41. **Brun-Barale A., Bouvier J. C., Pauron D., Berge J. B. & Sauphanor B., 2005** : Involvement of a sodium channel mutation in pyrethroid resistance in *Cydia pomonella* L. and development of a diagnostic test. *Pest Manag Sci.*, 61 : 549-554.
42. **Cabanat I., 1999** : Étude du comportement de recherche du site alimentaire par les chenilles néonates de *Cydia pomonella* L. lépidoptère ravageur des pommes et des poires en relation avec les médiateurs biochimiques présents à la surface des organes végétaux du pommier. Mémoire de DEA. 25 P.
43. **Caprile J. & Vossen P., 2005** :Codling moth, Integrated pest management for home gardeners. Pest notes. IPM education et publications. California, 6 P.
44. **Cassanelli S. Reyes M., Rault M., Manicardi G. C. & Sauphanor B., 2006** :Acetylcholinesterase mutation in an insecticide-resistant population of the codling moth *Cydia pomonella* (L.).*Insect Biochem. Mol. Biol.*, 36 : 642-653.
45. **Cassier P., Bohatier J., Descoins C. & Nagnan-Le Meillour P., 2000** : Communication chimique et environnement. Ed. Belin 8. Paris, 256 P.
46. **Chaouia CH., Mimouni N., Trabelsi S., Benrebiha F.Z., Boutekrabt T.F. & Bouchenak F., 2003** : Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité importante pour l'agriculture en Algérie: les espèces fruitières, viticoles et phoenicicoles. Alger,pp : 19-28.
47. **Charmillot P.J., Pasquier D. & Schneider D., 1991** : Efficacité et rémanence du virus de la granulose, de la phosalone et du chlorpyrifos-méthyl dans la lutte contre le carpocapse *Cydia pomonella* L. *Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture*, 23 (2): 131-134.
48. **Charmillot P.J., Bailode M. & Schaub L., 1994** : Stratégie de lutte contre les principaux ravageurs des arbres fruitiers. *Revue Suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture*, 26 (1) : 15-22.

Références bibliographiques

49. **Charmillot P.J., 1995** : Possibilités et limites de la lutte contre le carpocapse au moyen de la technique de confusion et du virus de la granulose: recommandations pratiques. *Revue Suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture*, 27 (1) : 76-77.
50. **Charmillot P.J. & Hofer D., 1997** : La lutte contre le carpocapse *Cydia pomonella* (L.) par un procédé attracticide. *Revue Suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture*, 29 : 111-117.
51. **Charmillot P.J. & Pasquier D., 2002** : Combinaison de la technique de confusion sexuelle et du virus de la granulose contre les souches résistantes de carpocapse *Cydia pomonella*(L.). *Revue Suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture*, 33(3) : 119-124.
52. **Charmillot P.J. & Pasquier D., 2003** : Stratégie de lutte contre le carpocapse résistant. *Revue Suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture*, 35(1) : 69-70.
53. **Charmillot P.J. & Höhn H., 2004** : Carpocapse des pommes et des poires *Cydia pomonella* L. Agroscope RAC et FAW Wädenswil. Confédération suisse. Fichier : 101. Suisse. 3 P.
54. **Charmillot P.J., Perrot J. & Windmer F., 2007** : 25 ans de lutte par confusion contre le carpocapse *Cydia pomonella* dans un verger à Allaman. *Revue Suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture*, 39(4) : 237-243.
55. **Chouinard G., Firlé J. A., Vanoosthuysen F. & Vincent C., 2000** : Guide d'identification des ravageurs des pommiers et leurs ennemis naturels. Ed. IRDA & Saint-Laurent. Québec, 69 P.
56. **Chouinard G., 2008** : Réseaux d'avertissements phytosanitaires. Bulletin d'information, les nouveaux produits pour lutter contre le carpocapse de la pomme, N° 07:1-2.
57. **Colmont N., 2010** : Généralité sur les sucres, chimie organique. Ed. De Boeck. 17^{ème} édition. Paris, 112 P.
58. **Colombin A., 1952** : Les principaux parasites de *Laspeyresia pomonella* L. dans le Bassin Parisien. *Pathologie végétal*, 39 : 35-45.

Références bibliographiques

- 59. Cormier D., Pelletier F. & Chouinard G., 2006 :** Attirance fatale : Nouvelles stratégies contre le carpocapse et la mouche. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA). Saint-Hyacinthe, 6 P.
- 60. Cory J.S. & Myers J.H., 2003 :** The ecology and evolution of insect baculoviruses. *Annual Review, Ecology, Evolution, System*, 34 : 239-272.
- 61. Coutin R., 1960 :** Le carpocapse des pommes et des poires (*Laspeyresia pomonella* L.). A.C.T.A., Paris, 48 P.
- 62. Crombie L., 1999 :** Review - Natural products chemistry and its part in the defense against insects and fungi in agriculture. *Pesticid Science*, 55 : 761-774.
- 63. Curtis C. F., Tebbets J. S. & Clarch J. D., 1990 :**Ovipositional behaviour of the codling moth on stone fruit in the field and an improved oviposition cage for use in the laboratory. *Journal of Economic Entomologie*, 83 : 131-134.
- 64. Dajoz R., 1985 :** Précis d'écologie. Ed. Dunod. Paris, 500 P.
- 65. Delgado M., 1996 :** Carpocapse, des outils pour piloter la lutte. *L'arboriculture fruitière*, 495: 21-24.
- 66. Dent D.R., 1993 :**The use of *Bacillus thuringiensis* as an insecticide, pp : 19-23. In :**Jones D.G.**, Exploitation of Microorganisms. Ed. Chapman & Hall.London, 186 P.
- 67. Derridj S. & Fiala V., 1983 :** Sucres solubles des feuilles de maïs *Zea mays*(L.) et oviposition de la pyrale *Ostrinia nubilalis* (Hbn.). *Académie d'agriculture de France*, 69 : 465-472.
- 68. Derridj S., Boutin J.P., Fiala V. & Soldaat L.L., 1996 :** Composition en métabolites primaires de la surface foliaire du poireau : étude comparative, incidence sur la sélection de la plante-hôte pour pondre par un insecte. *Acta Botanica Gallica*, 143: 125-130.

Références bibliographiques

- 69. Derridj S., 2009:** L'induction de la résistance à des phyto-agresseurs par des infra dose des sucres : une nouvelle technologie. Institut technique de l'agriculture biologique (ITAB), journées fruits et légumes. Paris, pp : 9-14.
- 70. Derridj S., 2010 :** Conditions d'application des sucres comme inducteurs de résistance des plantes aux phyto-agresseurs. Journée technique, fruits et légumes biologiques. France, 8 P.
- 71. Derridj S., Arnault I., Nicholas A., Birch E., Elad Y., Lombarkia N., Couzi P., Pierre P. & Auge J., 2011 :** Les sucres solubles, une opportunité pour l'agriculture durable. *Phytoma- la défense des plantes*, 640 : 10-14.
- 72. Descoins C. Jr., 2001 :** Perception de substances anti-appétentes par des chenilles de lépidoptères phytophages. *Année Biologique*, 40 : 55-73.
- 73. Dickler E., 1986 :** Standard Entwicklung und Einführung mikrobiologischer Insektizide zur Wicklerbekämpfung im Apfelanbau. Bulletin IOBC/WPRS, N° 04 : 98-107.
- 74. Djebabra K., 2010 :** Utilisation des sucres solubles exogènes dans la protection des pommiers contre le carpocapse (*Cydia pomonella* L.) (*Lepidoptera : Tortricidae*) dans la région d'El-Hassi. Thèse Ing. Agro. Université de Batna, 47 P.
- 75. Dormann C. F., 2008 :** Effects of land-scape structure and land-use intensity on similarity of plant and animal communities. *Global ecology and biogeography*, 16 (6) : 774-784.
- 76. Drapela T., 2008 :** Spider assemblage in winter oilseed rape affected by landscape and site factors. *Ecography*, 31 (2) : 254-262.
- 77. Direction des services agricoles (D.S.A.), 2013 :** Le pommier, wilaya de Batna.
- 78. Ebbinghaus D., P.M., Losel J., Romeis M.G., Cianciulli-Teller H., Leusch R., Olszak Z., Pluciennik M. & Scherckenbeck J., 2001 :** Efficacy and mode of action of attract and kill for codling moth control. Bulletin IOBC / WPRS, N° 24 : 95-99.

Références bibliographiques

- 79. Erlandson M. & Goettel M., 2004 :** Agents microbiens pour le contrôle des insectes ravageurs, pp : 6-14. In : **Anonyme**, Biocontrôle des ravageurs de cultures canadiennes. Bulletin de l'Institut de biotechnologie des plantes (IBP). Canada, N° 3, 19 P.
- 80. F.A.O., 2013 :** Productions agricoles, cultures primaires. Banques de données statistiques, FAO. STAT. [Http:// www.Fao.org.com](http://www.Fao.org.com).
- 81. Feakins S.J. & Sessions A.L., 2010 :** Controls on the D/H ratios of plant leaf waxes in arid ecosystem. *Geochimica et Cosmochimica Acta*,74: 2128-2141.
- 82. Federici B., 1997 :** Baculovirus pathogenesis, pp: 33-40. In: **Miller K.L.**,The Baculoviruses. Ed. Plenum Press. New York, 447 P.
- 83. Feeney P. E., Städler I., Ahman I. & Carter M., 1989 :** Effects of plant odor on oviposition by the black swallowtail butterfly. *Papilio polyxenes*Fab. (*Lepidoptera: Papilionidae*). *Journal Instit Behaviour*, 2 : 803-827.
- 84. Ferré E., 2008 :** Utilisation de sucre pour l'optimisation de la lutte contre (*Cydia pomonella* L.) (*Lepidoptera : Tortricidae*) en vergers de pommiers. Thèse Ing. Agro. Université de Toulouse. 73 P.
- 85. Ferré E., Galy H., Moulin F., Clement G., Derridj S., 2008 :** Le saccharose inducteur de résistance du pommier contre *Cydia pomonella* L. 8^{ème} Conférence Internationale sur les ravageurs en agriculture.Montpellier, France, Octobre 2008, 8 P.
- 86. Flint M. L. & Van den Bosch R., 1981 :**Introduction to integrated pest management. Ed. Plenum Press. New York, 240 P.
- 87. Frah G.N., 2009 :** Entomofaune, Impact économique et bio-écologie des principaux ravageurs du pommier dans la région des Aurès. Thèse de doctorat.Institut National d'Agronomie, Batna, 166 P.
- 88. Freed A., 2001 :** Preliminary study of the insects caught by a "malaise" trap in an apple grove in northern Tuscany. *Agr. Mediterranea*, 125 : 184-192.

Références bibliographiques

- 89. Fuleki T., Pelayo E. & Palabay R.B., 1994 :** Sugar composition of varietal juices produced from fresh and stored apples. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 42: 1266-1275.
- 90. Gautier M., 1987 :** La culture fruitière. L'arbre fruitier. Volume 1. Ed. J.B. Baillière. Paris, 492 P.
- 91. Gautier M., 1988 :** La culture fruitière. Les productions fruitières. Volume 2. Ed. J.B. Baillière. Paris, 452 P.
- 92. Gautier M., 2001 :** La culture fruitière. Les productions fruitières. Volume 2. Ed. Tec & Doc. Paris, 665 P.
- 93. Gauthier M., 2009 :** Carpocapse des pommes et des poires. Bulletin mensuel d'information, N° 157 : 16-22.
- 94. Georghiou G. P. & Mellon R. B., 1983 :** Pest resistance to insecticides : challenges and prospects. Ed. Plenum Press. New-york, 809 P.
- 95. Giordanengo N., 2004 :** Ravageurs des cultures, agents de contrôle et lutte biologique et intégrée. Ed. Jules & Verne. Paris, 94 P.
- 96. Glen D.M., Wiltshire C.W., Milsom N.F. & Brain P., 1984 :** Codling moth granulosus virus: effects of its use on some other orchard arthropods. *Annual Applied Biology*, 104 : 99-106.
- 97. Gnepe J. R., 2001 :** Conception d'une diète pour l'élevage de *Cydia pomonella* en utilisant les eaux usées des industries agroalimentaire comme substituts de certains agents nutritifs. Thèse de doctorat. Université du Québec, 337 P.
- 98. Gnepe J. R., Brar S. K., Tyagi R. D. & Valéro J. R., 2011 :** Rheological profile of diets produced using agro-industrial wastes for rearing codling moth larvae for baculovirus biopesticides. *Journal of Environmental Science and Health Part, 46* : 1-12.

Références bibliographiques

- 99. Goonewardene H. F. & Howard P. H., 1989** :E7-47, E7-54, E29-56, and E31-10, apple germplasm with multiple pest resistance. *HortScience*, 24(1) : 167-169.
- 100. Google Earth, 2014** : Cartes, téléchargement gratuits de Google earth version B. Disponible sur : <http://www.google.com>.
- 101. Green T.R. & Ryan C.A., 1972** : Wound induced proteinase inhibitor in tomato leaves. Evidence for a proteinase inhibitor inducing factor. *Federation Proceedings*, 31(2) : 862-872.
- 102. Guerfi W., 2014** : Utilisation des sucres et virus de la granulose pour la protection des pommiers contre le carpocapse (*Cydia pomonella* L.) (*Lepidoptera* : *Tortricidae*) dans la région d'Ain Djasser (W de Batna). Thèse Ing. Agro. Université de Batna, 68 P.
- 103. Haggoune G., 2010** : Utilisation des sucres solubles exogènes dans la protection des pommiers contre le carpocapse (*Cydia pomonella* L.) (*Lepidoptera*, *Tortricidae*), dans la région de Yabous (W de Batna). Thèse Ing.Agro. Université de Batna, 65 P.
- 104. Hamilton R. J., Munro G. & Rowe G. M., 1978** : Identification of chemicals involved in the interaction of *Oscinella frit*(L.) with *Avena Sativa*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 25 : 328-341.
- 105. Heil M., Ibarra Laclette E., Adame Alvarez R., M., Martinez O. & Ramirez Chavez E., 2012** : How plants sense wounds: damaged self recognition is based on plant-derived elicitors and induces octadecanoid signalling. *Plant Physiology*, 153, 211–221.
- 106. Hmimina M., 2007** : Les ravageurs des arbres fruitiers, le carpocapse des pommes et de poires. Bulletin mensuel d'informatique et de liaison (PNTTA), N° 158 : 1-4.
- 107. Höhn H., Kehrli P. & Linder CH., 2012** : Guide phytosanitaire pour l'arboriculture fruitière 2012/2013. *Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture*, 44(1) : 14-17.
- 108. Howse P. E., Stevens I. D. R. & Jones O. T., 1998** : Insect pheromones and their use in pest management. Ed. Chapman & Hall. London, 134 P.

Références bibliographiques

- 109. Huber I. & Dickler E., 1977 :** Codling moth granulovirus : its efficiency in the field in comparison with organophosphorus insecticides. *Journal of Economic Entomology*, 70 (5) : 557-561.
- 110. Huber I., 1986 :** Use of Baculoviruses in pest management programs, pp : 23-39. In :**Garandos R. R. & Federici B. A. (eds)**, The biologie of Baculoviruses. Ed. Boca & Raton. U.S.A., 122 P.
- 111. Hull L.A., Pfeiffer D.G. & Biddinger D.J., 1995 :** Apple-direct pests, pp : 5-17. In :**Obiker M.N.**, Mid-Atlantic orchard monitoring guide. Ed. Plenum Press. New York, 91 P.
- 112. Hunter-Fujita F. R., Entwistle P.F., Evans H.F. & Crook N.E., 1998 :** Insect viruses and pest management. Ed. Wiley J & Sons. England, 620 P.
- 113. Ioriatti C. & Angeli G., 2002 :** Control of codling moth by attract and kill. Bulletin IOBC/WPRS, N° 25 : 1-9.
- 114. Isman M., 2000 :** Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection*, 19 : 603-608.
- 115. Janick J. & Moore J.N., 1996 :** Tree and tropical fruits. Volume 1. Ed. Wiley J & Sons. Oxford, 210 P.
- 116. Jaques R. P., Hardman I. M., Laing J. E., Smith R. F. & Bent E., 1994 :** Orchard trials in Canada on control of *Cydia pomonella* L. (*Lepidoptera: Tortricidae*) by granulosis virus. *Entomophaga*, 39 : 281-292.
- 117. Jeffree C. E., 1996 :** Structure and ontogeny of plant cuticles, pp: 33-37. In: **Krestiens G.**, plant cuticles : an integrated functional appraoch. Ed. BIOS. Oxford, 82 P.
- 118. Jetter R., Schaffer S. & Riederar M., 2000 :** Leaf cuticular waxes area arranged in chimically and mecanichally distinct layers : evidence from *Prunus Leurocerasus* L. *Plant, Cell & Envirenment*, 23 : 619-628.

119. **Jones W. E., Brunner J. F. & Faubion D., 2004** : Guide to codling moth damage identification. Washington state university, 2 P.
120. **Judd G.J.R., 2005** : Towards eradication of codling moth in British Columbia by complementary actions of mating disruption, tree banding and sterile insect technique: Five-year study in organic orchards. *Crop Protection*, 24 : 718-733.
121. **Kellerhals M. & AngstlJ.,2004** : Portrait des variétés de pommes résistantes à la tavelure. *Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture*, 36(1) : 29-36.
122. **Kennedy J S.,1986** : Some current issues in orientation to odour sources, pp :11-16. In :**Payne T. L. & Birch M. C. (eds)**, Mechanism in insect olfaction. Ed. Clarendon Press. Oxford, 101 P.
123. **Kienzle I., Schulz C., Zebitz C. P. W. & Huber I., 2003** : Codling moth granulovirus as a tool for resistance management and area-wide population control. Bulletin IOBC/WPRS, N°26 : 69-74.
124. **Koch K., 2004** :Sucrose metabolism: regulatory mechanisms and pivotal roles in sugar sensing and plant development. *Current Opinion in Plant Biology*, 7: 235-246.
125. **Kosina J., 2008** : Response of two apple cultivars to chemical fruit thinning. *Acta Horticulturae*, 70 (4) : 389-394.
126. **Kostal V., 1993** : Physical factors influencing landingand oviposition by the cabbage root fly on host-plant models. *Entomologia Experimentalis etApplicata*, 66:109-118.
127. **Krupke C.H., Roitberg B.D. & Judd G. J. R., 2002** : Field and laboratory responses of male codling moth (*Lepidoptera: Tortricidae*) to a pheromone-based attract-and-kill strategy. *Environmental Entomology*, 31: 189-197.

Références bibliographiques

- 128. Kutinkova H., Samietz G. & Dzhuvinov V., 2010 :**Control of codling moth in Bulgaria with a combination of Isomate C plus dispensers and the baculovirus product Madex[®]. *Journal of plant protection research*, 50 (4) : 479-482.
- 129. Kutinkova H., Samietz G., Dzhuvinov V. & Kessler P., 2012 :**Successful application of the baculovirus product Madex[®] for control of *Cydia pomonella* (L.) in Bulgaria.*Journal of plant protection research*, 52 (2) : 206-213.
- 130. Laamari M. & Souali N., 1999 :** Importance du piégeage sexuel dans la lutte contre le carpocapse des pommes et des poires *Laspeyresia pomonella* L. (*Lepidoptera : Tortricidae*) dans la région d'Ichemoul (Batna). *Revue des sciences agronomiques et forestières*. N° 00 : 19-22.
- 131. Lacey L. A. & Thomas K. U., 2005 :** Biological control of codling moth (*Cydia pomonella* (L.)(*Lepidoptera : Tortricidae*) and its role in integrated pest management, with emphasis on entomopathogens.*Vedalia*, 12 (1) : 33-60.
- 132. Lafaoun J. P., Tharaud-Payer C. & Levy G., 1996 :** Biologie des plantes cultivées. 2^{ème} Edition. Tome 1. Organisation et physiologie de la nutrition. Ed. Tec & Doc. Paris,227 P.
- 133. Lakso A.N., Robinson T.L. & Greene D.W., 2006 :** Physiology and fruit abscission via carbon balance modeling. *Acta Horticulturae*, 35 (7) : 321-326.
- 134. Lamy M., 1997 :** Les insectes et les hommes. Ed. Albin Michel. Paris, 96 P.
- 135. Landolt PJ. & Phillips TW., 1997 :** Host plant influences on sex pheromone behavior of phytophagous insects. *Annual Revue Entomology*. 42 : 371–91.
- 136. Lateur M., 2002 :**Perspectives de lutte contre les maladies des arbres fruitiers à pépins au moyen de substances naturelles inductrices d'une résistance systémique.*Biotechnology Agronomy Society Environemental*, 6(2) : 67–77.
- 137. Laurens F., 1999 :** Review of the current apple breeding programmes in the world: objectives for scion cultivar improvement. *Acta Hort.*, 48 :163-170.

Références bibliographiques

- 138. Lavigne G. & Romet L., 2007 :** Alt'Carpo, contre le carpocapse. *Phytoma- la defense des plantes*, 52: 10-14.
- 139. Leblanc H.N. & Logan J.G., 2010 :** Exploiting insect olfaction in forensic entomology, pp : 205-211. In :**Amendt J., Goff M.L., Campobasso C.P. & Grassberger M. (eds)**, Current concepts in forensic entomology. Ed. Springer. Dordrecht, 259 P.
- 140. Le Garrec K., 1999 :** Effet des métabolites présents à la surface de la pomme sur les comportements d'exploration et de pénétration des chenilles néonates de *Cydia pomonella*L. Mémoire de maîtrise. 30 P.
- 141. Lespinasse Y., 1992 :** Amélioration des espèces cultivées, objectifs et critères de sélection. Ed. Gallais & Bannerot. Paris, 594 P.
- 142. Li P., Julia J., Wind B., Shia X., Zhanga H., Hansonb J., Smeekensb C. & Tenga S., 2011 :** Fructose sensitivity is suppressed in Arabidopsis by the transcription factor ANAC089 lacking the membrane-bound domain. *PNAS*, 108 (8) : 3436-3441.
- 143. Limousin F., 2010 :**Bulletin technique noix sud-ouest, stades phénologiques moyens. N° 5 : 1-4.
- 144. Lombarkia N., 2002 :** Influence de métabolites présents à la surface des organes du pommier sur la ponte du carpocapse : *Cydia pomonella* L. (*Lepidoptera* : *Tortricidae*). Application à l'étude de la résistance du pommier au ravageur. Thèse doctorat. Université Rennes 1, France, 131 P.
- 145. Lombarkia N. & Derridj S., 2002 :** Incidence of apple fruit and leaf surface metabolites on *Cydia pomonella* oviposition. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 104: 79-87.
- 146. Lombarkia N. & Derridj S., 2008 :**Resistance of apple trees to *Cydia pomonella* egg-laying due to leaf surface metabolites. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 128 : 57-65.

Références bibliographiques

- 147. Lombarkia N., Ioriatti C. & Derridj S., 2005 :**Effect of Madex[®] (granulovirus) on *Cydia pomonella* L. egg laying and larval damages on two apple varieties- Relationships with plant surface metabolites. Bulletin IOBC, 28 (7) : 419-422.
- 148. Lucas E., 1993 :**Évaluation de l'efficacité de prédation descoccinelles, *Coccinella septempunctata*L. et *Harmonia axyridis*Pallas. (*Coleoptera: Coccinellidae*) en tant qu'auxiliaires de lutte biologique en vergers de pommiers. Thèse Doctorat. Université du Québec, Montréal, 94 P.
- 149. Maher N., 2002 :** Sélection du site de ponte chez *Lobesia botrana* (*Lepidoptera :Tortricidae*) : Influence de l'information chimique non-volatile présente sur les feuilles de plantes-hôtes. Thèse Doctorat. Sciences biologiques et médicales. Université Bordeaux,124P .
- 150. Malen N., 2012 :** La lutte biologique et protection intégrée. Ed. COLACP & PIP. Paris,126 P .
- 151. Mani E., Wildbolz T. & Riggensch W., 1995 :**Effect of pheromone trap position in large and small trees and in the open field on the catch of codling moth, *Cydia pomonella* L., *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, 68: 69-78.
- 152. Mathieu V., 2010 :** Cycle de développement du pommier, Influence des conditions climatiques. Bulletin INFOS/ CTIFL, N° 277 : 34-44.
- 153. Messaoudi S., 1997 :**Étude eco-biologique de carpocapse des pommes et des poires (*Laspeyresia pomonella* L.) (*Lepidoptera : Tortricidae*). Estimation économiques des dégâts et possibilités d'organisation d'une lutte chimique raisonnée dans un verger de pommier dans la région d'Inoughissen. Thèse Ing.Agro. Université de Batna, 55 P.
- 154. Mills N. & Carl., 1991 :**Tortricid pests, their biology,natural enemies (parasitoid and predators). *World Crop Pest*, 5 : 235-252.
- 155. Mills N., Pickel C., Mansfield S., McDougali S., Buchner R., Capril L., Edstrom L., Elkins R., Hasey L., Kelley K., Krueger B., Olson B. & Stocker R., 2000 :** Mass

Références bibliographiques

release of *Trichogramma* wasps can reduce damage from codling moth. *California Agriculture*, 54 (6) : 22-26.

156. Mittler T. E. & Dadd R. H., 1964 : Gustatory discrimination between liquids by the aphide *Myzus persicae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 7: 315-328.

157. Moghaddam M.R.B. & Van den End W., 2012 : Sugars and plant innate immunity. *Journal of Experimental Botany*, 63 : 3989-3998.

158. Montgomery M. E., 1975 : Feeding of the aphids *Amphorophora agathonica*, *Aphis pomi*. *Myzus persicae*. On syntetic diets in relation to host plant selection. *Dis. Absc. Int. B. Sci. Eng.*, 35 : 356-367.

159. Morel M., Chouinard J. & Bellerose S., 2013 : Méthodes de protection de pommier. Ed. IRDA. Paris, 100 P.

160. Morkunas I. & Ratajczak L., 2014 : The role of sugar signaling in plant defense responses against fungal pathogens. *Acta Physiol Plant* , 36 : 1607-1619.

161. Muralirangan M. C., 1985 : Physico-chemical factors in the acridid feeding behaviour (*Orthoptera : Acrididae*). *Sci. An. Sci.*, 94 : 283-294.

162. Murlis J. J. S., Elkington R. T. & Cardé N., 1992 : Odor plumes and how insects use them. *Annual Revue Entomology*, 37: 505-532.

163. Naire K.S. & Me Ewen F.L. 1976 : Host selection by the adult cabbage maggot *Hylemia brassicae* L. (*Diptera : Anthomyiidae*): Effect of glucosinolates and common nutrients on oviposition. *Can. Entomol.*, 108 (10) : 1021-1030.

164. Nasri H. 2000 : Contribution à l'étude de l'entomofaune du pommier dans la région de Bouhmama (W.Khenchela). Thèse Ing. Agro. Université de Batna, 55 P.

165. Ohlendorf B.L.P., 1999 : Integrated pest management for apples and pears, second edition. Ed. Elsevier. Amsterdam, 87 P.

Références bibliographiques

- 166. Ondet S. J., 2010 :** Ajouter des sucres pour limiter les dégâts causés par les maladies cryptogamiques et les ravageurs. *Arbo bio.*, 16 P.
- 167. Pajač I., Pejić I. & Barić B., 2011 :** Codling Moth, *Cydia pomonella* L. (*Lepidoptera: Tortricidae*), major pest in apple production: an overview of its biology, resistance, genetic structure and control strategies. *Agric. conspec. Sci.*, 76 (2) : 87-92.
- 168. Pasquier D., Charmillot P.J. 1998 :** Le virus de la granulose du carpocapse *Cydia pomonella*. Essai pratique de longue durée. *Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture*, 30 (3) : 185-187.
- 169. Paul A., 2013 :** Méthodes alternatives de protection des pommiers. Ed. IDRA. Paris, 145 P.
- 170. Pelletier Y., 2011 :** Biological study of codling moth, *Cydia pomonella* L. (*Lepidoptera: Tortricidae*). *Can. J. Zool.*, 69 : 1280-1288.
- 171. Picimbon J.F., 2002 :** Les péri-récepteurs chimiosensoriels des insectes. *Médecine/Sciences*, 11 : 1089-1094.
- 172. Poirié M. & Pasteur N., 1991 :** La résistance des insectes aux insecticides. *La recherche*, 22 : 874-882.
- 173. Prokopy R. J. & Owens E. D., 1983 :** Visual detection of plants by herbivorous insects. *Annual Review Entomology*, 28 : 337-364.
- 174. Provost C., Vincent C. & Valéro J., 2006 :** Essais du Virosoft CP4 en verger biologique. Congrès de société d'entomologie du Québec et société d'entomologie du Canada. Québec, Canada, 18 au 22 novembre 2006.
- 175. Provost C., Vincent C., Valéro J. & Rasamimanana H., 2008 :** Virosoft CP4 : premier insecticide viral homologué au Canada pour usage en agriculture. *Antennae*, 15(2) : 1-6.

Références bibliographiques

- 176. Pszezkowski M.A. & Brown J. J., 2005 :**Signal experience learning of host fruit selection by Lepidoptera larvae. *Physiology and Behaviour*, 86 : 168-175.
- 177. Quénin H. &Laur P., 2003 :** Carpovirusine granulosis virus formulation: control of resistant strain of codling moth and study of the vertical transmission of the virus. Proceedings of the 77th Annual western orchard pest &disease management conference, Washington, 15 to 17 January 2003.
- 178. Ramaswamy S. B., 1988 :** Host finding by moths: sensory modalities and behaviours. *J. Insect Physiol.*, 34 : 235-249.
- 179. Rat-Morris E., 2010 :** Comment favoriser l'activité des auxiliaires. Agrocampus Ouest, pp : 10-12.
- 180. Razi S., 1997 :**Étude eco-biologique de carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) (*Lepidoptera : Tortricidae*). Estimation des dégâts dans la région d'Ain-touta et essai de lutte chimique par l'utilisation des extraits de laurier rose et de Margousier au laboratoire essai de traitements chimiques. Thèse Ing. Agro. Université de Batna, 55 P.
- 181. Riba G. & Silvy C., 1989 :** Combattre les ravageurs des cultures : Enjeux et perspectives. Ed. INRA. Paris, 230 P.
- 182. Ricci B., 2009 :** Dynamique spatiale et dégâts de carpocapse dans la basse vallée de la Durance. Thèse Doctorat. Université d'Avignon, 224 P.
- 183. Ricci B., Lavigne C., Frank P., Sauphanor B., Toubon J.- F. & Bouvier J. C., 2007 :** Impact du paysage sur les populations de carpocapse, ravageur des pommiers et poiriers, à l'échelle d'un bassin de production. INRA. Avignon- Unité plantes et systèmes de cultures horticoles, 6 P.
- 184. Rieder M. & Schreiber L., 2001 :**Protecting against water loss : analysis of the barrier properties of plant cuticles. *J. Exp. Bot.*,52 : 2023-2032.

Références bibliographiques

- 185. Robert W. P. & Hagley E., 1986** : Pest management program of apple series: codling moth. Ontario, Toronto, 2 P.
- 186. Robert P. & Frerot B., 1998** : Comportement d'oviposition chez *Sesamia nonagrioides* lefebvre (*Lepidoptera: Noctuidae*). *Ann. Soc. Entomol.*, 34 (2) : 189-194.
- 187. Robinson T.L. & Lakso A.N., 2011** : Advances in predicting chemical thinner response of apple using a carbon balance model. *New York Fruit Quarterly*, 19 (1) :15-20.
- 188. Roessingh P., Hora K.H., Van Loon J.J.A. & Menken S.B.J., 1999** :Evolution of gustatory sensitivity in *Yponomeuta* caterpillars : sensitivity to the stereo-isomers dulcitol and sorbitol is localised in a single sensory cell. *Journal of Comparative Physiology*,184 : 119-126.
- 189. Rosa M., Prado C., Podazza G., Hilal M. & Interdonato R., 2009** :Soluble sugars - Metabolism, sensing and abiotic stress. *Plant signaling and behaviour*, 4 (5) : 388-393.
- 190. Saouli N., 1993** : Dynamique spatiale et dégâts de carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) (*Lepidoptera : Tortricidae*) dans la région d'Ichemoul (Vieux Medina). Étude biologique, estimation des pertes issues de traitements chimiques. Thèse Ing. Agro. Université de Batna, 92 P.
- 191. Sauphanor B., Brosse V., Bouvier J-C., Speich P., Micoud A. & Martinet C., 2000** :Monitoring resistance to diflubenzuron and deltamethrin in French codling moth populations (*Cydia pomonella* L.). *Pest Management Science*, 56: 74-82.
- 192. Sauphanor B., Berling M., Toubn J. F., Reyes M. & Delnate J.2006.** Carpocapse des pommes : cas de résistance aux virus de la granulose dans le Sud-Est. *Phytoma- la défense des plantes*, 590 : 24-27.
- 193. Schönherr J., Baur P. & Uhlig B.A., 2000** : Rates of cuticular penetration of 1 – naphthyl acetic acid (NAA) as affected by adjuvants, temperature, humidity and water quality. *Plant Growth Regulation*, 31: 61-74.

Références bibliographiques

- 194. Schoonhoven L.M., Jermy T. & Van Loon J. J. A., 1998 :**Host-plant selection : When to accept a plant, pp : 156-167. In :**Bernays E. A. & Chapman R.F. (eds)**, Insect-plant Biology. From physiology to evolution.Ed. Chapman & Hall. London, 312 P.
- 195. Schreiber L., Rieder M. & Schorn K., 1996 :**Mobilities of organic compounds in reconstituted cuticular wax of barley leaves : effects of monodisperse alcohol ethoxylates on diffusion of pentachlorophenol and tetracosanoic acid. *Pesticide science*, 48 : 117-124.
- 196. Schweizer C. & Andermatt M. 2005 :** Modifications d'homologation pour Madex[®].Institut de recherche de l'agriculture biologique(IRAB), Arbo bio. Ackerstrasse, 46 P.
- 197. Shneider D., 1964 :**Insect antennae. *Annual Review of entomologie*, 9 : 103-122.
- 198. Simon S., Brun L., Guinaudeau J. & Sauphanor B., 2011 :** Pesticide use in current and innovative apple orchard systems. *Agronomy for Sustainable Development*. 31:541-555.
- 199. Smitt R. & Berenbaum M.R., 1995 :** The chemistry of defense: theory and practice. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 92 : 2-8.
- 200. Smeekens S., Hanson J. & Rolland F., 2010.** Sugar signals and molecular networks controlling plant growth. *Current Opinion in Plant Biology*, 13 : 274-279.
- 201. Soltani N., Semir H. & Djebbar M.R., 1986 :** Contribution à l'étude de *Cydia pomonella* (L.) (*Lepidoptera : Tortricidae*), essai comparatif des pièges et cycle évolutif à Annaba. *Annales de l'INA*, 10(1) : 196-206.
- 202. Städler E., 1997 :**Oviposition and feeding stimuli in leaf surface waxes, pp : 105-121. In: **Juniper B. & Southwood R. (eds)**, Insect and the plant surface. Ed. Edward Arnold. London, 298 P.
- 203. Steven P., Lacey L., A., Pruneda J., N. & Rondon S., I., 2008 :**Semi-field evaluation of a granulovirus and *Bacillus thuringiensis* ssp. *Kurstaki* for season-long control of the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* Zeller. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 129 : 276-285.

Références bibliographiques

- 204. Stewart P., 1969 :** Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. Quelques réflexions. *Bull. Doc. Hist. Nat. Agro.*, N° 04 : 24-25.
- 205. S.R.P.V. d'Ain-Touta, 2013 :** Station régionale de la protection des végétaux, Wilaya de Batna.
- 206. Theis N. & Lerdau M., 2003 :** The evolution of function in plant secondary metabolites. *Int.j.Plant.Sci.*, 164 : 93-102.
- 207. Treder W., 2010 :** Crop loading studies with 'Jonagold' apple tree. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 18 (1) :59-69.
- 208. Trillot M., Masseron A. & Tronel C., 1993 :** Pommes – les variétés. Ed. CTIFL & INRA. Paris, 179 P.
- 209. Turrel S., Chambon-Perrier P., Earl C., Seimandi J., Molling F., Earl V., Bertrand H., Boudoire Y., Rane S., Morel G. F., Lescure P. & Miollan P., 2014 :** Arboriculture et viticulture, Bulletin Maison de la bio, N° 56 : 29-37.
- 210. Tyson R., Thistlewood H. & Judd G.J.R., 2007 :** Modelling dispersal of sterile male codling moths, *Cydia pomonella*, across orchard boundaries. *Ecological Modelling*, 205:1-12.
- 211. Verhaeghe A., 2005 :** Contre le carpocapse du noyer, la confusion sexuelle en verger. Fiche technique. N° 208, 5 P.
- 212. Vincent C. & Coderre D., 1992 :** La lutte biologique. Ed. Gaëtan Morin. Paris, 702 P.
- 213. Viret O., Schaub L., Linder C. & Charmillot P. J., 2003 :** Guide de traitements (Pommier) : Carpocapse des pommes, poires et abricots (*Cydia pomonella* L.). *Revue Suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture*, 35(1) : 26-47.
- 214. Visser J. H., 1988 :** Host-plant finding by insects : Sensory input and orientation sensory input and search patterns. *J. Insect Physiol.*, 34: 259-268.

Références bibliographiques

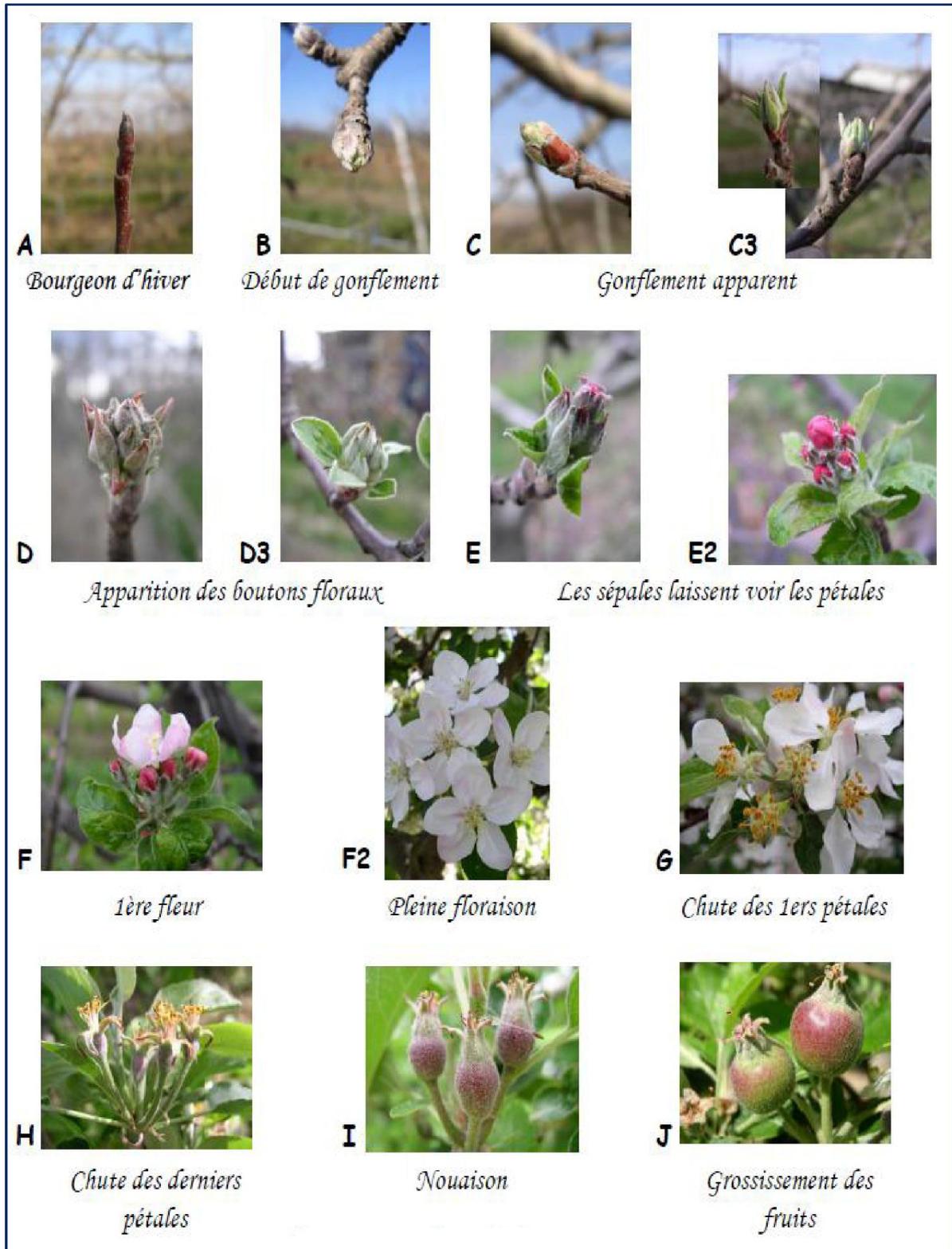
- 215. Vrieling K. & Derridj S., 2003 :** Pyrrolizidine alkaloids in and on the leaf surface of *Senecio jacobaea* (L.). *Phytochemistry*, 64 : 1223-1228.
- 216. Vuchot C., 2001 :** Confusion sexuelle contre le carpocapse. Cultures spécialisées – Arboriculture, N° 561.
- 217. Wearing C. H., Cannor P. J. & Ambler K. D., 1973 :** Olfactory stimulation of oviposition and flight activity of codling moth *Laspeyresia pomonella*, using apples in an automated olfactometer. *New Zealand Journal of Science*, 16: 697-710.
- 218. Welter S.C., 2006:** Codling Moth (*Cydia pomonella*) and its Control. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 47 (3) : 412-443.
- 219. Welty C., 1992 :** Codling moth on Fruit trees. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 47 (3) : 4434-4476.
- 220. Wertheim S.J., 2000 :** Developments in the chemical thinning of apple and pear. *Plant Growth Regulation*, 31 : 85-100.
- 221. Whittaker R.H. & Feeny P., 1971 :** Allelochemicals: chemical interactions between species. *Science*, 171 : 757-761.
- 222. Willeboer P., 2001 :** Trendwatcher voorspelt groeiende vraag naar bio-fruit. *Fruitteelt*, 7 : 14-15.
- 223. Wood S. & Granados N., 1991.** Genetically engineered Baculoviruses as agents for pest control. *Ann.Rev.Micro.*, 45 : 69-87.
- 224. Yan F., Bengtsson M. & Witzgall P., 1999 :** Behavioral response of female Codling moths, *Cydia pomonella*, to apple volatiles. *Journal of Chemical Ecology*, 15(6) : 1343-1351.
- 225. Zacharuk R. Y., 1991 :** Ultrastructure and function of insect chemosensilla. *Annual Review of Entomologie*, 25 : 27- 47.

Références bibliographiques

226. Zingg D., 2007 : Madex Plus and Madex I12 overcome virus resistance of codling moth. 13th International conference on cultivation technique and phytopathological problems in organic fruit-growing. Weinsberg, Germany, 18th February to 20th February 2008.

Annexes

Annexe 1 : Stades phrénologiques de pommier d'après Fleckinger



- Annexe 2 : Calendrier de captures des mâles de carpacse en fonction de temps

Nombre de mâles capturés					
Dates de relevés des mâles	Première génération	Dates de relevés des mâles	Deuxième génération	Dates de relevés des mâles	Troisième Génération
15/04/2014	0	14/06/2014	2	29/07/2014	0
18/04/2014	0	17/06/2014	6	01/08/2014	2
21/04/2014	3	20/06/2014	7	04/08/2014	3
24/04/2014	4	23/06/2014	6	07/08/2014	3
27/04/2014	6	26/06/2014	8	10/08/2014	7
30/04/2014	28	29/06/2014	12	13/08/2014	15
03/05/2014	15	02/07/2014	12	16/08/2014	4
06/05/2014	14	05/07/2014	17	19/08/2014	4
09/05/2014	11	08/07/2014	40	22/08/2014	2
12/05/2014	11	11/07/2014	32	25/08/2014	3
15/05/2014	10	14/07/2014	16	28/08/2014	0
18/05/2014	8	17/07/2014	6	31/08/2014	0
21/05/2014	6	20/07/2014	8	03/09/2014	0
24/05/2014	7	23/07/2014	1		
27/05/2014	9	26/07/2014	5		
30/05/2014	10				
02/06/2014	10				
05/06/2014	9				
08/06/2014	6				
11/06/2014	2				

-Annexe 3 : Pourcentage de fruits attaqués par arbre à la récolte

	Saccharose+Madex [®]	Fructose + Madex [®]	Saccharose	Madex [®]	Fructose	Témoin
Rangé 1	22,09	9,80	30,43	24,60	19,50	36,01
Rangé 2	22,71	12,74	29,55	22,81	22,41	34,28
Rangé 3	21,06	7,89	27,61	25,44	20,00	27,46
Rangé 4	18,13	11,31	28,09	30,30	27,20	34,88
Rangé 5	19,07	12,78	31,78	25,15	21,35	29,21
Rangé 6	16,45	11,81	22,09	26,70	21,60	32,57
Moy	19,92	11,05	28,26	25,83	22,01	32,40
e.s.	1,00	0,78	1,38	1,03	1,13	1,38

Moy : Moyenne ; e.s : erreur standard

-Annexe 4 : Efficacité des traitements Abbott

	Saccharose+ Madex [®]	Fructose + Madex [®]	Saccharose	Madex [®]	Fructose	Témoin
Rangé 1	38,65	72,79	15,48	31,69	45,86	0,00
Rangé 2	33,74	62,83	13,80	33,46	34,61	0,00
Rangé 3	23,30	71,28	-0,57	7,36	27,18	0,00
Rangé 4	48,03	67,58	19,49	13,13	22,02	0,00
Rangé 5	34,71	56,24	-8,82	13,87	26,90	0,00
Rangé 6	49,50	63,72	32,18	18,01	33,67	0,00
Moy	37,99	65,74	11,93	19,59	31,71	0,00
e.s.	3,99	2,49	5,97	4,34	3,42	0,00

Moy : Moyenne ; e.s : erreur standard

-Annexe 5 : Pourcentage de fruits attaqués et tombés au sol

	Saccharose+ Madex [®]	Fructose + Madex [®]	Saccharose	Madex [®]	Fructose	Témoin
Rangé 1	51,66	47,17	61,89	72,02	57,63	54,10
Rangé 2	54,95	45,56	66,42	58,55	58,28	63,00
Rangé 3	53,70	52,65	59,16	58,47	57,26	69,00
Rangé 4	54,66	57,01	63,81	57,78	50,65	63,75
Rangé 5	50,78	40,48	59,28	64,26	57,03	68,21
Rangé 6	56,65	47,30	58,50	54,13	55,15	65,92
Moy	53,73	48,36	61,51	60,87	56,00	64,00
e.s.	0,89	2,35	1,28	2,60	1,15	2,20

Moy : Moyenne ; e.s : erreur standard

-Annexe 6 : Efficacité des traitements Abbott (fruits attaqués et tombés au sol).

	Saccharose+ Madex®	Fructose + Madex®	Saccharose	Madex®	Fructose	Témoin
Rangé 1	4,51	12,81	-14,40	-33,13	-6,52	0,00
Rangé 2	12,79	27,69	-5,42	7,07	7,50	0,00
Rangé 3	22,16	23,69	14,26	15,26	17,02	0,00
Rangé 4	14,25	10,56	-0,10	9,35	20,54	0,00
Rangé 5	25,56	40,66	13,10	5,80	16,40	0,00
Rangé 6	14,06	28,25	11,25	17,88	16,33	0,00
Moy	15,55	23,94	3,12	3,71	11,88	0,00
e.s.	3,04	4,53	4,76	7,61	4,08	0,00

Moy : Moyenne ; e.s : erreur standard

-Annexe 7 : Pourcentage d'attaques cicatrisées par arbre à la récolte.

Attaques cicatrisées	Fructose + Madex®	Saccharose + Madex®	Fructose	Saccharose	Madex®	Témoin
Rangé 1	32,47	22,86	52,21	25,38	10,83	14,02
Rangé 2	35,00	28,69	40,80	34,18	14,89	11,33
Rangé 3	38,50	26,10	52,66	28,25	15,73	5,96
Rangé 4	45,42	11,48	46,17	27,14	17,69	9,01
Rangé 5	28,41	18,34	47,63	26,93	17,25	8,89
Rangé 6	15,09	18,65	52,92	29,24	16,35	7,30
Moy	32,48	21,02	48,73	28,52	15,46	9,42
e.s.	4,20	2,53	1,96	1,25	1,01	1,18

-Annexe 8 : Pourcentage d'attaques cicatrisées sur fruit attaqués et tombés au sol.

Attaques cicatrisées	Fructose + Madex®	Saccharose + Madex®	Fructose	Saccharose	Madex®	Témoin
Rangé 1	31,55	23,39	34,96	15,06	13,16	15,75
Rangé 2	35,61	31,48	32,94	8,25	10,59	11,23
Rangé 3	35,86	42,65	21,66	11,46	15,64	8,84
Rangé 4	19,93	16,54	36,57	6,19	13,21	7,62
Rangé 5	26,19	22,98	28,77	7,92	10,32	14,21
Rangé 6	29,36	17,35	29,41	8,66	20,04	11,02
Moy	29,75	25,73	30,72	9,59	13,83	11,44
e.s.	2,48	4,03	2,20	1,30	1,48	1,26

Moy : Moyenne ; e.s : erreur standard

-Annexe 9 : Pourcentage d'attaques stoppées par arbre à la récolte.

Attaques stoppées	Fructose + Madex®	Saccharose + Madex®	Fructose	Saccharose	Madex®	Témoin
Rangé 1	64,26	41,93	33,04	15,72	47,88	18,34
Rangé 2	59,17	39,88	35,18	19,58	51,05	16,02
Rangé 3	43,28	23,51	22,86	14,92	53,64	26,39
Rangé 4	44,28	52,59	33,75	14,38	50,23	24,80
Rangé 5	47,48	53,00	35,01	17,60	49,96	31,01
Rangé 6	50,34	51,88	29,57	9,05	46,59	26,44
Moy	51,47	43,80	31,57	15,21	49,89	23,83
e.s.	3,46	4,68	1,93	1,46	1,01	2,29

Moy : Moyenne ; e.s : erreur standard

-Annexe 10 : Pourcentage d'attaques stoppées sur fruits attaqués et tombés au sol.

Attaques stoppées	Fructose + Madex®	Saccharose + Madex®	Fructose	Saccharose	Madex®	Témoin
Rangé 1	59,93	45,67	10,39	25,97	37,16	32,24
Rangé 2	58,73	57,04	14,63	32,16	40,63	14,45
Rangé 3	41,60	42,08	27,09	20,92	27,64	20,05
Rangé 4	64,87	52,08	11,92	18,40	33,25	14,78
Rangé 5	64,88	65,40	17,60	21,84	33,38	25,00
Rangé 6	51,57	41,40	16,04	13,08	23,83	25,18
Moy	56,93	50,61	16,28	22,06	32,65	21,95
e.s.	3,66	3,85	2,42	2,66	2,50	2,81

-Annexe 11 : Pourcentage d'attaques actives par arbre à la récolte.

Attaques actives	Fructose + Madex®	Saccharose + Madex®	Fructose	Saccharose	Madex®	Témoin
Rangé 1	3,27	35,20	14,75	58,90	41,29	67,64
Rangé 2	5,83	19,67	24,01	64,39	34,05	72,65
Rangé 3	18,22	50,40	24,48	56,82	30,63	67,65
Rangé 4	10,30	35,93	20,08	58,47	32,08	66,18
Rangé 5	24,11	28,66	17,36	55,47	32,79	60,10
Rangé 6	34,58	29,47	17,51	61,71	35,10	66,26
Moy	16,05	33,22	19,70	59,29	34,33	66,75
e.s.	4,88	4,18	1,60	1,33	1,53	1,64

Moy : Moyenne ; e.s : erreur standard.

-Annexe 12 : Pourcentage d'attaques actives sur fruits attaqués et tombés au sol.

Attaques actives	Fructose + Madex®	Saccharose + Madex®	Fructose	Saccharose	Madex®	Témoin
Rangé 1	8,52	30,94	54,65	66,40	49,68	70,19
Rangé 2	5,66	11,48	52,43	59,59	48,78	74,32
Rangé 3	22,54	15,28	51,25	67,61	56,72	71,11
Rangé 4	15,19	31,37	51,52	75,41	53,54	77,61
Rangé 5	8,93	11,62	53,62	70,24	56,30	60,79
Rangé 6	19,07	41,25	54,55	78,26	56,13	63,80
Moy	13,32	23,66	53,00	69,59	53,53	69,64
e.s.	2,72	5,12	0,61	2,73	1,44	2,58

-Annexe 13 : Pourcentage de fruits tombés.

	Saccharose+ Madex®	Fructose + Madex®	Saccharose	Madex®	Fructose	Témoin
Rangé 1	27,98	22,31	49,77	38,62	29,58	66,80
Rangé 2	21,17	19,39	43,94	26,29	25,46	69,74
Rangé 3	24,34	20,17	39,28	34,24	28,11	67,29
Rangé 4	32,74	19,75	43,41	26,41	16,37	73,35
Rangé 5	14,28	9,62	50,45	28,63	21,90	86,37
Rangé 6	21,55	15,47	48,10	32,63	28,58	68,35
Moy	23,67	17,79	45,83	31,14	25,00	71,98
e.s.	2,58	1,87	1,77	2,00	2,06	3,03

Moy : Moyenne ; e.s : erreur standard.

-Annexe 14 : Nombre de larves diapausantes (larves mâles et larves femelles) et chrysalides.

Nombre total de Larves	Fructose + Madex®	Saccharose + Madex®	Fructose	Saccharose	Madex®	Témoin
Rangé 1	0,33	2,00	1,67	5,33	2,00	7,67
Rangé 2	0,00	0,67	1,00	3,67	2,00	8,67
Rangé 3	0,67	1,67	1,00	4,67	1,67	8,67
Rangé 4	0,33	0,67	1,33	3,33	1,33	6,67
Rangé 5	0,00	0,33	2,00	5,00	3,67	6,33
Rangé 6	0,33	0,67	1,33	4,00	2,00	7,67
Moy	0,28	1,00	1,39	4,33	2,11	7,61
e.s.	0,10	0,27	0,16	0,32	0,33	0,40

Moy : Moyenne ; e.s : erreur standard

-Annexe 15 : Nombre de larves diapausantes (larves mâles)

Larves mâles	Fructose + Madex®	Saccharose + Madex®	Fructose	Saccharose	Madex®	Témoin
Rangé 1	0,00	1,00	0,33	2,00	1,00	3,67
Rangé 2	0,00	0,33	0,67	1,00	0,33	2,33
Rangé 3	0,33	0,33	0,00	0,33	0,67	2,67
Rangé 4	0,33	0,33	0,33	1,00	0,67	3,00
Rangé 5	0,00	0,33	0,67	2,67	1,33	2,00
Rangé 6	0,00	0,00	0,33	1,00	0,00	1,67
Moy	0,11	0,39	0,39	1,33	0,67	2,56
e.s.	0,07	0,13	0,10	0,34	0,19	0,29

Moy : Moyenne ; e.s : erreur standard

-Annexe 16 : Nombre de larves diapausantes (larves femelles).

Larves femelles	Fructose + Madex®	Saccharose + Madex®	Fructose	Saccharose	Madex®	Témoin
Rangé 1	0,33	1,00	1,33	1,00	0,67	2,67
Rangé 2	0,00	0,33	0,33	2,00	0,67	4,00
Rangé 3	0,33	1,33	0,67	3,67	0,67	5,33
Rangé 4	0,00	0,33	0,67	2,00	0,33	3,33
Rangé 5	0,00	0,00	1,00	2,00	1,67	4,00
Rangé 6	0,33	0,33	1,00	2,67	1,33	5,33
Moy	0,17	0,56	0,83	2,22	0,89	4,11
e.s.	0,07	0,20	0,14	0,36	0,20	0,44

Moy : Moyenne ; e.s : erreur standard

-Annexe 17 : Nombre de chrysalides.

Chrysalides	Fructose + Madex®	Saccharose + Madex®	Fructose	Saccharose	Madex®	Témoin
Rangé 1	0,00	0,00	0,00	2,33	0,33	1,33
Rangé 2	0,00	0,00	0,00	0,67	1,00	2,33
Rangé 3	0,00	0,00	0,33	0,67	0,33	0,67
Rangé 4	0,00	0,00	0,33	0,33	0,33	0,33
Rangé 5	0,00	0,00	0,33	0,33	0,67	0,33
Rangé 6	0,00	0,33	0,00	0,33	0,67	0,67
Moy	0,00	0,06	0,17	0,78	0,56	0,94
e.s.	0,00	0,06	0,07	0,32	0,11	0,32

Moy : Moyenne ; e.s : erreur standard

Résumé:

Cette étude présente les résultats des essais menés dans la région de Lambiridi et visant à optimiser et comparer l'effet des pulvérisations de Madex® (100ml/ ha) seul, du saccharose (100 ppm) seul, du fructose (100 ppm) seul et leur combinaison sur pommier - variété Starkrimson vis-à-vis des attaques de *Cydia pomonella* L., ainsi que le nombre de larves séquestrées dans les bandes-pièges placées autour des troncs des arbres expérimentés.

Les résultats de cette étude montrent que le carpocapse est trivoltin dans la région d'étude. C'est un ravageur très important environ 32% de fruits sont attaqués à la récolte. La pulvérisation foliaire du Madex® seul induit des effets comparables à ceux enregistrés par l'utilisation de saccharose seul pour les pourcentages de fruits attaqués à la récolte. Les pulvérisations foliaires des associations fructose combiné au Madex® et saccharose combiné au Madex®, quant à elles, provoquent des pourcentages de fruits attaqués à la récolte moyennement faibles à faibles par rapport au témoin. La pulvérisation foliaire du saccharose seul diminue également les pourcentages de fruits attaqués à la récolte. L'efficacité des traitements (Abbott) à la récolte est meilleure avec les traitements au fructose combiné au Madex®. Le taux des pommes tombées est très réduit lors de la pulvérisation du fructose combiné au Madex®. L'utilisation du Madex® seul, du saccharose seul, du fructose seul, ainsi que leur combinaison ont permis de réduire significativement le nombre de larves dans les bandes-pièges.

Mots clés : *Malus domestica* borkh., *Cydia pomonella* L., virus de la granulose, Madex®, saccharose, fructose.

المخلص :

تقدم هذه الدراسة نتائج التجارب التي أجريت في منطقة لمبيريدي ومقارنة تأثير الرش بالمداكس (Madex®) (100 ملل/ هكتار)، السكروز (100 جزء في المليون) و الفروكتوز (100 جزء في المليون) والجمع بينهما لمراقبة الخسائر الناجمة عن دودة التفاح *Cydia pomonella* L. وعدد اليرقات في مصائد شرائط وضعت على جذوع أشجار صنف الستاركريمسون.

نتائج هذه الدراسة تظهر أن دودة التفاح تملك ثلاثة أجيال في منطقة الدراسة و هي آفة مهمة جدا هاجمت ما يقرب 32% من التفاح عند الحصاد. الرش الورقي بالمداكس وحده أدى إلى آثار مماثلة لتلك التي سجلت عن طريق استخدام السكروز وحده في نسب التفاح المتضررة عند الحصاد. الرش الورقي بالمداكس مضاف إليه السكروز أو الفروكتوز أدى بدوره إلى انخفاض اقل توسط إلى متوسط في نسب التفاح المتضررة عند الحصاد. العلاجات بالسكروز وحدها في جرعة من 100 جزء في المليون، بدورها، تؤدي إلى انخفاض كبير في نسبة التفاح المتضررة بالمقارنة مع الشاهد. فعالية العلاج (أبوت) عند الحصاد أفضل مع علاجات المداكس مضاف إليه الفروكتوز. الرش الورقي بالمداكس مضاف إليه الفروكتوز يقلل من مجمل نسب التفاح المتساقطة. الفروكتوز وحده، السكروز وحده ومزجهم ساهمت كثيرا في تقليل عدد اليرقات في مصائد شرائط.

الكلمات المفتاحية : *Cydia pomonella* L., *Malus domestica* Borkh ، دودة التفاح ، المداكس ، السكروز ، الفروكتوز.

Abstract:

This study presents the results of tests conducted in the region of Lambiridi to compare and optimize the effect of Madex® sprays (100ml / ha), sucrose (100 ppm), fructose (100 ppm) and their combination on apple-Starkrimson variety vs. *Cydia pomonella* L., fruit damages and the number of larvae inpounded in the corrugated cardboard banding trap placed on the experimental tree trunks .

The results of this study show that codling moth own three generations in study area. Is a very important pest about 32% of damaged fruits at harvest. Foliar sprays of Madex® used alone induce comparable effects to those registered by the use of sucrose alone for percentage of damaged fruits compared to the control. Treatments with fructose combined with Madex® and sucrose combined with Madex® generate a percentage of damaged fruits at harvest moderately low to low compared to the control. Treatments with sucrose alone (100 ppm) also reduce the percentage of damaged fruits compared to the control. The treatment efficiency (Abbott) at harvest is better with fructose combined to Madex® treatments. The rate of fell apples is reduced with fructose combined to Madex® treatment. The use of Madex® alone, fructose alone, sucrose alone and their association have significantly reduced the number of larvae in corrugated cardboard banding.

Key words: *Malus domestica* Borkh., *Cydia pomonella* L., granulosis virus, Madex®, sucrose, fructose.