

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRETIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE EL-HADJ LAKHDAR – BATNA –
FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

Mémoire

Pour obtenir le diplôme de

Magister en Sciences Agronomiques

Spécialité : Protection des végétaux

Option : Entomologie Agricole et Forestière

Présenté par

Imen BRAHIM

SUJET

Étude du comportement de ponte du carpocapse (*Cydia pomonella* L.) (*Lepidoptera, Tortricidae*) sur deux variétés de pommier.

Jury :

M. LAAMARI M.	Prof. (Université de Batna)	Président
M ^{me} . LOMBARKIA N.	M.C.A. (Université de Batna)	Rapporteur
M. SOLTANI N.	Prof. (Université d'Annaba)	Examineur
M. BOUDJELIDA H.	M.C.A. (Université d'Annaba)	Examineur

Année de soutenance 2010.

**Étude du comportement de ponte du carpocapse
(*Cydia pomonella* L.) (*Lepidoptera*, *Tortricidae*)
sur deux variétés de pommier.**

Présentée par

Imen BRAHIM

Dédicace

A ma Mère

A mon Père

A mon frère et ma sœur

A mon Grand-père Mohamed

A mes deux Grand-mères

A mes oncles : Djamel-El-Dine, Abd-El-Hamid, et Dr. Nadjib et ma tante Zoubida

*Qui m'ont encouragé et soutenu aux moments difficiles et tout au long de ma
scolarité.*

Imen

Remerciements

Je remercie avant tout Dieu le tout puissant de m'avoir accordé patience, force et volonté pour terminer ce travail.

Ce travail a bénéficié du soutien de plusieurs personnes qu'il me fait plaisir de remercier.

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 ces 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 conseillé et orienté avec beaucoup de patience, chaque fois que cela était nécessaire.

Je souhaite également adresser mes sincères remerciements aux Messieurs les membres du Jury, Monsieur le professeur Soltani Nouredine, Monsieur Maître de Conférence Boudjelida Abed-El-hamid, pour avoir accepté de prendre le temps de lire, d'évaluer mon travail et d'effectuer un long déplacement pour assister à la soutenance.

Je tiens à remercier aussi particulièrement Monsieur Medjadeba Abed-El-Majid enseignant au département d'Agronomie de l'université de Batna pour ses encouragements, son soutien permanent et pour la documentation scientifique qui ma été nécessaire.

Toute ma gratitude va à l'ensemble du personnel du département d'Agronomie de l'université de Batna (enseignants, techniciens,...), à savoir : M. HAMDI PACHA, M. BENSSACI, M^{elle} KHELIF, M^{elle} BAISSISE, M. NOUI, M. KBIR, M. SAHRAOUI, M. AMOURI, M. HADJI, M. ABDOU.... Tous m'ont prêté mains fortes avec le sourire lorsque j'en avais besoin.

Je dis un grand merci pour le propriétaire du verger d'étude de Limbiridi M. MERRARDA pour son accueil et de m'avoir accordé la liberté d'accéder à tout moment au verger. M. SAIDE pour son aide précieuse aux moments des prélèvements, emplacement et récupération des bandes pièges.

Mes remerciements vont pareillement aux personnels de COOP.S.P.E. de Tazoult, surtout à M. GHOULEM, et M^{me} DALILA, pour m'avoir aidé pendant ces années et M. SAIDE pour son aide précieuse aux moments des prélèvements, emplacement et récupération des bandes pièges.

A toute la promotion d'Entomologie Agricole et Forestière.

Mes nombreux amis : Sabrina, Yassemina, Fifi, Meriem, Hemmama, Fayrouz H., Fayrouz B., Dhahebia, Abderahmen, Fayza, Karima,

Pour finir, ce travail n'aurait pas été mené sans concessions et surtout le soutien moral et matériel permanent de ma famille et mes proches auxquels je dis grand merci de tout mon cœur.

Liste des tableaux

Tableau N°1: principales plantes hôtes du carpocapse (<i>C. pomonella</i>) (Coutin, 1960 ; Balachowsky, 1966 ; Bovey, 1966).....	04
Tableau N°2 : Déroulement des vols du carpocapse dans la région de Batna (S.R.P.V. d'Ain touta, 2008).....	11
Tableau N°3 : Situation de l'arboriculture fruitière dans la wilaya de Batna (D.S.A., 2007).....	18
Tableau N°4 : Principaux ravageurs du pommier.....	23
Tableau N°5 : Principales maladies du pommier.....	23
Tableau N°6 : Insecticides homologués et préconisés contre <i>C. pomonella</i> (L.) en Algérie (Anonyme, 2007).....	36
Tableau N°7 : Exemples de quelques caractéristiques physiques de la plante qui affectent la sélection de la plante-hôte par les insectes de trois ordres : Lépidoptères, Hémiptères et Coléoptères (Schoonhoven <i>et al.</i> , 1998).....	45
Tableau N°8 : Température mensuelle moyenne durant la période (2007-2009).....	57
Tableau N°9 : Répartition mensuelle moyenne des précipitations durant la période (2007-2009).....	58
Tableau N°10 : Humidité relative moyenne durant la période (1995-2007).....	58
Tableau N°11 : Vent mensuel moyen (m/s) durant la période (1995-2006).....	59
Tableau N°12 : Température (C°) et précipitation (mm) mensuelles moyennes de la région de Batna durant la période (2007-2009).....	60
Tableau N°13 : Les différentes espèces fruitières cultivées au niveau de la coopérative (COO.P.S.P.E) (Anonyme, 2003).....	66
Tableau N°14 : Dates de prélèvement des rameaux sur les deux variétés de pommier.....	75
Tableau N°15 : Dates et nombre de femelles observées sur Golden Delicious et Starkrimson.....	78

Tableau N°16 : Proportion de femelles (%) qui ont un comportement donné sur Golden Delicious et Starkrimson.97

Liste des figures

Figure 1 : Description générale du développement saisonnier du carpocapse (Caprile et Vossen, 2005).....	06
Figure 2 : Cycle biologique de <i>C. pomonella</i> L.....	07
Figure 3 : Le nombre de générations du carpocapse en Algérie (Chafaa, 2008).....	11
Figure 4: Aspects de dégâts du carpocapse sur fruits (Jones <i>et al.</i> , 2004).....	13
Figure 5 : Entrée d'une larve dans une pomme (Jones <i>et al.</i> , 2004).....	13
Figure 6 : Une profonde entrée d'une larve (Jones <i>et al.</i> , 2004).....	13
Figure 7 : L'accumulation d'excréments sur la surface de la pomme suite à l'entrée d'une larve (Alston et Reding, 2008).....	13
Figure 8 : Trous d'entrés dans le pédoncule (Jones <i>et al.</i> , 2004).....	15
Figure 9 : Trous d'entrée dans le calice du fruit (Jones <i>et al.</i> , 2004).....	15
Figure 10 : Trou d'entrée et de sortie de la larve (Jones <i>et al.</i> , 2004).....	15
Figure 11 : Différents points d'entrées de la larve (Jones <i>et al.</i> , 2004).....	15
Figure 12 : Évolution de la culture de pommier dans la wilaya de Batna (1997-2007) (D.S.A., 2009).....	18
Figure 13: Évolution de la culture de pommier dans les principales régions productrices durant l'année agricole 2008 (D.S.A., 2008).....	18
Figure 14 : Localisation des régions d'études et les zones de culture du pommier dans la wilaya de Batna (D.S.A. Batna, 2008).....	19
Figure 15: Les stades repères de FLECKINGER (Charton, 1992).....	22
Figure 16 : Piège à phéromone pour le carpocapse (Ricci <i>et al.</i> , 2007).....	27
Figure 17 : Les bandes-pièges de carton ondulé installées sur les troncs (photo personnelle).....	27

Figure 18 : Démarche pour la conduite d'une pommeraie en lutte raisonnée contre le carpocapse.....	29
Figure 19 : Lutte attracticide (Cormier <i>et al.</i> , 2006).....	34
Figure 20 : Équipement sensoriel localisé sur la patte et l'ovipositeur de <i>C. pomonella</i> (Derridj, 2007).....	38
Figure 21 : Équipement sensoriel intervenant pendant les différentes étapes de la sélection de la plante-hôte (Schoonhoven <i>et al.</i> , 1998).....	38
Figure 22 : Les différents types de médiateurs chimiques (Dethier <i>et al.</i> , 1960 ; Nordlund, 1981 ; Strebler, 1989).....	46
Figure 23 : Structure de la cuticule des plantes (Jeffree, 1996).....	51
Figure 24 : Situation et limites des régions d'étude (D.S.A., 2008).....	56
Figure 25 : Diagramme Ombrothermique de Gaussen et Bagnouls de la région de Batna durant la période allant de 2008 à 2009	60
Figure 26 : Situation de la région de Batna dans le climagramme d'Emberger.....	62
Figure 27 : Plan du verger d'étude (Google Earth, 2009).....	64
Figure 28 : Vue générale du verger d'étude (photo personnelle).....	64
Figure 29 : Plan du verger d'étude (Google Earth, 2009).....	65
Figure 30 : Vue générale du verger d'étude (photo personnelle).....	67
Figure 31 : Plan de la parcelle d'étude (Google Earth, 2009).....	68
Figure 32 : Le fruit de Golden Delicious (photo personnelle).....	70
Figure 33 : Le fruit de Starkrimson (photo personnelle).....	70
Figure 34 : Œufs du carpocapse à différents stades.....	71
Figure 35 : Larve du carpocapse.....	71
Figure 36 : Caractères microscopiques de la chenille de <i>C. pomonella</i> (Balachowsky et Mesnil, 1935).....	71
Figure 37 : Le stade de pupaison.....	73

Figure 38 : L'adulte du carpocapse (photo personnelle).....	73
Figure 39 : Cage d'accouplement (photo personnelle).....	75
Figure 40 : Cage en tulle (photo personnelle).....	75
Figure 41 : Les deux types de feuilles étudiées (Lamonarca, 1985).....	76
Figure 42 : Bandes pièges (photo personnelle).....	77
Figure 43 : Boîtes de conservation (photo personnelle).....	77
Figure 44 : Disposition des arbres utilisés pour l'observation du comportement de ponte du carpocapse (Google Earth, 2009).....	78
Figure 45 : Nombre moyen d'œufs par arbre sur les deux variétés (Vol 1) à Limbiridi (A) et Tazoult (B).....	82
Figure 46 : Nombre moyen d'œufs par arbre sur les deux variétés (Vol 2) à Limbiridi (A) et Tazoult (B).....	82
Figure 47 : Nombre moyen d'œufs par arbre sur les deux variétés (Vol 3) à Limbiridi (A) et Tazoult (B).....	82
Figure 48 : Répartition des pontes (nombre moyen d'œufs) par site sur Golden Delicious (Vol 1) à Limbiridi (A) et Tazoult (B).....	83
Figure 49 : Répartition des pontes (nombre moyen d'œufs) par site sur Golden Delicious (Vol 2) à Limbiridi (A) et Tazoult (B).....	83
Figure 50 : Répartition des pontes (nombre moyen d'œufs) par site sur Golden Delicious (Vol 3) à Limbiridi (A) et Tazoult (B).....	83
Figure 51 : Répartition des pontes (nombre moyen d'œufs) par site sur Starkrimson (Vol 1) à Limbiridi (A) et Tazoult (B).....	84
Figure 52 : Répartition des pontes (nombre moyen d'œufs) par site sur Starkrimson (Vol 2) à Limbiridi (A) et Tazoult (B).....	84
Figure 53 : Répartition des pontes (nombre moyen d'œufs) par site sur Starkrimson (Vol 3) à Limbiridi (A) et Tazoult (B).....	84

Figure 54 : Répartition des pontes (nombre moyen des œufs) sur les deux types de feuilles, de Golden Delicious et Starkrimson au 1 ^{ier} vol (A), 2 ^{ème} vol (B) et 3 ^{ème} vol (C).....	86
Figure 55 : Répartition des pontes (nombre moyen des œufs) sur les différentes faces foliaires de Golden Delicious et Starkrimson au 1 ^{ier} vol (A), 2 ^{ème} vol (B) et 3 ^{ème} vol (C) à Limbiridi.....	88
Figure 56 : Répartition des pontes (nombre moyen des œufs) sur les différentes faces foliaires de Golden Delicious et Starkrimson au 1 ^{ier} vol (A), 2 ^{ème} vol (B) et 3 ^{ème} vol (C) à Tazoult.....	89
Figure 57 : Pourcentage de fruits attaqués par arbre (Vol 1) dans la région de Limbiridi (A) et Tazoult (B).....	90
Figure 58 : Pourcentage de fruits attaqués par arbre (Vol 2) dans la région de Limbiridi (A) et Tazoult (B).....	90
Figure 59 : Porcentage des fruits attaqués par arbre (Vol 3) dans la région de Limbiridi (A) et Tazoult (B).....	90
Figure 60 : Différents types des dégâts à la récolte dans la région de Limbiridi sur Golden Delicious (A) et Starkrimson (B).....	92
Figure 61 : Différents types des dégâts à la récolte dans la région de Tazoult sur Golden Delicious (A) et Starkrimson (B).....	92
Figure 62 : Sites d'atterrissage et de visite des femelles qui ont pondu sur Golden Delicious (Vol 1).....	98
Figure 63 : Sites d'atterrissage et de visite des femelles qui ont pondu sur Starkrimson (Vol 1).....	99
Figure 64 : Proportion (%) des femelles qui pondent et qui ne pondent pas ayant un certain type de comportement chez Golden Delicious (b et d) et Starkrimson (a et c) (Vol 1).....	101
Figure 65 : Sites d'atterrissages et de visites des femelles qui ont pondu sur Golden Delicious (Vol 2).....	102
Figure 66 : Sites d'atterrissages et de visites des femelles qui ont pondu sur Starkrimson (Vol 2).....	103

Figure 67 : Proportion (%) des femelles qui pondent et qui ne pondent pas ayant un certain type de comportement chez Golden Delicious (b et d) et Starkrimson (a et c) (Vol2).....	105
Figure 68 : Sites d'atterrissages et de visites des femelles qui ont pondu sur Golden Délicious (Vol 3).....	106
Figure 69 : Sites d'atterrissages et de visites des femelles qui ont pondu sur Starkrimson (Vol 3).....	107
Figure 70 : Proportion (%) des femelles qui pondent et qui ne pondent pas ayant un certain type de comportement chez Golden Delicious (b et d) et Starkrimson (a et c) (Vol 3).....	109
Figure 71 : Durée (sec) de balayage chez les femelles qui ont pondu (Vol 1).....	110
Figure 72 : Durée (sec) de marche sans balayage chez les femelles qui ont pondu (Vol 2).....	110
Figure 73 : Vitesse de déplacement (cm/sec) lors de la marche sans balayage chez les femelles qui ont pondu (Vol 2).....	110
Figure 74 : Durée (sec) de balayage en marche et à l'arrêt chez les femelles qui ont pondu (Vol 3).....	110
Figure 75 : Distance parcourue (cm) lors du balayage en marche (Vol 3).....	110
Figure 76 : Vitesse de déplacement (cm/sec) lors du balayage en marche (Vol 3).....	110
Figure 77 : Durée (sec) de balayage de l'ovipositeur chez les femelles qui n'ont pas pondu (Vol 1).....	112
Figure 78 : Distance parcourue (cm) par les femelles qui n'ont pas pondu (Vol 1).....	112
Figure 79 : Durée (sec) des arrêts chez les femelles qui n'ont pas pondu (Vol 1).....	112
Figure 80 : Durée (sec) de balayage chez les femelles qui n'ont pas pondu (Vol 2).....	112

Figure 81 : Durée de balayage de l'ovipositeur sur la variété Golden Delicious (Vol 1).....	114
Figure 82 : Distance parcourue sur la variété Golden Delicious (Vol 1).....	114
Figure 83 : Vitesse de déplacement (cm/sec) lors du balayage en marche sur Golden Delicious (Vol 1).....	114
Figure 84 : Durée de balayage de l'ovipositeur sur la variété Golden Delicious (Vol 2).....	114
Figure 85 : Distance parcourue sur la variété Golden Delicious (Vol 2).....	114
Figure 86 : Distance parcourue sur la variété Golden Delicious (Vol 2).....	114
Figure 87 : Durée de balayage de l'ovipositeur sur Golden Delicious (Vol 3).....	115
Figure 88 : Distance parcourue sur Golden Delicious (Vol 3).....	115
Figure 89 : Vitesse de déplacement (cm/sec) sur Golden Delicious (Vol 3).....	115
Figure 90 : Durée (sec) des arrêts sur Golden Delicious (Vol 3).....	115
Figure 91 : Durée de balayage de l'ovipositeur sur Starkrimson (Vol 1).....	115
Figure 92 : Durée de balayage de l'ovipositeur sur Starkrimson (Vol 2).....	115
Figure 93 : Distance parcourue (cm) sur Starkrimson (Vol 2).....	117
Figure 94 : Vitesse de déplacement (cm/sec) sur Starkrimson (Vol 2).....	117
Figure 95 : Durée de balayage de l'ovipositeur sur Starkrimson (Vol 3).....	117
Figure 96 : Distance parcourue (cm) sur Starkrimson (Vol 3).....	117
Figure 97 : Vitesse de déplacement (cm/sec) sur Starkrimson (Vol 3).....	117
Figure 98 : Durée de balayage de l'ovipositeur chez les femelles qui pondent (Vol 1).....	119
Figure 99 : Distance parcourue (cm) chez les femelles qui pondent (Vol 1).....	119
Figure 100 : Vitesse de déplacement (cm/sec) chez les femelles qui pondent (Vol 1).....	119

Figure 101 : Durée de balayage de l'ovipositeur chez les femelles qui pondent (Vol 2).....	120
Figure 102 : Distance parcourue (cm) chez les femelles qui pondent (Vol 2).....	120
Figure 103 : Vitesse de déplacement (cm/sec) chez les femelles qui pondent (Vol 2).....	120
Figure 104 : Durée de balayage de l'ovipositeur chez les femelles qui pondent (Vol 3).....	122
Figure 105 : Distance parcourue (cm) chez les femelles qui pondent (Vol 3).....	122
Figure 106 : Vitesse de déplacement (cm/sec) chez les femelles qui pondent (Vol 3).....	122
Figure 107 : Nombre des arrêts chez les femelles qui pondent (Vol 3).....	122
Figure 108 : Durée des arrêts chez les femelles qui pondent (Vol 3).....	122
Figure 109 : Durée de balayage de l'ovipositeur chez les femelles qui ne pondent pas (Vol 1).....	123
Figure 110 : Distance parcourue (cm) chez les femelles qui ne pondent pas (Vol 1).....	123
Figure 111 : Vitesse de déplacement (cm/sec) chez les femelles qui ne pondent pas (Vol 1).....	123
Figure 112 : Nombre des arrêts chez les femelles qui ne pondent pas (Vol 1).....	123
Figure 113 : Durée des arrêts chez les femelles qui ne pondent pas (Vol 1).....	123
Figure 114 : Durée de balayage de l'ovipositeur chez les femelles qui ne pondent pas (Vol 2).....	125
Figure 115 : Distance parcourue (cm) chez les femelles qui ne pondent pas (Vol 2).....	125
Figure 116 : Vitesse de déplacement (cm/sec) chez les femelles qui ne pondent pas (Vol 2).....	125
Figure 117 : Nombre des arrêts chez les femelles qui ne pondent pas (Vol 2).....	125

Figure 118 : Durée des arrêts chez les femelles qui ne pondent pas (Vol 2).....	125
Figure 119 : Durée de balayage de l'ovipositeur chez les femelles qui ne pondent pas (Vol 3).....	126
Figure 120 : Distance parcourue (cm) chez les femelles qui ne pondent pas (Vol 3).....	126
Figure 121 : Durée des arrêts chez les femelles qui ne pondent pas (Vol 3).....	126
Figure 122 : le temps (sec) mis pour pondre sur les deux variétés au 1 ^{er} vol (A), 2 ^{ème} vol (B) et 3 ^{ème} vol (C).....	128

Liste des annexes

- **Annexe 1** : Pontes dans la région de Limbiridi (moyennes \pm e.s.).
- **Annexe 2** : Pontes dans la région de Tazoult (moyennes \pm e.s.).
- **Annexe 3** : Comparaison du comportement de ponte entre variétés pour les femelles qui ont pondu.
- **Annexe 4** : Comparaison du comportement de ponte entre variétés pour les femelles qui n'ont pas pondu.
- **Annexe 5** : Comparaison du comportement de ponte au sein de la variété Golden Delicious.
- **Annexe 6** : Comparaison du comportement de ponte au sein de la variété Starkrimson.
- **Annexe 7 a** : Comparaison du comportement de ponte au sein de la variété Golden Delicious entre organe pour les femelles qui ont pondu et qui n'ont pas pondu.
- **Annexe 7 b** : Comparaison du comportement de ponte au sein de la variété Golden Delicious entre organe pour les femelles qui ont pondu et qui n'ont pas pondu.
- **Annexe 7 c** : Comparaison du comportement de ponte au sein de la variété Golden Delicious entre organe pour les femelles qui ont pondu et qui n'ont pas pondu.
- **Annexe 8 a** : Comparaison du comportement de ponte au sein de la variété Starkrimson entre organe pour les femelles qui ont pondu et qui n'ont pas pondu.
- **Annexe 8 b** : Comparaison du comportement de ponte au sein de la variété Starkrimson entre organe pour les femelles qui ont pondu et qui n'ont pas pondu.
- **Annexe 8 c** : Comparaison du comportement de ponte au sein de la variété Starkrimson entre organe pour les femelles qui ont pondu et qui n'ont pas pondu.

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des annexes

Introduction générale..... 1

Premier chapitre : Etude bibliographique

I – Considération générale sur le carpocapse (*Cydia pomonella* L.)

1 - Origine et aire de répartition.....	3
2 - Plantes hôtes.....	3
3 - Position systématique et synonyme.....	4
4 - Description des différents stades de l'insecte.....	5
5- Comportement de l'insecte	11
6 - Dégâts	12

II – Considération générale sur le pommier (*Malus domestica* Borkh.)

1 - Origine du genre <i>Malus</i>	16
2 - Données économiques sur le pommier	16
3 - Caractères botaniques	20
4 - Le cycle annuel du pommier.....	21
5 - Autres ravageurs et maladies de pommier	21

III - Les méthodes de protection du pommier contre le carpocapse

1 - La lutte raisonnée contre le carpocapse	25
2 - La lutte biologique	28
3 - La lutte biotechnique	32
4 - Les inconvénients des méthodes de lutte actuelles.....	34
5 - La lutte contre le carpocapse en Algérie.....	35

IV – Sélection du site de ponte par *Cydia pomonella* L.

1 - Sélection de la plante-hôte par le ravageur	37
2 - Séquence comportementale aboutissant à la ponte	39
3 - Les signaux de la reconnaissance d'un site de ponte	41
4 - Le rôle des substances non-volatiles dans la sélection de la plante-hôte par le ravageur.....	51
- Conclusion de la partie bibliographique.....	54

Deuxième chapitre : Présentation des régions d'étude

I- Situation géographique.....	55
1- Verger de Limbiridi.....	55
2- Verger de Tazoult.....	55
II- Caractéristiques climatiques	57
1 - Les températures	57
2 - La pluviométrie	58
3 - L'humidité relative.....	58
4 - Les vents.....	59

5 - Synthèse climatique	59
III - Présentation des vergers d'étude	63
1 - Verger de Limbiridi	63
2 - Verger de Tazoult	63

Troisième chapitre : Matériels et méthodes

I – Matériels.....	69
1 – Matériels végétal.....	69
2 – Matériels animal	70
3 – Autres matériels.....	74
II - Méthodes.....	74
1- Dénombrement de ponte.....	74
2- Observation du comportement de ponte.....	76
III - Analyses statistiques.....	80
1- Dénombrement de ponte.....	80
2- Observation du comportement de ponte.....	80

Quatrième chapitre : Résultats et discussion

I - Dénombrement de ponte de <i>Cydia pomonella</i> (L.) sur deux variétés de pommier.....	81
1- Résultats.....	81
2- Discussion-conclusion.....	93
II- Étude du comportement de ponte de <i>Cydia pomonella</i> (L.) sur deux variétés de pommier.....	96
1- Résultats.....	96
2- Discussion-conclusion.....	129

Conclusion générale et perspectives

Références bibliographiques

Annexes

Résumés

Introduction générale

Outre le rôle positif joué par nombreux insectes dans la pollinisation des plantes cultivées (arbres fruitiers, légumineuses, tournesol, colza...), ils peuvent être nuisibles à l'agriculture lorsqu'ils pullulent ou lorsqu'ils sont vecteurs de maladies. Ils constituent une menace majeure pour l'agriculture. Malgré une lutte abondante par les insecticides dans certains pays, générant un coût élevé et un impact négatif sur l'environnement, on estime qu'en moyenne 13% de la récolte des productions agricoles mondiales sont perdus aux insectes ravageurs (Pimentel, 1991). Parmi ces derniers, le carpocapse, *Cydia pomonella* L. (*C. pomonella*) (*Lepidoptera*, *Tortricidae*) est le ravageur clé au sein de l'ensemble des arthropodes ravageurs du pommier en Algérie (D.S.A., 2009). Son importance économique est variable selon les régions. Toutes les zones productrices à Batna (Arris, Ain touta, Foum El-toube, Tazoult,...) sont infestées par *C. pomonella*, 18.9 % des pertes de la récolte ont été causés par le carpocapse en 2007 (D.S.A., 2008). L'étude effectuée, dans la région d'Ain djasser par Benhassir (2009) dans un verger non traité, montre que le pourcentage de fruits attaqués sur la variété Anna arrive à 29.92%.

L'utilisation intensive des insecticides a fait apparaître des résistances de l'insecte, ce qui entraîne une baisse d'efficacité des produits (Riba et Silvy, 1989), tels que le diflubenzuron, les pyréthrinoïdes et les organophosphorés (Sauphanor *et al.*, 2000). Même si la tendance actuelle est de réduire la dose des matières actives dans les préparations commerciales, les quantités moyennes de pesticides épanchées par hectare restent fortes (Ferron, 1993). Les méthodes de lutte biologique, quant à elles, en plus de leur coût élevé, sont inefficaces au niveau d'infestation atteint très élevé. De plus, elles doivent notamment être utilisées pour des faibles populations de carpocapse et demandent une surveillance de l'insecte plus importante.

Aujourd'hui, il est urgent de développer de nouvelles méthodes de protection du pommier et prendre en considération la protection de l'environnement et de la santé humaine. Pour mettre en œuvre de nouvelles pratiques agricoles intégrant une gestion rationnelle des organismes nuisibles, il est fondamental de mieux comprendre les relations existant entre les insectes ravageurs et leurs plantes hôtes.

L'accouplement et la sélection du site de ponte, sont les étapes clés de la reproduction de la plupart des insectes. La connaissance des mécanismes selon lesquels un insecte va choisir une plante plutôt qu'une autre pour s'y pondre et nourrir pourrait permettre de développer des stratégies visant à les perturber et protéger ainsi les cultures (Foster et Harris, 1997). Ils pourraient être utilisés en protection intégrée du pommier contre le carpocapse, par exemple, par l'utilisation des variétés résistantes au niveau de la ponte du ravageur.

Comme chez la plupart des lépidoptères, un des moments cruciaux dans le cycle de vie de *C. pomonella* est la sélection d'un site pour pondre. Les larves nouvellement écloses ont une capacité de déplacement limitée. De ce fait, leur survie dépend du choix de site de ponte par leur mère (Meena et Renwick, 1998).

Le choix d'un hôte potentiel par un insecte repose sur des critères visuels, mécaniques et chimiques et comporte deux grandes étapes : (1) une orientation à distance, (2) une reconnaissance au contact avec la surface de la plante par l'intermédiaire de stimuli visuels et/ou tactiles et/ou chimiques.

Dans le monde, des observations détaillées du comportement de ponte ont été faites chez certains lépidoptères tels que : *Acrolepiosis assectella* (*Plutellidae*) (Thibout et Auger, 1996) ; *Etiella zinckenella* (*Pyralidae*) (Hattori, 1988), *Ostrinia nubilalis* (*Pyralidae*) (Foster et Howard, 1998), *Epiphyas postvittana* (*Tortricidae*) (Udayagiri et Masson, 1995), *Pieris brassicae* (*Pieridae*) (Romeis et Wäckers, 2002) et récemment en France chez le carpocapse *Cydia pomonella* (L.) (*Tortricidae*) (Lombarkia, 2002). En Algérie, il n'existe pas de travaux réalisés dans ce sens sur le carpocapse. Ce qui constitue le caractère original de cette étude.

L'objectif de ce travail est de comparer les deux variétés choisies : Golden Delicious et Starkrimson, vis-à-vis de la ponte de *C. pomonella*. Ensuite de confirmer les différences de ponte observées sur les deux variétés en conditions de choix, préciser le temps mis entre l'atterrissage de l'insecte sur l'arbre de pommier et le dépôt du premier œuf, et de décrire les étapes comportementales qui amènent la femelle à pondre en conditions de non-choix sur les deux variétés déjà étudiées en conditions de choix. La compréhension des facteurs à l'origine de cette sélection pourraient permettre de perturber efficacement l'étape de la ponte, et éviter ainsi le développement des larves au dépend des pommes.

Nous avons organisé ce travail en deux axes où nous avons :

1. effectué un échantillonnage sur deux variétés de *Malus domestica* Borkh. Starkrimson et Golden Delicious, afin de dénombrer les pontes en conditions de choix dans deux vergers l'un situé à Limbiridi et l'autre à Tazoult (Batna);
2. étudié le comportement de ponte de *C. pomonella* sur les deux variétés de pommier en conditions de non-choix, dans la région de Limbiridi, en observant les différentes étapes comportementales qui amènent l'insecte à pondre après atterrissage, examen et exploration de la surface des organes des deux variétés.

Premier chapitre
Étude bibliographique

I – Considération générale sur le carpocapse (*Cydia pomonella* L.)

Le carpocapse, *Cydia pomonella* L. (*C. pomonella*) est le principal ravageur des vergers de Pommacées dans le monde et peut endommager presque toute la culture s'il n'est pas maîtrisé (Knosfield, 2000).

Il est considéré comme un ravageur prépondérant dans toutes les régions productrices. Il constitue un élément permanent de la faune naturelle du pommier (Coutin, 1960). Alston et Reding (2008), signalent que le pourcentage d'attaque sur fruits peut arriver jusqu'à 95 %, comme il est un facteur limitant dans l'établissement du système de lutte intégrée en verger de pommier. Pour ces raisons il est qualifié par plusieurs chercheurs d'être un « **ennemi clé**¹ » (Audemard, 1976).

1 - Origine et aire de répartition

Le carpocapse est originaire de la région euro-sibérienne, où il est largement répandu en plaine et en altitude jusqu'à 1 500 m environ (Coutin, 1960). Des écrits gréco-latins datant de plusieurs siècles avant J.C., mentionnent déjà le carpocapse comme ravageur (Balachowsky, 1966). L'aire de répartition du carpocapse est très étendue correspond à peu près à celle de la culture et de la présence spontanée du pommier (Balachowsky et Mesnil, 1935). Il est répandu dans l'hémisphère nord du cercle polaire, vers le 65^{ème} degré de latitude N, à l'Afrique du nord vers le 30^{ème} degré de latitude N. Dans l'hémisphère sud on le rencontre dans les pays de latitude homologues dès lors qu'il y a des pommiers (Audemard, 1976).

2 – Plantes-hôtes

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

Selon la fréquence et l'importance de ses dégâts Balachowsky et Mesnil (1935), Coutin (1960) et Bovey (1966), ont classé son habitat en 03 catégories: habitat normal sur Pommacées (pommes, poires, coings), secondaire sur Amygdalées et noix, exceptionnel sur diverses espèces végétales (Tableau 1).

Le carpocapse s'acclimate peu à peu dans les vergers de noyers, d'abricotiers ou de pruniers, traités en monoculture et isolés de vergers de Pommacées (Coutin, 1960). Lorsqu'il y a compétition

¹ **Ennemi clé** : Concerne les arthropodes phytophages mais peut être étendue à l'ensemble des ennemis des vergers. Les « ennemis clés » provoquent des dégâts sérieux d'une manière permanente. Ce qui nécessite une lutte continue pour les combattre (Audemard, 1976).

entre plantes-hôtes, même au sein des seules Pommacées, le carpocapse préfère le pommier. Il attaque en début de saison, les pommes et n'apparaît que plus tard sur les poires et les coings (Geier, 1964). Gautier (2001), ajoute que dans un verger où voisinent les pommiers, poiriers, abricotiers, pêchers ou pruniers, les attaques de carpocapse augmentaient considérablement mais restent peu importantes par rapport à celles sur pommier.

Tableau 1: Principales plantes-hôtes du carpocapse (*C. pomonella*).

Importance de l'habitat	Plantes-hôtes	
Normal	Pommes	Pommacées
	Poires	
	Coings	
Secondaire	Abricots	Amygdalées
	Prunes	
	Pêches	
	Amandes	
	Noix	
Exceptionnel	Kakis	
	Sorbe	
	Châtaignes	
	Nêfles du japon	
	Grenades	
	Oranges	
	Melon	
	Cerises	
	Aubépines	
	Rosiers	

(Coutin, 1960 ; Balachowsky, 1966 ; Bovey, 1966)

3 - Position systématique et synonyme

Le carpocapse des pommes et des poires, dont le nom vernaculaire est *Cydia pomonella*, appelé en anglais « Colding moth » ou communément en français (Tordeuse ou Ver de pomme), est un micro-lépidoptère hétérocère. Selon Chambon (1986), les papillons hétérocères, généralement nocturnes (papillons de nuit), se distinguent des papillons rhopalocères diurnes (papillons du jour),

par leur ailes souvent de couleur terne et repliées en toit et par leurs antennes filiformes ou pectinées.

Selon Coutin, (1960) ; Balachowsky, (1966) ; Audemard, (1976) ; Wearing *et al.*, (2001) et Aguiar et Karsholt (2006) ; cet insecte appartient à :

Embranchement : Arthropoda.

Classe : Insecta.

Sous-classe : Pterygota.

Ordre : Lepidoptera.

Sous-ordre : Microlepidoptera

Famille : Tortricidae.

Sous-famille Olethreutinae.

Tribu : Grapholitini.

Espèce : *Cydia pomonella* L. (1785)

D'après ces auteurs le carpocapse a été décrit par Linné sous le nom de *Phalaena Teina pomonella* en 1758. D'après De Liñán (1998) et Wearing *et al.*, (2001) la nomenclature de ce ravageur a une longue et complexe histoire, dont ces synonymes sont les suivants : *Phalaena pomonella*, *Phalaena pomonana*, *Pyrallis pomana*, *Phalaena aeneana*, *Carpocapsa putaminana*, *Carpocapsa simpsoni*, *Enarmonia pomonella*, *Laspeyresia pomonella*, *Carpocapsa pomonana*, *Carpocapsa pomonella* et *Cydia pomonella*.

La première espèce qui a été décrite par Linné (1758) est *Phalaena tineana pomonella* et par la suite par d'autres auteurs européens par exemple : *Phalaena aenana* Villers et *Carpocapsa putaminana* Staudinger. Dans la littérature entière, l'espèce qui est principalement référée est *Carpocapsa pomonella* (L.) depuis 1830 à 1960 et *Laspeyresia pomonella* (L.) de 1960 à environ 1980. Aujourd'hui *Cydia pomonella* (L.) doit être le nom correct utilisé (Wearing *et al.*, 2001), que nous désignerons désormais par *C. pomonella* dans cette thèse.

4 - Cycle biologique

Selon Audemard (1976), le cycle évolutif du carpocapse dans l'ensemble de son aire présente deux particularités (Figure 1 et 2) :

- L'hivernation se fait toujours à l'état de chenille diapausante ayant terminé sa croissance et se trouve dans un cocon tissé l'été ou l'automne sous divers abris.

- Le nombre de génération varie de 1 à 4 selon le climat, l'année et dans certains cas, la plante-hôte.

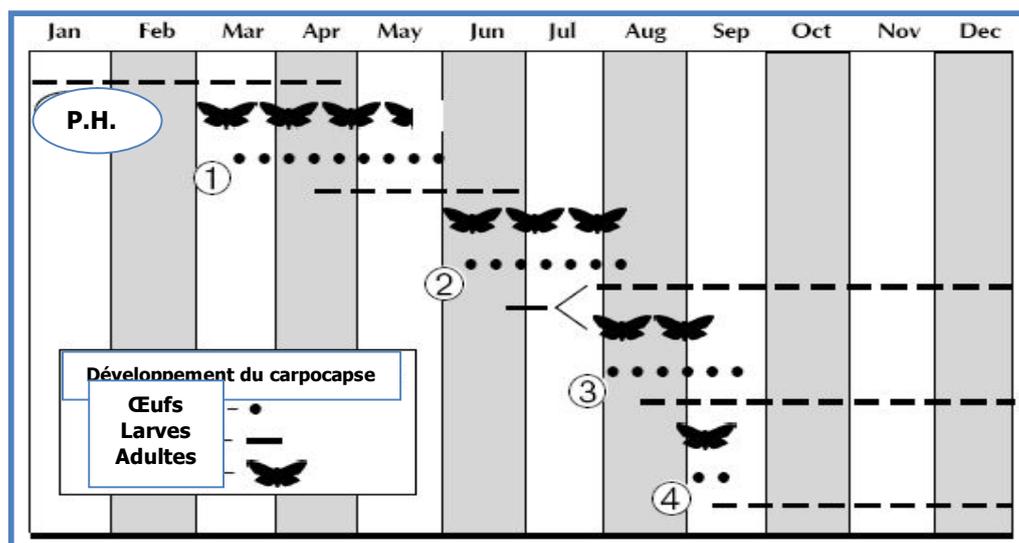


Figure 1 : Description générale du développement saisonnier du carpocapse
(Caprile et Vossen, 2005).

P.H. : Population hivernante,

1: La première génération au printemps,

2 : La deuxième génération à l'été,

3: La troisième génération à la fin d'été,

4 : La quatrième génération en début d'automne.

4.1 – Diapause

La chenille en fin de croissance (5^{ème} stade larvaire) hiverne dans un cocon disposé dans les anfractuosités du tronc et des grosses branches (Ayrat, 1969). Les arbres à tronc propre et lisse sont déliassés et le plus souvent les chenilles vont hiverner au ras du sol entre les mottes, sous les pierres ou dans les fentes des piquets soutenant les haies (Balachowsky et Mesnil, 1935).

Dans un cocon hivernal, la chenille est à l'état d'arrêt de développement ou diapause. Cette diapause qui caractérise le cycle évolutif du carpocapse se poursuit quelques mois jusqu'à ce que la chenille soit susceptible de se nymphoser sous l'influence de conditions climatiques favorables. Cependant, ce mode d'hivernation à l'état de chenille est constant et invariable quelle que soit l'année ou le lieu (Coutin, 1960).

4.2 - Nymphose printanière et sortie des papillons

Au printemps et au courant du mois d'avril, les chenilles se nymphosent (se transforment en chrysalides). Cette période dure 20 à 30 jours (Gautier, 1988 ; 2001). Ayrat (1969), signale que le pourcentage de chenilles nymphosées augmente rapidement durant le mois de mai.

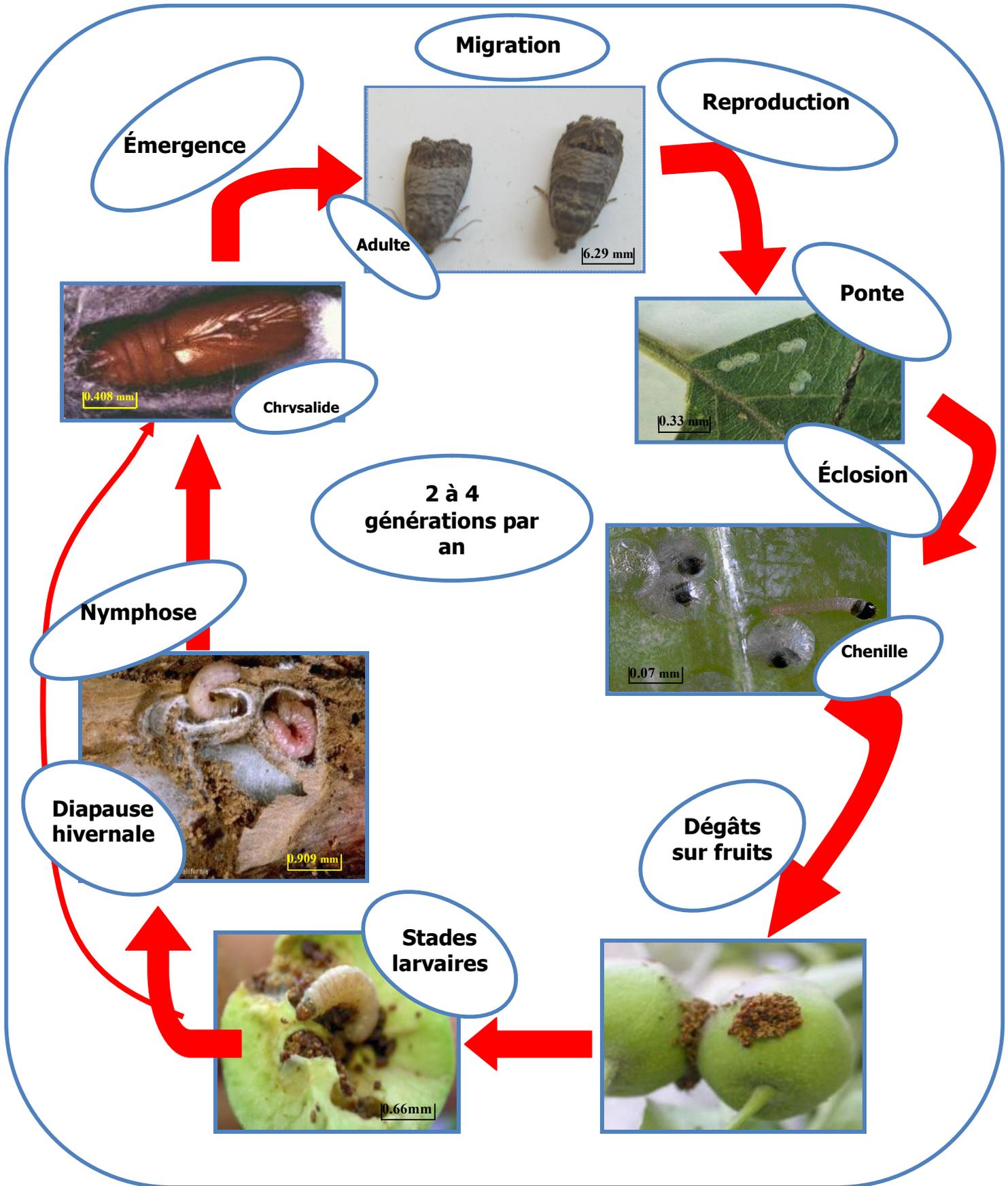


Figure 2 : Cycle biologique de *C. pomonella* (L.).

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.

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 et Höhn, 2004).

Balachowsky et Mesnil, (1935) mentionnent que chez *C. pomonella* L. il y a toujours protérandrie, les mâles émergent quelques jours avant les femelles, mais bientôt l'équilibre du rapport des sexes s'établit. La longévité des femelles est plus grande à celle des mâles : 10 à 20 jours contre 8 à 15 jours (Coutin, 1960 ; García de Otazo, 1992).

4.3 - Accouplement et ponte

Les papillons sont particulièrement actifs durant les soirées calmes et chaudes, au crépuscule (Charmillot et Höhn, 2004). Ils se tiennent abrités à l'ombre des feuilles ou du tronc et restent complètement immobiles au jour (Balachowsky et Mesnil, 1935).

Dans la position d'accouplement, qui dure plusieurs heures, le mâle et la femelle se tiennent bout à bout par leur extrémité abdominale (Coutin, 1960). Cependant, l'accouplement peut intervenir dès le premier soir après l'émergence et la ponte débute immédiatement ou le lendemain (Corroyer et Chevelon, 1998). Le carpocapse vole et pond pratiquement sans interruption de la moitié de mai jusqu'à la fin août ou début de septembre (Charmillot *et al.*, 1984, Coutin, 1960).

Chaque femelle pouvant en fournir de 30 à 100 œufs, qu'elle dépose sur les feuilles, les fruits ou les rameaux isolés ou groupés mais déposés de préférence sur les feuilles au voisinage des fruits (Coutin, 1960 ; Balachowsky, 1966 ; Ayral, 1969) à une distance d'environ de 5 cm (Geier, 1963) ceci est confirmé au laboratoire par Hughes *et al.*, en 2002.

4.4 - Incubation des œufs

La durée d'évolution de l'embryon dans l'œuf varie dans de grandes populations avec des conditions de température ambiante (Coutin, 1960). La durée d'incubation varie entre 7 et parfois 6 jours (à 25°C) et 18 jours (à 15°C) (Coutin et Grison, 1951 ; Charmillot et Höhn, 2004) et peut aller jusqu'à 21 jours (Corroyer et Chevelon, 1998).

Selon Coutin (1960), il est possible de prévoir la date approximative d'éclosion des œufs en fonction des conditions thermiques. Cela est effectué dès que le cumul des températures journalières sous abris atteint 90° jour : $((T^{\circ} \text{ mini} + T^{\circ} \text{ max})/2) - 10^{\circ}\text{C} > 90^{\circ}\text{C}$ jours (Corroyer et Chevelon, 1998).

4.5 - Croissance des larves

Après l'éclosion, la jeune chenille se déplace quelques heures à la surface des feuilles, fruits et rameaux : c'est le **stade baladeur** (Gautier, 1988 ; 2001). Puis elle se fixe sur un fruit et le pénètre, il n'y a qu'une chenille par fruit. La pénétration se fait par l'œil, la cavité pédonculaire ou aux points de contact entre deux fruits, entre un fruit et une feuille, un fruit et un rameau et le pénètre (Ayrat, 1969 ; Gautier, 2001 ; Charmillot et Höhn, 2004). La pénétration dans le fruit a eu lieu, mais il arrive qu'après une semaine la larve sorte de ce fruit pour pénétrer dans un autre et peut contaminer successivement 2 à 3 pommes. Ce phénomène se produit assez souvent au début de la saison lorsque les fruits sont de petite taille (Balachowsky et Mesnil, 1935 ; Coutin, 1960).

La larve creuse une galerie en spirale avant de s'enfoncer plus à l'intérieur de la pomme (Charmillot et Höhn, 2004), pour atteindre les loges carpellaires et les pépins qu'elle dévore complètement (Gautier, 1988 ; 2001). Ses galeries sont encombrées d'excréments visibles également au point de pénétration où une partie de ceux-ci sont rejetés (Charmillot et Höhn, 2004). La durée d'évolution de la chenille varie, suivant les conditions climatiques. En juin et juillet elle s'accomplit normalement en 20 à 30 jours. Au cours de sa croissance la chenille passe par 5 stades avant d'atteindre sa dimension finale (Coutin, 1960 ; Gautier, 2001 ; Charmillot et Höhn, 2004).

Selon Remend (1996) et Charmillot et Höhn (2004), les larves qui quittent le fruit avant le début d'août ont la possibilité de se nymphoser immédiatement et sont à l'origine du second vol. Après cette date, toutes les chenilles qui sortent du fruit entrent en diapause pour passer l'hiver.

4.6 - Deuxièmes et troisièmes générations

Lorsque l'éclosion des papillons de la 2^{ème} génération se produit, il y a ponte et développement d'une nouvelle génération. Leurs pontes sont déposées en grande majorité sur les fruits et n'importe quel emplacement de leur surface. Les chenilles éclosent rapidement et entrent dans la pomme, soit par le pédoncule, l'œil ou latéralement, rongeront la chaire comme leurs précédentes seulement des chenilles hivernent et le reste donne des papillons de 3^{ème} vol (Balachowsky et Mesnil, 1935).

Toutes les chenilles engendrées par ces derniers évolueront tardivement à l'automne sur les fruits approchant de la maturité. Les chenilles de la 3^{ème} génération sont presque toujours hivernantes (Ayrat, 1969).

Selon Audemard (1976), le nombre de génération augmente au fur et à mesure que l'on va vers l'équateur en plaine. Il y en a dans la majeure partie de l'Europe moyenne et méridionale. On observe 2 ou 3 générations en Australie, l'Afrique du nord et du sud aux Etats-Unis en Californie et au Colorado.

4.7 - Nombre de générations de carpocapse en Algérie

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).

L'analyse des données de la Figure 3, indique quatre générations à Annaba contre trois à Boufarik, Sétif et Ain-touta. En revanche à Inoughissen, deux générations ont été enregistrées avec un taux de capture faible, dû sans doute à la situation géographique de la région qui se trouve à une altitude de 1316 m (Messaoudi, 1997 cité par Chafaa, 2008).

Le Tableau 2, illustre le début et la fin de chaque génération ainsi que le nombre de générations du carpocapse dans la région de Batna. L'arrêt des vols, vers le début d'automne, varie sensiblement d'une région à une autre et coïncide généralement avec la récolte des fruits et la période de diapause des chenilles du dernier vol (Tableau 2).

Après quatre années successives de suivi par la S.R.P.V.² d'Ain-touta et avec les changements climatiques de l'année, le nombre de générations reste identique (3 générations). Mais, avec une prolongation de la troisième génération en 2007 par rapport aux années précédentes (Tableau 2) (S.R.P.V. d'Ain-touta, 2008). Où la seconde génération est d'autant plus importante qu'un grand nombre de chenilles de la première ont pu se développer précocement, elles durent cinq mois et demi pour l'année 2007, allant du fin avril 2007 au début octobre 2007 (S.R.P.V. d'Ain-touta, 2008) :

- la première génération débute fin avril et s'achève le début juin.

²S.R.P.V. : Station Régionale de la Protection des Végétaux.

- la deuxième s'étale du début juin au début août.
- la troisième va du début août et se termine le début octobre.

Notons que pour l'année 2008, le carpocapse a présenté aussi trois générations mais ont duré presque 6 mois allant de la mi-avril 2008 à la mi-octobre 2008 :

- la première génération débute de la mi-avril et s'achève le début juin.
- la deuxième s'étale de la mi-juin à la mi-août.
- la troisième va de la mi-août et se termine la mi-octobre.

Tableau 2 : Déroulement des vols du carpocapse dans la région de Batna (S.R.P.V. d'Ain-touta, 2008).

Année	Première génération		Deuxième génération		Troisième génération		Nombre de générations
	Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin	
2004	15/04	09/06	09/06	30/07	30/07	18/09	3
2005	17/04	07/06	07/06	03/08	03/08	20/09	3
2006	19/04	13/06	13/06	02/08	02/08	26/09	3
2007	23/04	04/06	04/06	06/08	06/08	08/10	3
2008	13/04	09/06	15/06	17/08	17/08	19/10	3

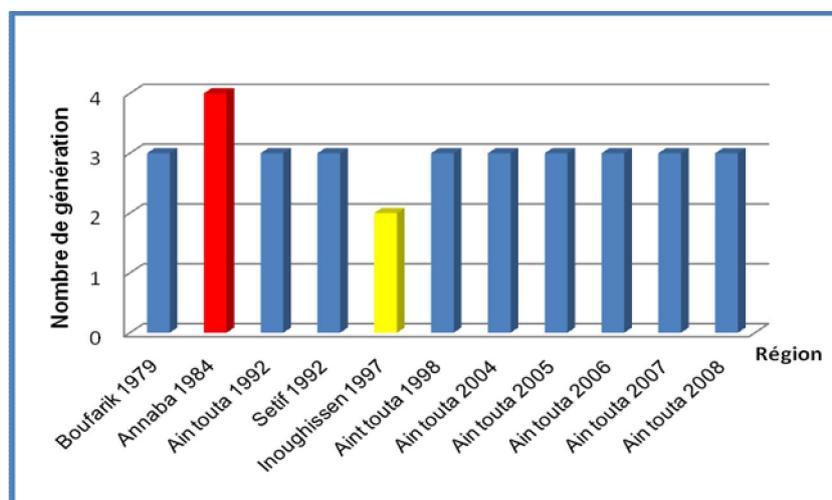


Figure 3 : Le nombre de générations du carpocapse en Algérie (Chafaa, 2008).

5- Comportement de l'insecte

5.1 - Nutrition

Coutin (1960), signale que l'adulte s'alimente peu, dans la nature il trouve toujours le peu de nourriture liquide qui lui est nécessaire. Selon Audemard (1976), il se nourrit de la sève, de jus de fruits et de nectarine. Cependant les larves se nourrissent de la pulpe de fruits.

5.2 - Déplacement

Les adultes restent immobiles pendant la journée, ils volent la nuit et ne se disséminent rarement au de-là de 800 m du lieu d'éclosion (Bonnemaison, 1962). Leurs déplacements s'effectuent à la vitesse de 6 cm / mn environ, ce stade baladeur dure plusieurs heures mais peut se prolonger plusieurs jours pendant lesquels la chenille peut parcourir d'assez grandes distances. Ainsi que, dès les larves réussissent à pénétrer dans des fruits situés à 1 m de l'emplacement des œufs dont elles provenaient. Lorsque la chenille gagne le fruit pratique des mouvements de va-et-vient pour se déplacer et agrandir sa galerie (Coutin, 1960).

5.3 - Ponte

Le temps pris par la ponte est généralement très court, pas plus d'une à deux minutes. Ayant choisi un endroit favorable, spécialement les petites feuilles qui avoisinent le fruit au début de la saison, la femelle commence par brosser d'un mouvement circulaire la surface de la feuille ou du fruit avec l'extrémité de son abdomen. Puis quelques secondes plus tard l'œuf apparaît comme un disque plat brillant (Coutin, 1960).

Selon Wearing *et al.*, 1973, les œufs sont déposés principalement sur la face supérieure des feuilles de corymbe. Ces auteurs ajoutent que plus de 75% des œufs sont déposés à 6 cm des fruits, et 90 % à environ 10 cm des fruits. Audemard (1976), signale qu'il y a une corrélation positive entre le volume du bouquet de fruit et le nombre des œufs déposés.

6 - Dégâts

Les fruits infestés par le carpocapse sont faciles à détecter dans le verger de pommier (Figure 4) (Jones *et al.*, 2004). Selon les mêmes auteurs la larve cause deux types de dommages : les piqûres et les profondes entrées. Une piqûre est l'endroit où la larve mordille dans la chair (Figure 5). Une profonde entrée, est le site où les larves pénètrent la peau et se dirigent vers le centre de fruit pour s'attaquer aux pépins (Figure 6). Quand la larve se nourrit, et au cours de son avancement les excréments peuvent s'accumuler autour de l'orifice d'entrée (Figure 7).

Les Figures de 10 à 12 montrent les points d'entrée larvaire dans la zone latérale du fruit. Cependant, les larves peuvent aussi entrer par le calice ou le pédoncule du fruit. Les trous d'entrée dans ces endroits peuvent être beaucoup plus difficiles à détecter. La Figure 10 montre les cas où un orifice d'entrée se situe au pédoncule (Alston et Reding, 2008).



Figure 4 : Aspects de dégâts du carpocapse sur fruits (Jones *et al.*, 2004).



Figure 5 : Entrée d'une larve dans une pomme (Jones *et al.*, 2004).



Figure 6 : Une profonde entrée d'une larve (Jones *et al.*, 2004).



Figure 7 (a et b) : L'accumulation d'excréments sur la surface de la pomme suite à l'entrée d'une larve (Alston et Reding, 2008).

Les Figures 9 à 11 montrent des trous d'entrée dans le calice du fruit. Les dommages peuvent être camouflés par des parties résiduelles de fleurs ou de débris (Figures 9 a et b). Lorsque la larve est prête à la pupaison, elle quitte le fruit soit par l'intermédiaire du même trou qu'elle avait formulée après l'entrée ou elle mastique un nouveau tunnel à la surface. Les Figures 10a et b montrent deux piqûres ce qui indique que la larve est entrée dans un endroit et sortie par un autre trou. Il est important de noter que la présence de deux trous n'indique pas nécessairement que la larve a quitté le fruit. Le fruit peut être infesté par plus d'une larve (Jones *et al.*, 2004). Où la larve peut avoir créé plus d'un orifice d'entrée (Figure 4). La Figure 11a montre qu'il y a eu de multiples tentatives de pénétration dans le fruit. Les trous ont été réalisés par différentes larves ou par une seule larve. Lors de la coupure de fruits, il est apparu que seule une entrée a été un succès (Figure 11b). La larve ensuite sort du fruit à travers le calice (Figure 11c.).

Les dégâts sont classés en trois catégories :

6.1 - Dégâts actifs

Selon Bovey *et al.*, (1972) la chenille entame la pelure en rongant d'abord extérieurement une petite zone orbiculaire ; ensuite elle s'introduit sous l'épiderme, creusant une galerie en forme de spirale, qui est bien visible au dessous de la pelure entamée lorsque la pénétration est récente. La larve se dirige ensuite vers le centre de fruit, s'attaque aux pépins puis à la chair, en formant des galeries d'entrées, qu'elles élargissent en détruisant les traces de la spirale. Le point de pénétration est généralement entouré d'une auréole rouge.

6.2 - Dégâts stoppés

L'activité superficielle de la larve s'arrête en phase de développement sub-épidermique (Audemard, 1976).

6.3 - Dégâts cicatrisés

Ils sont représentés par l'arrêt de développement de la larve au stade jeune fruit (Audemard, 1976). C'est une ancienne attaque stoppée dont la chute de l'opercule brun permis la formation d'un tissu cicatriciel (Ricci *et al.*, 2007).

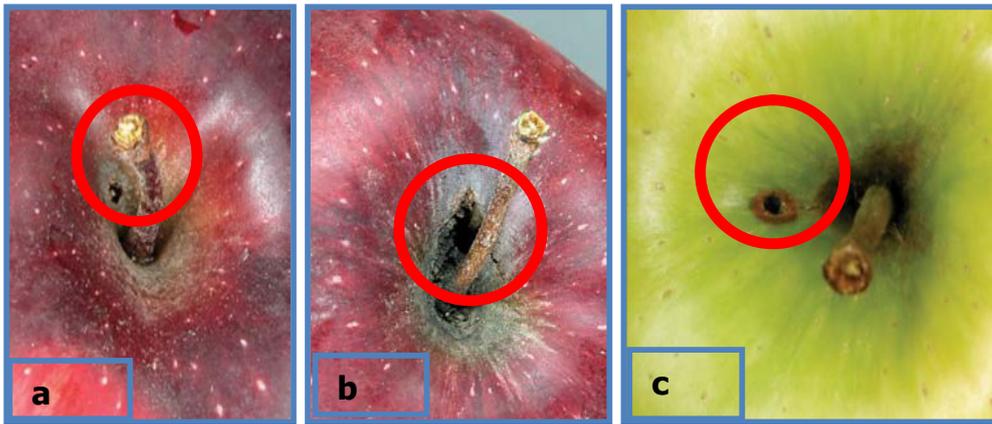


Figure 8 (a, b et c) : Trous d'entrées dans le pédoncule (Jones *et al.*, 2004).

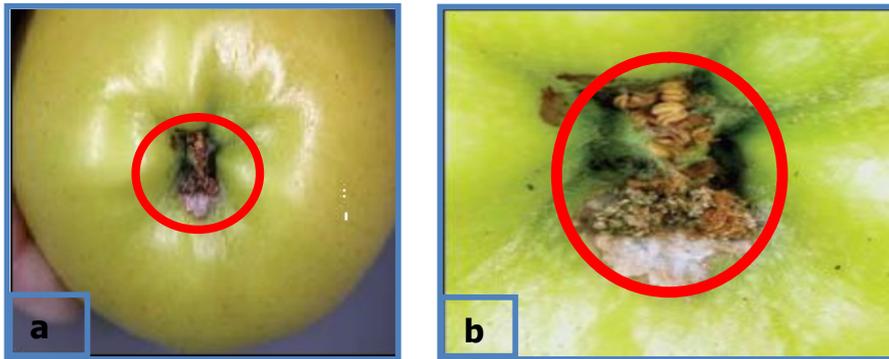


Figure 9 (a et b) : Trous d'entrée dans le calice du fruit (Jones *et al.*, 2004).

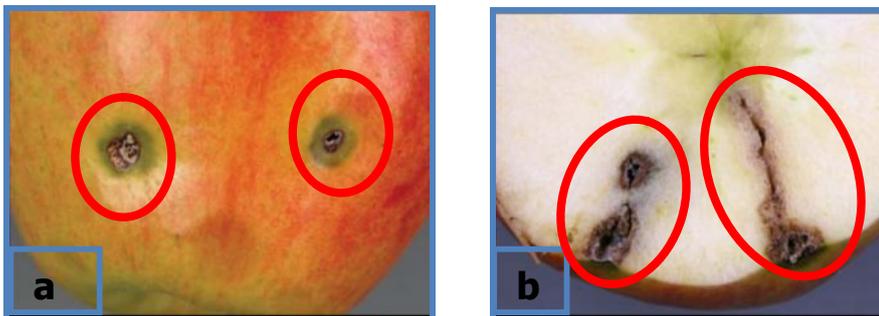


Figure 10 (a et b) : Trou d'entrée et de sortie de la larve (Jones *et al.*, 2004).

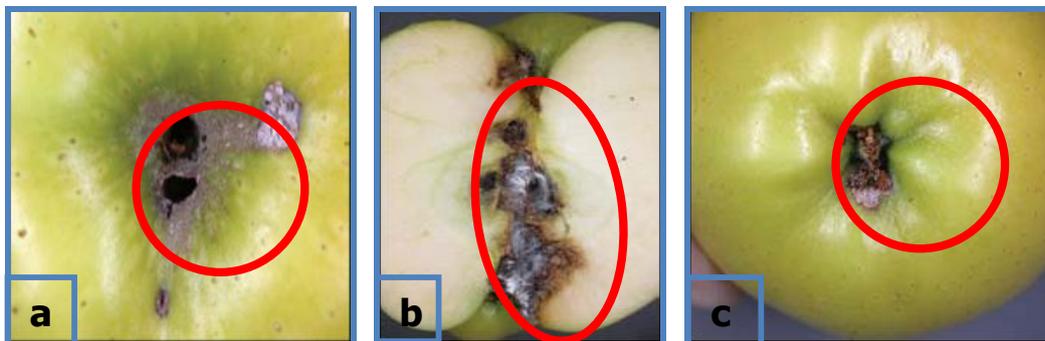


Figure 11 (a, b et c) : Différents points d'entrées de la larve (Jones *et al.*, 2004).

a : Multiples tentatives d'entrer. b : Coupe transversale d'une pomme, avec une seule entrée.
c : Sorti de la larve du fruit à travers le calice.

II – Considération générale sur le pommier *Malus domestica* Borkh.

1 - Origine du genre *Malus*

1.1 - Origine géographique

Le genre *Malus* a été identifié comme datant de l'ère tertiaire (Massonnet, 2004). Il serait originaire du Caucase et des bords de la mer Caspienne, de là et à partir de la préhistoire son extension s'est faite vers l'Europe Orientale, la Russie, l'Europe Occidentale et l'Afrique du nord (Hugard, 1974). Il se rencontre sur une zone immense entre les latitudes nord 30° et 60° (Oukabli, 2004).

1.2 - Origine botanique

Pendant longtemps, les botanistes ont considéré que le pommier constituait le sous-genre *Malus* au sein du genre *Pyrus*. L'appellation botanique était alors *Pyrus-Malus*. A l'heure actuelle, on admet que *Pyrus* et *Malus* forment deux genres distincts, bien que très voisins (Hugard, 1974 ; Chevereau et Morist, 1985).

Selon Delanghe *et al.*, (1983) et Lafon *et al.*, (1996), sa classification est la suivante :

Classe : *Magnolopsida*.

Sous-classe : Rosidae.

Ordre : Rosales.

Famille : Rosaceae.

Sous-famille : Maloïdeae.

Tribu : Pyreae.

Espèce : *Malus communis* L.

Malus pumila M.

Malus domestica Borkh.

2 - Données économiques sur le pommier

Au cours de la dernière décennie, l'importance de la culture de pommier s'est accrue, cet accroissement est inhérent essentiellement à la montée en puissance de la Chine et accessoirement à la progression des pays de l'hémisphère sud. La Chine est devenue le premier pays producteur mondial (20 à 25 millions de tonnes) et désormais le nouveau leader mondial des pays exportateurs de pommes avec 750.000 tonnes exportées (F.A.O., 2007).

Au Maghreb, le Maroc occupe la première place maghrébine tant pour la production que le rendement qui reste supérieur à 100 Qx / ha et conserve cette place depuis une dizaine d'années (F.A.O., 2009).

En Algérie, la superficie occupée par le pommier a presque triplé en 15 ans couvrant ainsi 33 000 ha en 2005 (F.A.O., 2007). Le rendement, variable selon les années, n'est pas corrélé à cette hausse et demeure faible, de l'ordre de trois tonnes par hectare (F.A.O., 2007). Et reste loin d'atteindre celui enregistré dans les grands pays producteurs. Durant cette même période, l'augmentation de la production multipliée par trois paraît en partie liée à l'accroissement de la surface cultivée et non à la productivité des vergers, suite au lancement du Programme National du Développement de l'Agriculture (P.N.D.A.), dont l'objectif était de promouvoir l'agriculture en générale et en particulier l'extension de l'arboriculture fruitière.

La production de pommes concerne de nombreuses régions algériennes, mais la région des Aurès est la principale zone de culture. La wilaya de Batna est l'une des principales zones productrices dont elle occupe la troisième place au niveau national après les wilayas de Média et Ain Defla, avec une superficie de 3296 ha et une production de 161907 Qx en 2008 (D.S.A., 2009). Le pommier occupe la deuxième place après l'abricotier (4214 ha en 2007) suivi du poirier puis du pêcher, du prunier et enfin du raisin de table (Tableau 3).

De point de vue superficie, en 1997 le pommier représente 13.26 % des Rosacées à pépins et à noyaux cultivés dans la wilaya et 14.52 % en 2007. Il en est de même pour la superficie en rapport (D.S.A., 2007).

La superficie totale occupée par le pommier a passé de 880 ha (1993-1994) à 3338 ha (2004/2005) pour atteindre 3296 ha (2007/2008) suite à l'arrachage des plants malades et âgés, avoisinant ainsi une hausse d'un facteur de 3.79 (Figure 12). Elle est localisée principalement à Ichmoul, Foum toub, Oued Tagga, Inoughissene, Arris (considérées comme les anciennes zones productrices dans la région) et Ouled Fadhel, Ayoune El-Assafir et Ain Touta (nouvelles plantations suite au lancement du programme de PNDA) (Figure 14) (D.S.A., 2009).

L'analyse de la Figure 12, fait ressortir l'irrégularité de la production malgré l'augmentation des superficies, d'ailleurs au même titre qu'au niveau national. Elle est passée par un minimum de 46563 Qx en 2000 et un maximum de 85321 Qx en 2007 pour atteindre 161907 Qx en 2008. Par contre l'analyse de la Figure 13 montre qu'Ouled fadhel est la première zone de point de vue superficie avec 326 ha suivie par Ichemoul mais elle perd cette place pour Ichemoul lorsqu'on parle

de la production dont cette dernière présente 12600 Qx suivie par Arris avec 5700Qx, et Tazoult garde la dernière place pendant ces deux dernières années avec 104 ha et 2200 Qx en 2008.

Tableau 3 : Situation de l'arboriculture fruitière dans la wilaya de Batna

Espèce cultivée	Superficie totale (ha)		Superficie en rapport (ha)		Production (Qx)		Rendement (Qx/ha)	
	2005/2006	2006/2007	2005/2006	2006/2007	2005/2006	2006/2007	2005/2006	2006/2007
Abricotier	4124	4214	3374	3374	209.436	29.632	62.07	8.78
Pommier	3196	3196	1676	1789	251.400	85.321	150.00	47.69
Poirier	522	522	417	426	24603	17434	59	40.92
Pêcher	262	262	222	222	7627	4780	34.35	21.53
Prunier	234	234	170	177	8751	4866	51.47	27.49
Raisin de table	96	96	85	85	7627	4780	34.35	21.35

(D.S.A., 2007).

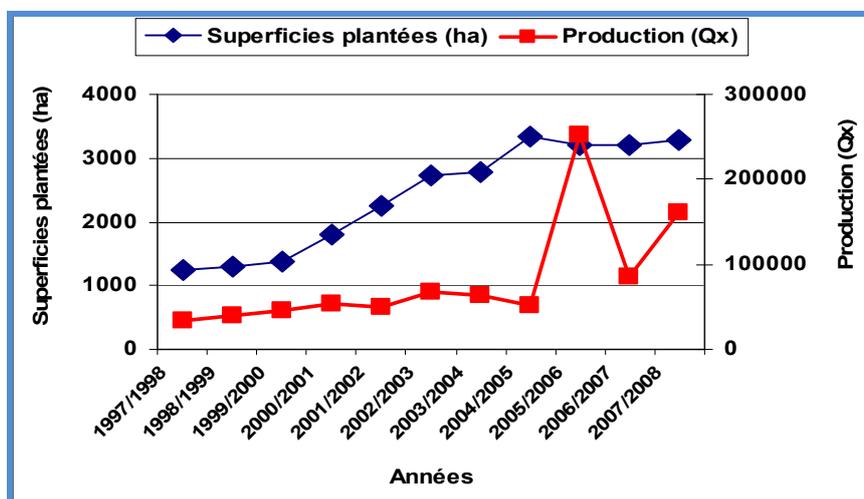


Figure 12 : Évolution de la culture de pommier dans la wilaya de Batna (1997-2008) (D.S.A., 2009).

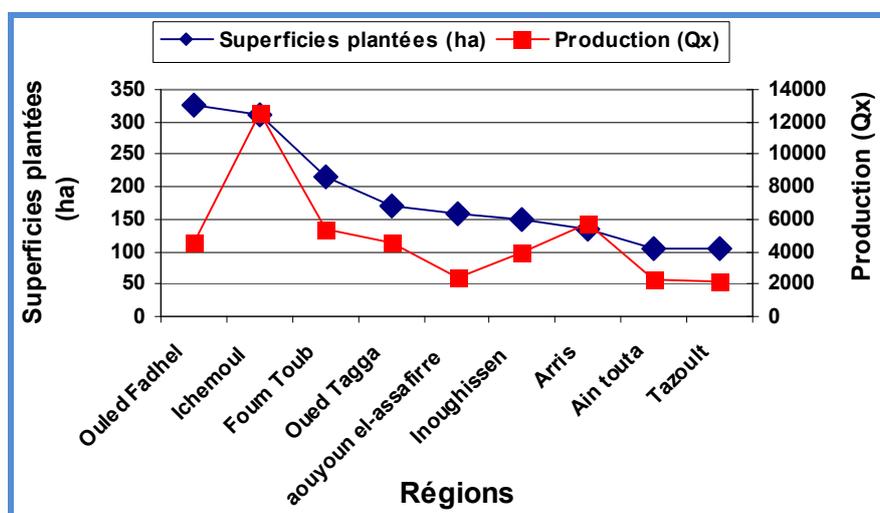


Figure 13 : Évolution de la culture de pommier dans les principales régions productrices durant l'année agricole (2008) (D.S.A., 2008).

A l'instar des autres régions du pays, la production et le rendement ont progressé mais demeurent insuffisants, d'ailleurs au même titre qu'à l'échelle nationale.

Les variétés cultivées dans le monde restent dominées par les variétés unicolores jaunes, rouges et vertes de type Golden Delicious, Delicious Rouges, Granny Smith, mais une montée en puissance des variétés bicolores de types Gala, Fuji, Braeburn, Jonagold et Cripps Pink est observée, ces variétés étant très appréciées par les consommateurs (Massonnet, 2004).

Au niveau de la wilaya de Batna et de point de vue superficie, la variété Golden Delicious est la variété dominante suivie par Royal Gala, Starkrimson, Anna et Reine des Reinettes (D.S.A., 2008).

3 - Caractères botaniques

Selon Bretaudeau (1978), le pommier est un arbre buissonnant de vigueur moyenne, à port arrondi, il atteint 6 à 8 mètres et même 10 mètres d'hauteur avec des branches divergentes, retombantes avec l'âge.

Les rameaux du pommier sont à écorce lisse, brune, à lenticelles plus ou moins nombreuses suivant les variétés, devenant rugueuses sur le vieux bois. Ils portent des bourgeons qui peuvent être végétatifs ou inflorescentiels. Sur ces rameaux, les feuilles sont caduques, alternes, simples, entières et dentées sur les bords, velues dans leurs jeunesse, à pétiole plus court et accompagné à sa base de deux stipules foliacées (Bretaudeau, 1975 ; Massonnet, 2004).

Les fleurs sont regroupées en corymbes de 8 à 11 fleurs portées à l'extrémité de rameaux courtes, nommées brindilles couronnées, ou directement sur les brindilles au niveau des boutons axillaires (Coutanceau, 1962). Elles sont hermaphrodites et la reproduction de l'espèce est assurée avec une allogamie prédominante (Boré et Fleckinger, 1997). La floraison est préférentiellement croisée (Gautier, 1993 ; Gallais et Bannerot, 1995). Le principal agent pollinisateur est l'abeille domestique (Massonnet, 2004).

L'ovaire de la fleur et les tissus soudés qui l'environnent (bases de filets, des pétales et des sépales) se développent pour former un fruit charnu complexe, de couleur et de goût variable suivant les variétés (Massonnet, 2004).

Selon Bretaudeau (1978), le fruit est une drupe, à mésocarpe charnu entourant 5 loges cartilagineuses, la chaire croquante de teinte blanchâtre, jaune ou rose, les loges contenant le pépin.

4 - Le cycle annuel du pommier

Le pommier comme toute plante pérenne des régions tempérées, passe par deux grandes périodes : le repos hivernal (la dormance) et la période active de végétation.

4.1 - Le repos hivernal (la dormance)

Selon Gautier (1987), c'est la période qui commence de la chute des feuilles en automne et prend fin au débourrement à la fin de l'hiver. Une période d'inactivité apparente. L'arbre n'est pas toutefois au repos total les racines continuent de croître, les ébauches florales prennent forme dans les bourgeons, les réserves migrent,...

A l'automne, la diminution progressive des températures permet aux bourgeons d'entrer en phase d'endo-dormance (Lasko, 1994 cité par Massonnet, 2004). A la fin de l'hiver, lorsque les températures deviennent suffisamment élevées on assiste à la levée de dormance (Gautier, 1987).

4.2 - La période active de végétation

Cette période s'étale du débourrement à la chute des feuilles et durant laquelle l'arbre manifeste une activité intense : Allongement des pousses, floraison, grossissement des fruits, lignification du bois,...etc. (Figure 15) (Gautier, 1987).

5 - Autres ravageurs et maladies de pommier

Le verger du pommier subit des agressions de diverses natures, il en résulte des altérations d'organes et des pertes de rendements. En luttant contre les ennemis des arbres, l'arboriculteur cherche avant tout à préserver sa récolte en quantité et en qualité et à maintenir son capital verger en bon état de production (Tableaux 4 et 5) (Gautier, 1987).

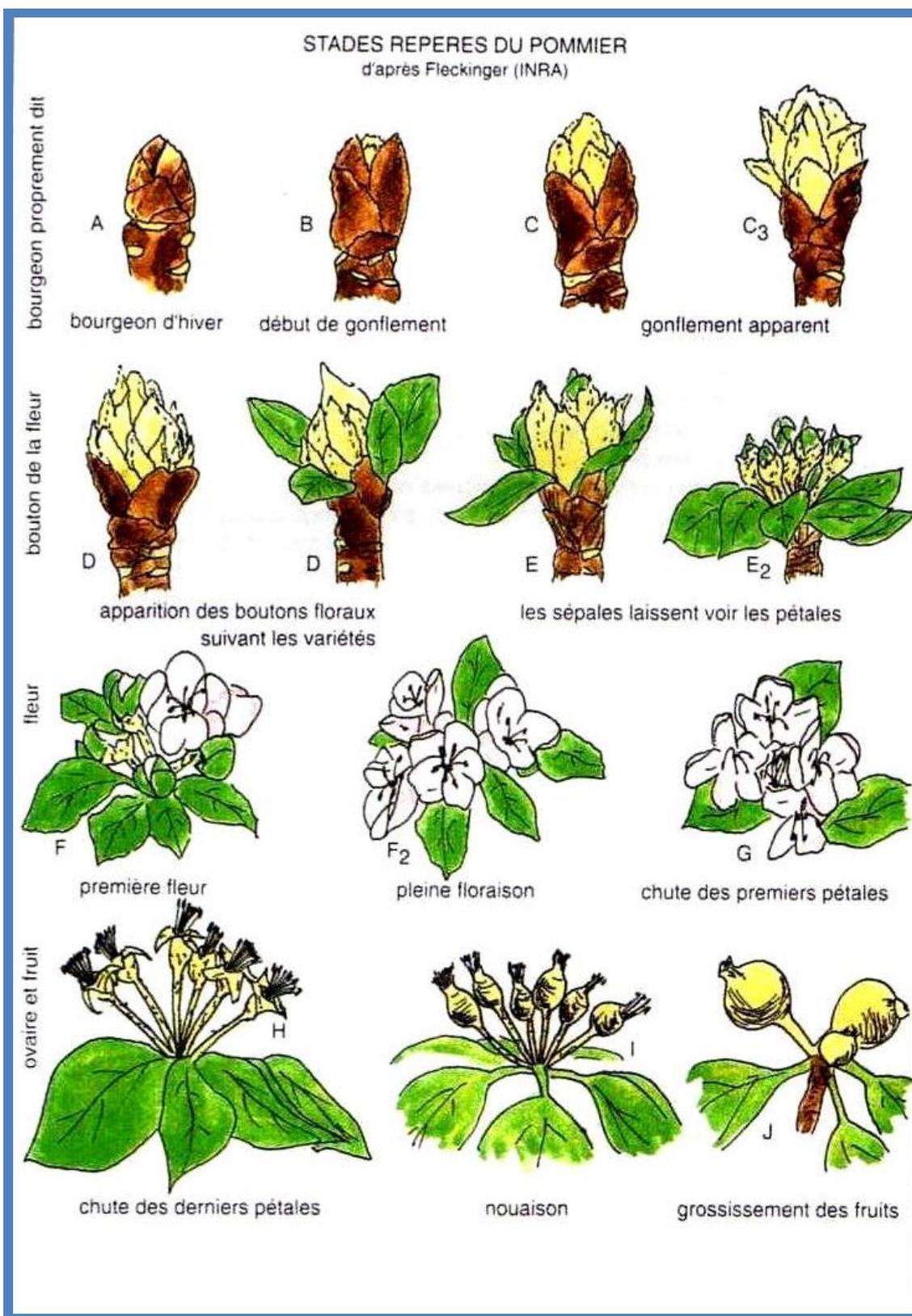


Figure 15 : Les stades repères de FLECKINGER (Charton, 1992).

Tableau 4 : Principaux ravageurs du pommier.

Ordre	Famille	Espèces	Dégâts et Symptômes
Acarie	<i>Tetranychidae</i>	<i>Panonychus ulmi</i> (Acarie rouge)	<ul style="list-style-type: none"> - Décoloration du feuillage qui prend un aspect grisâtre et satiné pouvant entraîner la chute des feuilles (Ferre <i>et al.</i>, 1991). - En période hivernale, aux fourches des rameaux, dans les anfractuosités de l'écorce ou encore à la base des bourgeons, on observe des plaques rouges formées par des œufs (François, 2003).
Hémiptères	<i>Aphididae</i>	<i>Dysaphis plantaginea</i> (pucceron cendré)	<ul style="list-style-type: none"> - Un fort enroulement et un jaunissement des feuilles. - Les pousses sont tordues et les fruits rachitiques et bosselés. - L'année suivante une forte attaque, la floraison est réduite (Hulle <i>et al.</i>, 1998).
		<i>Aphis pomi</i> (pucceron vert)	<ul style="list-style-type: none"> - Enroulement des jeunes feuilles. - Une forte pullulation peut causer la déformation des feuilles et des pousses, peut entraîner l'arrêt de la croissance des rameaux (Alaoui, 2004).
		<i>Eriosoma lanigerum</i> (Hausmam) (Pucceron lanigère)	<ul style="list-style-type: none"> - Formation des galles sur les branches et les racines qui peuvent évoluer en chancre (Hulle <i>et al.</i>, 1998).

Tableau 5 : Principales maladies du pommier.

Maladie	Agent causal	Dégâts et Symptômes
Principales maladies cryptogamiques		
Tavelure	<i>Venturia inaequalis</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Taches arrondies légèrement décolorées qui deviennent rapidement brun olivâtre et souvent se rejoignent. - Des tâches brunâtres aux faces supérieures des feuilles. Ces tâches réduisent l'activité photosynthétique et entraînent la chute prématurée des feuilles (Alaoui, 2004). - Des parties atteintes peuvent se dessécher. - Les fruits peuvent être déformés (Bailly, 1990).
Oïdium	<i>Podosphaera leucotricha</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Inflorescence blanche sur les jeunes feuilles et les pousses. - Retard au débourrement et arrêt de la croissance des pousses (Gautier, 1988). - Les feuilles ainsi atteintes restent petites, s'enroulent, se durcissent et finissent par tomber (Bretaudeau, 1978).
Principale maladie bactérienne		

Le feu bactérien	<i>Erwinia amylovora</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Noircissement et recourbement des pousses tendres en crosse, accompagnés par une excrétion des gouttelettes d'exsudats à partir des parties vertes malades en temps chaud et humide (Gautier, 1987). - Les feuilles des parties atteintes semblent, brûlées par le feu. - A la Base des parties nécrosées, présence possible d'exsudat blanc à brun (Bailly, 1990).
Principale maladie virale		
La mosaïque du pommier	<i>Mosaïc virus</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Sur les arbres atteints, les feuilles laissent apparaître des zones chlorotiques jaune clair et des tâches irrégulières. - La croissance et la production des arbres peuvent baisser de 30-40% (Gautier, 1988).

5.1 - Autres ravageurs et maladies de pommier en Algérie

Les principaux ravageurs du pommier signalés en Algérie sont : l'acarien rouge *Panonychus ulmi* et l'acarien jaune *Tetranychus urticae* (Acarien, *Tetranychidae*), *Dysaphis plantaginea* (puceron cendré), *Aphis pomi* (puceron vert), *Eriosoma lanigerum* (Puceron lanigère) (*Hemiptera*³, *Aphididae*), Pou de San José (*Quadraspidiotus perniciosus*) (*Homoptera*, *Diaspididae*) et le carpocapse *C. pomonella* (*Lepidoptera*, *Tortricidae*).

L'étude effectuée par Frah (2009) au cours de trois ans dans les régions de Fesdis et Ichemoul montre que les pucerons occupent la première place et sont représentées par les espèces nommées ci-dessus ajoutant aussi *Aphis fabae* et *Acyrtosiphon pisum* (*Hemiptera*, *Aphididae*), où le puceron cendré est le plus signalé. La deuxième place est occupée par le carpocapse. Ce ci est confirmé par la D.S.A. de Batna. La tavelure et l'oïdium sont les maladies les plus importantes (D.S.A., 2008).

La présence ou l'absence de ces ravageurs et maladies diffèrent d'une région à l'autre et dépend des conditions climatiques.

³ Après l'invalidation de l'ordre des homoptères les pucerons appartiennent à l'ordre des Hémiptères et sous-ordre de *Sternorrhyncha* (Debras, 2007).

III - Les méthodes de protection du pommier contre le carpocapse

L'arboriculture d'aujourd'hui permet de produire des pommes d'une qualité et quantité remarquable. Rien n'échappe aux producteurs nécessitant ainsi de leur part une attention et des soins très intenses (Viret, 2003). Ceci est dans le contexte d'un développement durable, doit être adapté à une production plus respectueuse de l'environnement et de la santé humaine. Dans ce contexte, l'objectif est d'arriver à une production intégrée où tous les éléments de la production (dont la protection du pommier) sont optimisés afin de produire de façon durable, des pommes de qualité, en passant par la pratique de la lutte raisonnée et la lutte intégrée basée sur les recommandations de l'OILB⁴. En Algérie, la situation est très en retard et la protection des vergers se limite uniquement à l'utilisation des insecticides et les pièges sexuels.

1 - La lutte raisonnée contre le carpocapse

Plusieurs moyens d'avertissement sont disponibles, le principal moyen est le piégeage sexuel des mâles qui permet de suivre le déroulement des vols (prévision qualitative) et d'estimer le niveau de la population. Le piégeage sexuel consiste à utiliser un attractif synthétique (phéromone) pour attirer les mâles dans un piège (Riba et Silvy, 1989). La phéromone naturelle émise par les femelles est noyée dans la masse de celle de synthèse diffusée. Ainsi, les mâles sont désorientés et ne parviennent pas à féconder les femelles. 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 et Saouli, 1999). Le piège le plus utilisé est de type INRA (France) contenant l'attractif sexuel du carpocapse (Trans-8trans-10, dodécadienne 101) connu sous le nom de Coldémone (Figure 16) (Riba et Silvy, 1989 ; Laamari et Saouli, 1999 ; Charmillot *et al.*, 2007 ; Ricci *et al.*, 2007). L'installation du piège est effectuée 15 jours après la nouaison (Laamari et Saouli, 1999). Le dispositif est fixé par un fil de fer à la frondaison de l'arbre, déposé à hauteur d'homme tous les 30 à 50m selon un axe perpendiculaire à la direction la plus fréquente du vent (Riba et Silvy, 1989). On admet généralement qu'il n'y a pas de danger immédiat tant que les captures ne dépassent pas 5-07 papillons par piège et par semaine (Charmillot et Höhn, 2004). Au delà de ceci le contrôle des pénétrations s'effectue sur la base d'un échantillonnage de 1000 fruits observés à raison de 50 fruits sur 20 arbres répartis dans toute la parcelle en portant une attention particulière aux bordures sujettes aux immigrations de papillons. Ce contrôle d'attaque est à effectuer chaque fois que la protection n'est plus assurée par les traitements effectués précédemment et que le piège sexuel a signalé un vol important. Le seuil de tolérance généralement admis est environ 1 % de fruits attaqués, cette information est la plus

⁴ OILB : Organisation Internationale de la lutte Biologique.

importante sur le plan économique (Audemard, 1977). Si ce seuil est atteint, un traitement au moyen d'un produit curatif doit être immédiatement appliqué.

Des modèles de prévision qualitative ont été conçus pour améliorer l'avertissement agricole, ils permettent de prévoir le stade de développement de l'insecte en fonction des données climatiques et d'adapter le traitement. Charmillot et Höhn (2004), signalent que le cycle de carpocapse est très étroitement lié à la température. La vitesse de développement est proportionnelle aux sommes de températures cumulées au-dessus de 10°C. Une prévision quantitative des niveaux de population devrait être possible avec la validation en cours de plusieurs modèles mathématiques qui simulent le développement de chaque stade de l'insecte ainsi que les densités des populations. Dans ce cas un échantillonnage du niveau d'attaque de la population larvaire pour décider d'intervenir ou non en fonction du seuil d'intervention fixé est nécessaire, en installant dès la fin de la première génération (au mois de juin) des bandes-pièges de carton ondulé de 20 cm de large, fixées autour du tronc à 0.50 ou 1 m du sol ; en plaçant la partie ondulée contre l'arbre (Figure 17). 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 et Pasquier, 2002 a ; Charmillot et Höhn, 2004 ; Charmillot *et al.*, 2007).

Gautier (2001), signale que les traitements sont effectués obligatoirement sur une génération de carpocapse, la première ou la seconde selon la région. L'autre génération ne sera combattue que si le seuil de tolérance est dépassé. Ayral (1969), ajoute qu'il faut traiter au moment de l'apparition du premier stade larvaire avant sa pénétration dans les fruits avec des larvicides de contact ou d'ingestion. Selon Gautier (2001), sont nombreux et appartiennent à plusieurs familles chimiques :

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

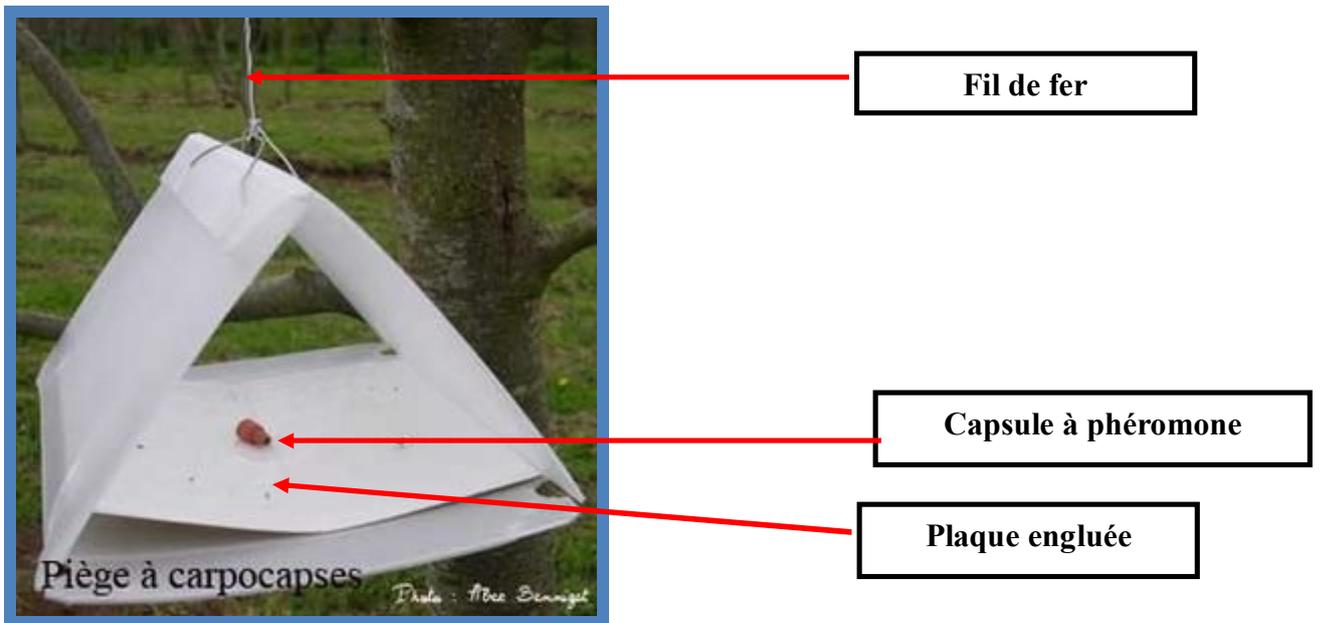


Figure 16 : Piège à phéromone pour le carpocapse (Ricci *et al.*, 2007).



Figure 17: Les bandes-pièges de carton ondulé installées sur les troncs (photo personnelle).

Charmillot *et al.*, (1984) indiquent qu'un premier traitement est effectué lorsque le cumul des sommes de température supérieures à 10°C atteint 250 degrés jours. Cependant, vu les changements climatiques dans ces dernières années, ce cumul doit être + 400 degrés jours à base de 10 (Aubertot *et al.*, 2006). L'installation est répétée 10 à 20 jours plus tard, permet de protéger la parcelle des attaques de la fin de la première génération (Figure 18).

Dans le sens de la lutte chimique raisonnée et plus l'utilisation des pesticides, l'arboriculteur peut utiliser aussi les régulateurs et les inhibiteurs de croissance d'insecte (**RCI et ICI**). Les régulateurs de croissance sont des mimétiques de l'hormone juvénile et de l'hormone de mue qui perturbent respectivement le développement embryonnaire et la nymphose. Ces produits ont un effet insecticide sélectif sur les œufs et les larves (Viret *et al.*, 2003). Les inhibiteurs de croissance inhibent la formation de la chitine ce qui perturbe la mue des chenilles et ont dans certains cas une action ovocide (Riba et Silvy, 1989). Ils peuvent être appliqués soit au début de la ponte, soit au plus tard au début des éclosions car ils ne sont pas pénétrants (Viret *et al.*, 2003).

2 - La lutte biologique

Deux grands types d'interventions sont distingués :

- Les interventions visant à exploiter des organismes vivants (antagonistes) ou de produits dérivés d'organismes vivants, dans le but précis d'éliminer les ravageurs ;
- Les interventions visant à diminuer l'activité des ravageurs, fondées sur l'usage :
 - a) de substances chimiostérilisantes ou de mâles stériles ;
 - b) de cultivars montrant une résistance aux ravageurs.

Bien que suscitant un intérêt de plus en plus grand, la lutte biologique ne donne de bons résultats que si le niveau de population du ravageur est faible (Aubertot *et al.*, 2006). Ainsi, elle demeure négligeable comme moyen de lutte contre les insectes nuisibles aux cultures en plein champ (Deraison, 2002).

2.1 - Les antagonistes actuels ou potentiels du carpocapse

2.1.1- Les parasites du carpocapse

De nombreux essais de contrôle des tordeuses par lâchers inondatifs de parasitoïdes oophages du genre *Trichogramma*. Ces lâchers inondatifs consistent en l'introduction de milliers de parasitoïdes dans le but d'augmenter le taux de parasitisme d'un ravageur ciblé pour prévenir les dommages économiques (Franz et Vogel, 1974 ; Olivier, 2007).

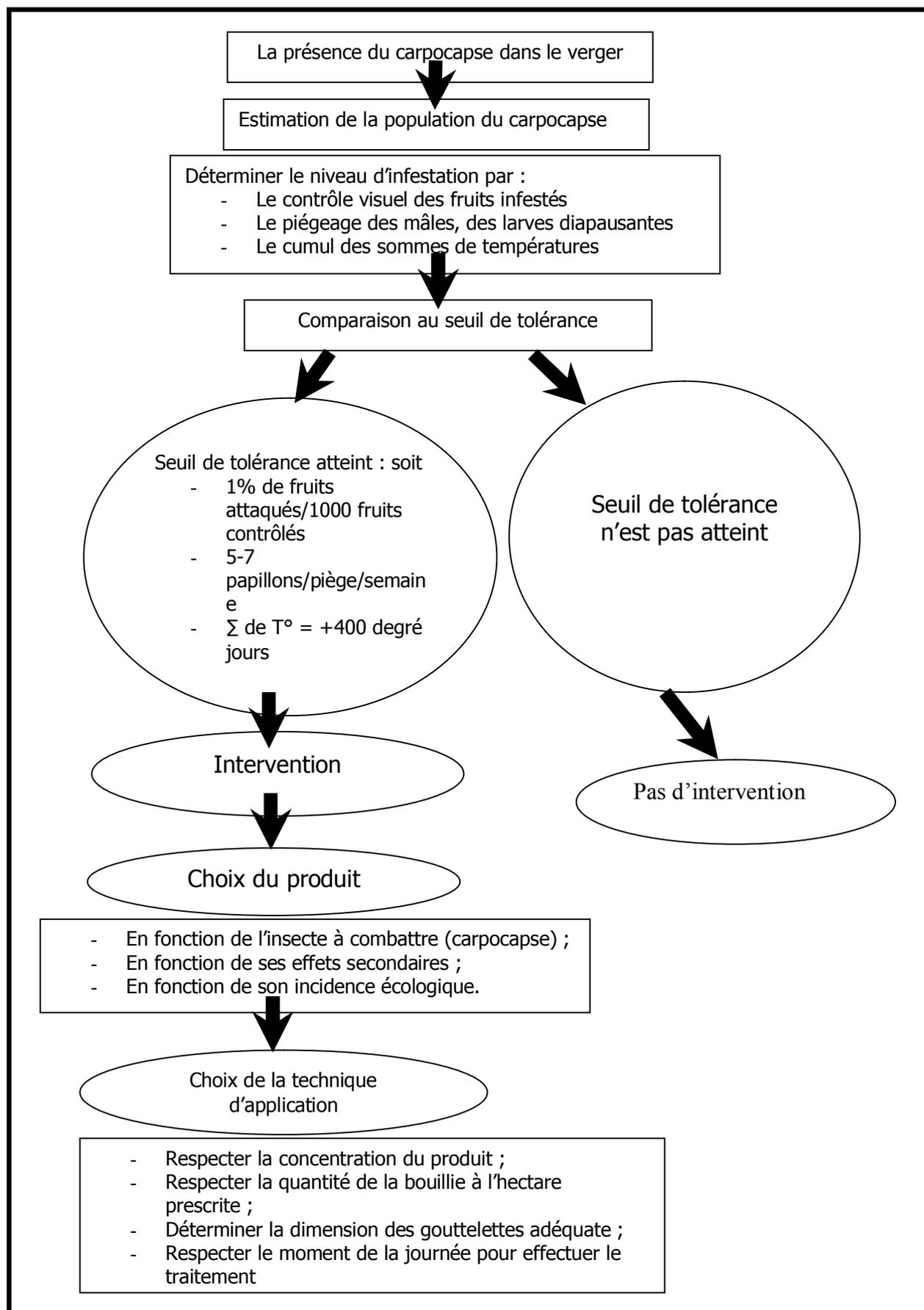


Figure 18 : Démarche pour la conduite d'une pommeraie en lutte raisonnée contre le carpocapse.

De nombreux inventaires des ennemis naturels du carpocapse montrent que les chenilles hivernantes sont une proie pour les oiseaux : Pics, mésanges, fauvettes et pour les larves de Névroptères : *Raphidia*, *Chrysopa*. Comme il est fréquemment parasité par d'autres insectes : Chalcidien, Tachinaire (*Elodia tragica*), Ichneumonidés (*Trichomma enecartor*), Braconides (*Axogaster quadridentatus*) (Coutin, 1974 ; Gautier, 2001). Ce dernier auteur, signale que la destruction des carpocapses par les insectes parasites reste souvent faible : 10 % de la population des chenilles, elle atteint parfois 25 %. Cependant, il faut remarquer que la présence et l'action des entomophages sur le carpocapse dépend des caractéristiques des vergers et spécialement des traitements chimiques qui y sont pratiqués (Audemard, 1979).

2.1.2 - Les microorganismes entomophages

Ces organismes appartiennent à plusieurs taxons à savoir : les bactéries, les virus, les champignons. Ils sont naturellement présents dans l'environnement (sol, air, eau) et infectent généralement leur hôte soit par ingestion, par la cuticule ou par les orifices.

2.1.2.1 - *Bacillus thuringiensis* (B.t.)

Bacillus thuringiensis, couramment désigné par son acronyme *B.t.*, est une bactérie qui vit naturellement dans le sol. C'est une bactérie capable de produire une gamme de toxine insecticide et agent de contrôle bactérien sur le plan mondial (Dent, 1993 ; Erlandson et Goettel, 2004).

La bactérie produit une protoxine qui se transforme sous l'action d'enzymes en toxine insecticide lorsqu'elle est ingérée par la larve (Dunphy et Tibelius, 1992 ; Bidon, 1999 ; Aubertot *et al.*, 2006). Quelques heures après l'absorption du produit la chenille ne peut plus s'alimenter puis meure généralement 2 à 5 jours plus tard (24 à 96 heures à dose élevée) (Doumandji-Maitiche et Doumandji, 1979 ; Erlandson et Goettel, 2004 ; Aubertot *et al.*, 2006).

Bacillus est non toxique pour l'abeille domestique, les poissons, les oiseaux et les mammifères et permet les traitements jusqu'à la récolte. La bactérie a un effet exclusif et spécifique sur les chenilles de papillons. *B.t.* est compatible avec d'autres méthodes de lutte biologique et possède une durée de conservation plus longue (Doumandji-Maitiche et Doumandji, 1979 ; Georget et Scheromm, 1995 ; Aubertot *et al.*, 2006).

2.1.2.2 - *Beauveria bassiana*

Selon Riba et Silvy (1989), le mode d'infection de *B. bassiana* se divise en quatre étapes distinctes qui sont l'adhésion, la germination, la différenciation et la pénétration. La colonisation de

l'hôte se fait lorsque le champignon parvient à surmonter les mécanismes immunitaires de défense de l'insecte et envahit l'hémolymphe (Ferron *et al.*, 1993).

La phase saprophyte va être caractérisée par la mummification du cadavre transformé en sclérote. Les hyphes traversent le tégument préférentiellement au niveau intersegmentaire puis le recouvre d'un feutrage mycélien blanc cotonneux qui va amorcer la formation des conidiospores (De Kouassi, 2001).

2.1.2.3 - Virus de la granulose

Le virus de la granulose est un moyen biologique et spécifique. Présente un potentiel, exceptionnel pour lutter contre le carpocapse (Charmillot et 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 doit être appliqué en verger dès le début des éclosions. Il provoque la mort des jeunes larves quelques jours après leurs pénétration dans les fruits (Viret *et al.*, 2003). Mais peut s'observer aussi chez les larves en fin de développement et chez les nymphes (Hurpin, 1974).

Sensible au rayonnement UV, le virus n'est pas très rémanent et l'expérience a montré qu'il est judicieux d'intervenir 5 à 7 fois durant la saison avec des demi-dosages soit de 10 à 15 jours d'intervalle (Viret *et al.*, 2003).

2.2 - Modification du comportement du carpocapse

2.2.1 - La lutte autocide (Sterile Insect Technology)

Cette technique vise à empêcher les femelles sauvages de produire de progéniture, ce qui entraîne un déclin notable de la population. Le contrôle de la reproduction est réalisé par des lâchers en masse d'insectes mâles stériles. Les femelles sauvages qui s'accouplent avec les mâles stériles ne produisent pas de descendance viable. Par conséquent, si un nombre suffisant de femelles s'accouple avec des mâles stériles, la population des insectes s'effondrera (Champagne, 2003). 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) (International Atomic Energy Agency, 2000). La méthode, qui exige la mise en place de très grosses unités de production de mâles stériles, a été utilisée contre des lépidoptères comme le carpocapse des pommes. En 2003, le carpocapse est éliminé dans 88 % des vergers de Colombie-Britannique (Champagne, 2003). L'obstacle principal à la diffusion de cette technique reste son coût (Champagne, 2003 ; Aubertot *et al.*, 2006).

2.2.2 - L'utilisation de pommiers résistants au carpocapse

Painter (1951), a défini la résistance des plantes aux insectes comme un ensemble héréditaire de mécanismes par lequel la plante-hôte en tant qu'espèce, race, biotype ou individu, peut réduire la probabilité d'un bon développement pour une espèce, race, biotype ou individu d'insecte phytophage.

Pitrat et Lecoq (1996), signalent qu'il existe plusieurs types de résistance des plantes aux insectes. Ces mécanismes ne sont pas forcément exclusifs et la limite entre eux est parfois difficile à faire. Painter (1951), estime que la notion de résistance est un phénomène complexe. Elle regroupe trois grandes catégories de mécanismes : **la non-préférence (non-acceptation, antixénose), l'antibiose et la tolérance.**

Différents travaux ont été effectués pour étudier la résistance du pommier aux maladies et ravageurs. La pierre angulaire d'une sélection de résistance couronnée de succès est le recours à des porteurs de résistance qui se transmettent de manière durable dans de nouvelles variétés. Pour la tavelure Korban et Skirvin (1984), indiquent que les sources de résistance sont constituées d'une part par des espèces sauvages comme *M. floribunda* 821 Sieb., *M. micromalus* Mak., *M. atrosanguinea* Schneid, *M. baccata* Jackii Rehd., et *M. sargenti* Rehd., Goonewardene *et al.*, (1989) signalent que parmi ces espèces sauvages quelques unes sont résistantes au *Rhagoletis pomonella* Walsh (Diptère, *Tephritidae*). D'autre part par l'ancienne variété « Antonowka » qui transmet une résistance de type polygénique.

Goonewardene (1987), signale que les travaux effectués sur les hybrides (**E11-24, E14-32 et E36-7**) ont montré une certaine résistance vis-à-vis les maladies et à certains arthropodes. Il faut noter aussi qu'aucun symptôme de dommage du carpocapse n'a été observé sur les fruits de ces hybrides. Goonewardene et 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. (Hémiptère, *Tetranychidae*) et *Lithophane antennata* (Lépidoptère, *Noctuidae*), et tous les hybrides sont résistants à la tavelure (*Venturia inaequalis*).

3 – La lutte biotechnique

Ce type de méthode de lutte consiste à perturber un mécanisme naturel physiologique ou comportemental de l'insecte afin de limiter le niveau des populations.

3.1 - Confusion sexuelle

Son principe repose sur la multiplication du nombre des points d'émission du bouquet de phéromones sexuelles de telle sorte que les mâles, simultanément attirés dans plusieurs directions soient dans l'incapacité d'identifier les attractifs naturellement émis par une femelle de la même espèce (Beever *et al.*, 1983 cité par Riba et Silvy, 1989). De ce fait les accouplements sont fortement réduits et par la suite les pontes. 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). 400 à 500 diffuseurs / ha doivent être accrochés dans le tiers supérieur des arbres juste avant le début du premier vol du carpocapse. Ils diffuseront la phéromone dans le verger tout au long de la saison (Angeli *et al.*, 1999 ; Charmillot et Pasquier, 2002 b ; Charmillot *et al.*, 2007).

Le coût plus élevé de la confusion sexuelle limite actuellement son utilisation. Ainsi qu'elle sera inévitable devant un carpocapse résistant aux insecticides même dans des parcelles de très petite taille (Charmillot et Pasquier, 2002a ; Charmillot *et al.*, 2007).

3.2 – La lutte attracticide

C'est une nouvelle procédure, mi-biologique, mi chimique. Cette lutte consiste à mélanger dans une spécialité, la coldémone (hormone sexuelle), un insecticide (Ex : La perméthrine ou Cyperméthrine) et une substance collante. La pâte attracticide est déposée en gouttes sur les branches de pommiers à l'aide d'un pistolet ou tube doseur (Figure 19). Les mâles attirés par l'attractif entrent en contact avec la pâte et meurent sous l'action de l'insecticide (Gautier, 2001 ; Ioriatti et Angeli, 2002).

La lutte attracticide présente plusieurs caractéristiques avantageuses : quantité minimale d'insecticide utilisé, absence de dérive et de résidus sur les fruits, faible toxicité pour l'applicateur, l'environnement et la faune auxiliaire. Cependant, elle est gourmande en main d'œuvre : 4 à 6 h / application / ha et un coût très élevé (Ioriatti et Angeli, 2002 ; Cormier *et al.*, 2006). L'utilisation de la lutte attracticide contre le carpocapse a été peu efficace, mais elle devient plus efficace lorsqu'elle est utilisée conjointement avec des lâchers de trichogramme pour diminuer la densité larvaire et par suite les dommages de la population du carpocapse (Gautier, 2001 ; Cormier *et al.*, 2006 ; Olivier, 2007).

**Goutte de la pâte attracticide sur
une branche de pommier**



Pistolet

Figure 19 : Lutte attracticide (Cormier *et al.*, 2006).

4 - Les inconvénients des méthodes de lutte actuelles

4.1 - Pollution de l'environnement

Il est admis maintenant par tous que la lutte chimique a des conséquences néfastes sur l'environnement ; entre autres par la toxicité dans la chaîne trophique, la pollution des eaux de surface et souterraine (Regnault-Roger, 2002 ; Charmillot, 2002). Sur la santé humaine par les résidus de pesticides sur les aliments et les intoxications par inhalation et surtout la résistance acquise par les insectes ravageurs y compris le carpocapse, suite à l'utilisation intempestive inconditionnelle et irrationnelle des insecticides (Starmes *et al.*, 1993 ; Knight et Norton, 1989), ainsi qu'une biodégradabilité très lente de ces produits, leur non sélectivité détruisant ainsi les insectes nuisibles et la faune auxiliaire (Regnault-Roger *et al.*, 2002).

4.2 - Résistance aux insecticides

Le pommier nécessite plus de 20 traitements chimiques par an pour lutter contre ses parasites et ravageurs (Durel *et al.*, 2002). Cependant, 10 à 15 traitements par saison, sont nécessaires pour lutter contre un carpocapse résistant, dont les attaques dépassent parfois le seuil de tolérance (Charmillot, 2002). Pour ceci le phénomène de résistance constitue un problème majeur aux arboriculteurs, entomologistes, chercheurs, car le resserrement des traitements, le mélange de différents produits ou l'augmentation des dosages n'a pas permis de résoudre le problème, ni d'éviter l'extension géographique de la résistance.

5 - La lutte contre le carpocapse en Algérie

Un réseau de surveillance et d'alerte précoce est installé chaque année par l'I.N.P.V.⁵ au niveau national et par la S.R.P.V. d'Ain-touta au niveau régional (Wilaya de Batna) contre plusieurs ravageurs notamment le carpocapse et les maladies (Tavelure du pommier).

Le dispositif d'alerte se base sur un système d'information tridimensionnel qui consiste en l'observation de l'état biologique de l'entité épidémique, l'observation de la phénologie des cultures sujettes aux épidémies ainsi que l'analyse des prévisions météorologiques. Les données récoltées du terrain sont étudiées, puis une décision est prise en fonction des résultats, pour l'élaboration du message d'alerte à diffuser.

Parmi les insecticides homologués en Algérie, nous citons une gamme de produits utilisés contre le carpocapse (Tableau 6) (S.R.P.V. d'Ain-touta, 2008).

Parmi les matières actives les plus utilisées dans la région de Batna contre le carpocapse nous citons : Deltamethrine et lufénuron. Les périodes d'intervention sont en général: la première intervention doit avoir lieu dès que les fruits atteignent 1,5 cm, la deuxième intervention 15 jours après et la troisième, 3 semaines après et avec l'apparition des dégâts (S.R.P.V. d'Ain-touta, 2008).

La lutte contre le carpocapse en Algérie reste un enjeu économique, agronomique et environnemental majeur de la production des pommes. Les fréquences d'applications et les non-sélectivités des traitements insecticides conditionnent la conception générale de la protection du verger. Des cas d'échec de ce type de stratégie ont été signalés dans la région des Aurès. La prévention d'une telle situation, qui serait difficile à gérer, passe par un engagement concerté des divers acteurs de la filière pomme pour la mise au point et l'adoption de méthodes novatrices de protection, non pas pour remplacer les autres méthodes mais pour les compléter. Parmi celles-ci, de nouvelles voies d'investigations d'alternatives qui consisteraient à perturber la ponte de l'insecte sont ici envisagées. Elles pourraient être utilisées en protection intégrée du pommier contre le carpocapse, par exemple par l'utilisation de variétés résistantes au niveau de la ponte du ravageur.

⁵ **I.N.P.V.** : Institut National de la protection des végétaux.

Tableau 6 : Insecticides homologués et préconisés contre *C. pomonella* en Algérie.

Produits Insecticides	Matière active	Concentration	Dose	Formulation	Famille chimique
Aficar	Carbisulfan	25 %	100 à 150 ml/hl	EC	Carbamates
Anatex 20 SL	Mythomyl	200 g/l	150 à 200 ml/hl	SL	Carbamates
Akito	Betacypermethrine	25 g/l	0,3 à 0,4 L/ha	EC	Pyréthroïde
Alpargite	Propargite	570 g/l	75 ml/ hl	EC	Sulfites
Aplphashakti	Alpha-cypermethrine	100 g/l	75 ml/hl	EC	Pyréthroïdes
Arrivo	Cypermethrine	25 %	25 – 50 ml/hl	EC	Pyréthroïdes
Alphytrine 25 EC	Deltamethrine	25 g/l	0,3 – 0,4 l/ha	EC	Pyréthroïdes
Alphyzol 35 EC	phosalone	350 g/l	175 ml/ hl	EC	Organophosphorés
Ardofos	Chlorpyriphos Ethyl	480 g/l	125 ml/hl	EC	Organophosphorés
Avaunt 150 EC	indoxacarbe	150 g/l	170 à 250 ml/hl	SC	Oxadiazine
Carbafor	Carbaryl	85 %	100 g/hl	WP	Carbamates
Chlorofos 48 EC	Chlorpyriphos ethyl	48 %	125-150 ml/hl	EC	Organophosphorés
cyperfor	cypermethrine	10 g/l	0,030 l/hl	EC	Pyréthroïdes
Decis 25-EC	Deltamethrine	25 %	0,3-0,4 l/ha	EC	Pyréthroïdes
Deltajet	Deltamethrine	25 g/l	0,3 – 0,4 L/ha	EC	Pyréthroïdes
Flurofos	chlorpyriphos-ethyl	480 g/l	125 ml/hl	EC	organophosphorés
Match	Lifenuron	50 g/l	35ml/100 l d'eau (1 L/ha)	EC	Benzoylé urées
Metosip 25	Methomyl	25 %	300g/hl	WP	Carbamates
Pencap M	Parathion methyl	240 g/l	125 – 150 ml	WP	Organophosphorés
Ruben	Deltamethrine	25 %	0,3 L/ha	EC	Pyréthroïdes
Karaté 2.5 EC	Lambdacyalothrine	25 g/l	40 g/20-30 L d'eau	EC	Pyréthroïde
Karaté x 5 EC	Lambdacyalothrine	50 g/l	17.5 ml/ 100 l	EC	Pyréthroïde

(Anonyme, 2007).

EC: Concentré émulsionnable (concentré liquide homogène, applicable sous forme d'émulsion, après dilution dans l'eau).

SL: Concentré soluble (concentré liquide homogène, applicable sous forme de solution varié de la substance active, après dilution dans l'eau).

WP : Poudre mouillable (poudre applicable après dispersion dans l'eau).

SC : Suspension concentrée (suspension de substance active dans un liquide, qui peut contenir d'autres substances active dissoute, pour emploi après dilution dans l'eau).

IV – Sélection du site de ponte par *Cydia pomonella* L.

1-- Sélection de la plante-hôte par le ravageur

- Mécanisme global

Un insecte phytophage dépend entièrement de la disponibilité de ses plantes-hôtes pour survivre et se reproduire. Il doit donc les rencontrer dès qu'elles apparaissent dans son écosystème pour y déposer ses oeufs et /ou s'alimenter. Pour cela, son cycle reproducteur doit coïncider avec le développement de la plante-hôte. Comme par exemple, la bonne synchronisation d'émergence des larves de *Choristoneura fumiferana* (Clem) (*Lepidoptera, Tortricidae*) et le développement des bourgeons du sapin baunier et de l'épinette blanche augmentent la possibilité d'établissement des larves sur ces deux espèces (Hanover, 1975), comme il doit disposer de mécanismes efficaces pour le localiser et l'identifier. Ceci est possible grâce à l'élaboration de comportements cohérents et parfois sophistiqués, qui reposent sur la détection de signaux pertinents renseignant l'insecte sur la qualité et les variations de son environnement (Maher, 2002).

Chez les lépidoptères, le comportement de ponte est une chaîne complexe de séquences et réponses des signaux. L'insecte sélectionne sa plante-hôte en fonction des informations que celle-ci lui fournit. Les insectes phytophages sont sensibles à des stimuli de la plante-hôte ayant un rôle répulsif ou attractifs (Ramaswamy, 1988). Ces informations peuvent être visuels, mécaniques et chimiques et comporte deux grandes étapes : (1) une orientation à distance reposant sur des caractéristiques olfactives et visuels des parties aériennes de la plante-hôte. (2) et une reconnaissance au contact avec la surface de la plante par l'intermédiaire de stimuli visuels et/ou tactiles chimique (Städler, 1984 ; Derridj et Wu, 1995).

Grâce à un équipement sensoriel spécifiquement adapté (Figure 20), l'insecte détecte par olfaction et vision à distance et par gustation et mécanoréception au contact de la plante des signaux chimique et physiques produits par celle-ci. L'intégration par ces différents signaux au niveau du système nerveux central (SNC) forme l'image sensorielle, qui va être comparée avec celle stockée et fixée génétiquement chez l'insecte, qui peut se modifier par l'expérience (Schoonhoven *et al.*, 1998) (Figure 21).

Au moment de la ponte, la femelle d'un insecte phytophage se trouve devant une gamme très importante de ses plantes-hôtes. Le choix d'une plante-hôte par la femelle signifie qu'il existe une préférence de ponte entre les différentes espèces présentes. Mais, ce choix entre plusieurs espèces hôtes n'a donc pas forcément une valeur adaptative pour l'insecte (Robert, 1986). A partir

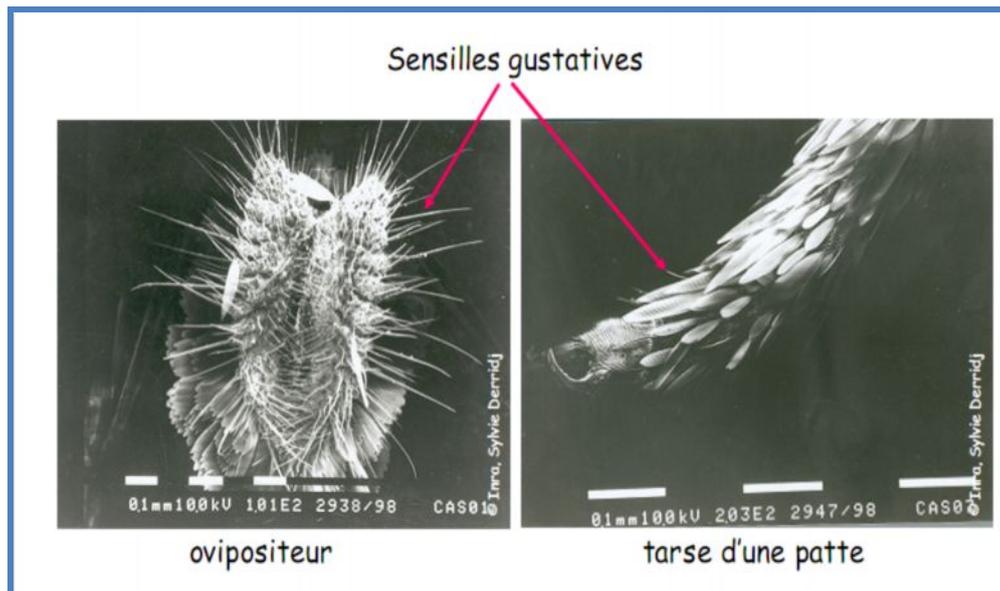


Figure 20 : Équipement sensoriel localisé sur la patte et l'ovipositeur de *C. pomonella* (Derridj, 2007).

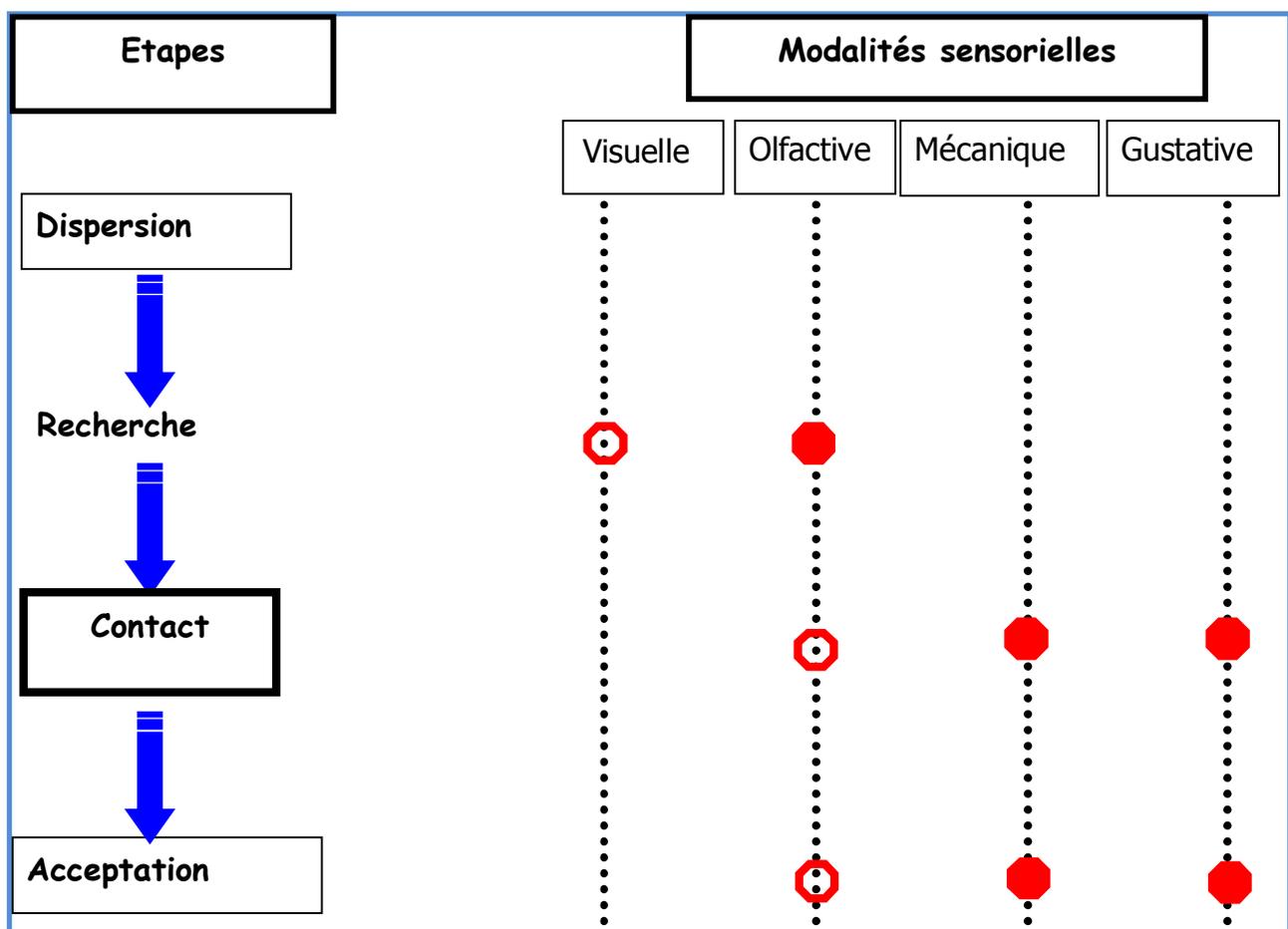


Figure 21: Les différentes étapes de la sélection de la plante-hôte par les insectes (Schoonhoven *et al.*, 1998).

- Stimuli émis par les plantes et qui ont **réellement** un rôle dans le comportement des lépidoptères.
- Stimuli émis par les plantes et qui ont **probablement** un rôle dans le comportement des lépidoptères.

des informations qu'elle perçoit, la femelle serait capable de déterminer l'acceptabilité d'une plante, c'est-à-dire à quel niveau celle-ci est adaptée pour le développement de sa descendance (Schoonhoven *et al.*, 1998). Cette acceptabilité est le résultat des stimuli qui gouvernent la sélection de la plante, il peut s'agir d'une stimulation qui entraîne une réponse comportementale positive ou négative et également d'un choix réel entre plante (Derridj et Wu, 1995). Sur une plante acceptable, les stimuli positifs (facteurs chimiques, et physiques stimulants), domineraient les stimuli négatifs (barrières physiques, facteurs chimiques et physiques dissuadants), alors que sur une plante faiblement acceptable ou rejetée par l'insecte, les stimuli négatifs auraient plus d'importance ou domineraient (Maher, 2002). C'est au niveau de système nerveux central que la balance entre les stimuli positifs et négatifs s'établirait (Picimbon, 2002), et qu'en fonction de facteurs internes qui peuvent moduler cet équilibre (Maher, 2002).

2- Séquence comportementale aboutissant à la ponte

L'oviposition est l'étape la plus importante dans le cycle reproducteur de l'insecte phytophage, pour cela la survie des insectes est largement dépendante de la capacité de la femelle à reconnaître la plante sur laquelle va se nourrir la descendance et se développer. Le choix de la femelle gravide du support de ponte est primordial, surtout lorsque celle-ci a peu de capacité pour se déplacer du lieu de ponte. L'insecte est adapté à son milieu lorsqu'il choisit un site sur lequel les pontes peuvent rester jusqu'à l'émergence, lorsque les larves trouvent leur lieu d'alimentation sans trop de risques et enfin, lorsque la nourriture permet le développement (nutriments, possibilités de détoxification) (Städler, 1986 ; Derridj et Wu, 1995). Pour trouver le site de ponte acceptable, la femelle gravide réalise une séquence d'actes comportementaux stéréotypes répondant à une succession de signaux spécifiques de la plante-hôte qui la guident vers le site de ponte (Schoonhoven *et al.*, 1998).

Lorsque les adultes et jeunes larves se nourrissent du même végétal, la sélection du site de ponte va être conditionnée par le comportement de prise alimentaire des parents. Mais chez beaucoup d'espèces, les adultes ne s'alimentent pas ou utilisent une alimentation différente de celle de leur progéniture (Robert, 1986).

Le dépôt réussi des œufs dépend de séquences comportementales, dont ces derniers se divisent en deux grandes phases comportementales consécutives, séparées par l'atterrissage : (a) la phase de recherche de la plante-hôte à distance menant l'insecte à se rapprocher et à trouver celle-ci et (b) la phase d'évaluation par contact de la plante et au bout de laquelle l'insecte décide de

l'accepter ou de la rejeter. Lorsque l'acceptation est la décision finale du processus, l'émission des œufs aura lieu (Robert, 1986 ; Maher, 2002).

2.1- Phase de recherche à distance

Lorsque l'insecte ne perçoit pas la plante, la femelle se déplace au hasard dans l'environnement de la plante qui va l'amener à la localisation à distance d'un signal émis par la plante-hôte (visuel ou olfactif). Ces stimuli déclenchent une série de comportements successifs de recherche orientée (taxis) ou aléatoire (Kinesis) permettant de trouver la plante (Bernays et Chapman, 1994).

D'après Hanover (1975), l'oviposition peut être dépendante de la morphologie de certaines structures des plantes par exemple : feuillage, écorce, fleurs,..... Comme elle peut être influencée par la perception des couleurs, la forme de la plante, l'intensité spectrale ou la réflectivité, la taille, la silhouette,.... (Dajoz, 1985).

La localisation visuelle de l'hôte permet aux insectes de retrouver les plantes intéressantes, mais seulement sur de courtes distances. Pour localiser un hôte sur de très longues distance, la perception de substances chimiques, comme les allélochimiques est nécessaire (Nicole, 2002).

A une certaine distance de la plante, les odeurs qui en émanent seraient constituées sous forme de poches, perçues par l'insecte comme des bouffées. Ils ne permettraient pas à celui-ci de se diriger directement vers la source (Bernays et Chapman, 1994). Les stimuli visuels ont un effet de synergie sur l'activité de stimuli chimiques (Robert, 1986). Bernays et Chapman (1994), ont démontré jusqu'à quelle distance un insecte est capable de percevoir et reconnaître une plante-hôte. Ils ont utilisé comme exemple la mouche d'oignon, qui peut percevoir une odeur jusqu'à 100m de distance.

2.2- Phase d'évaluation par contact

Une fois l'insecte à localiser et toucher la plante, il entre dans une phase d'évaluation pour déterminer si le site est acceptable pour l'oviposition. Des contacts répétés de ses tarsi, antennes, ovipositeur et pièces buccales avec la surface de la plante, lui indiquent l'acceptabilité du site et suite à la reconnaissance et à l'acceptation du site, la femelle dépose un ou plusieurs œufs sur la plante. La progression normale ou l'arrêt de l'oviposition est conditionnée par la stimulation des femelles par d'autres stimuli de contact (Curtis *et al.*, 1990).

Durant cette phase, l'insecte se trouve en contact avec un grand nombre de stimuli, d'ordre visuel, tactile (mécanoréception) et chimique par contact qui sont les modalités sensorielles dominantes (Ramaswamy, 1988).

Chez la plupart des insectes, qui pondent à la surface des plantes, l'évaluation concerne seulement la perception de stimuli présents en surface. Par contre, chez les insectes qui pondent dans les tissus de la plante, une étape d'évaluation supplémentaire est nécessaire où l'insecte va tester un échantillon des tissus internes (composition chimique, dureté, épaisseur,...) en effectuant des blessures à la surface du végétale (Schoonhoven *et al.*, 1998). En ce qui concerne le carpocapse, lorsqu'il est au contact avec la surface de la plante-hôte, et après un test de cette surface par des contacts répétés de ses pattes, antennes et ovipositeur, l'insecte tente de percevoir des signaux physiques et chimiques lui indiquent l'acceptabilité du site, pour cela la femelle pond un seul œuf dont d'autres signaux peuvent stimuler la femelle pour continuer la ponte et déposer d'autres œufs (Curtis *et al.*, 1990). En revanche si la plante ou le site sont rejetés, la femelle revient à une étape comportementale antérieure. Un tel saut en arrière peut aussi se faire au milieu de la séquence comportementale si l'information et les conditions ne sont plus suffisantes pour stimuler la progression normale (Miller et Strickler, 1984 cité par Maher, 2002).

3 - Les signaux de la reconnaissance d'un site de ponte

Nicole (2002), signale que lors de la localisation, l'insecte utilise plus particulièrement des informations physiques (visuels et physiques de contact) et chimiques pour entreprendre et poursuivre ou non, les séquences comportementales engagées. Ces informations sont intimement associés (Robert, 1986).

3.1- Les facteurs physiques

La sélection d'une plante par un insecte phytophage peut être expliquée en partie par les caractéristiques physiques du site de ponte comme la texture, la couleur, la forme de la plante ou de l'organe sélectionné. Ceux-ci participeraient à la formation de l'image sensorielle recherchée par la femelle, caractéristique de la plante-hôte (Schoonhoven *et al.*, 1998).

3.1.1-Les stimuli visuels

Selon Renwick et Chew (1994), ces stimuli comprenant la qualité spectrale (la sensibilité des insectes se situant entre 350 et 650 nm, proche ultraviolet à rouge), la taille et la forme de la plante prédominent dans la localisation d'un site de ponte chez les papillons diurnes. En revanche,

chez les papillons nocturnes, comprenant la majorité des hétérocères, leur importance serait bien moindre (Ramaswamy, 1994).

❖ La vision

Dans la nature, l'orientation de la femelle de *C. pomonella* vers la plante-hôte se fait d'abord à distance à partir des repères visuels (la silhouette de l'arbre) (Mani *et al.*, 1995 ; Pszezolkowski et Brown, 2005).

Calatayud *et al.*, (2008), signale que *Busseole fuxa* (Fuller) (*Lepidoptera, Noctuidae*) préfère de ne pas pondre sur les plantes qui possèdent des tiges aux diamètres très petits, lorsqu'elle a le choix, parce qu'elles limitent l'insertion convenable de son ovipositeur.

Selon Duffield *et al.*, (1993), *Chrysophtharta bimaculata* Olivier (*Coleoptera, Chrysomelidae*), choisissent leur hôte l'eucalyptus, selon la taille des arbres, les arbres significativement plus petits sont les plus attaqués. Dans le même concept, l'abeille domestique, *Apis mellifera* L. (*Hymenoptera, Apidae*), est capable de discriminer morphologiquement les inflorescences de la lavande française, *Lavandula stoechas*. Elle choisit dans une plus grande proportion les grosses inflorescences, donc celles qui contiennent plus de fleurs et par le fait même une plus grande quantité de nectar.

❖ La couleur

Selon Schoonhoven *et al.*, (1998), la couleur intervient via les longueurs d'ondes perçues par l'insecte, dont chacun possède un spectre d'action. Ce sont les longueurs d'ondes pour lesquelles la réponse comportementale de l'individu est maximale. Par exemple pour *Pieris brassicae* (*Lepidoptera, Pieridae*) la longueur d'onde en lumière monochromatique qui provoque un maximum de réponse est de : 450nm pour la prise de nourriture ; et de 540 nm pour la ponte. L'action de « tombouriner » la surface foliaire qui intervient dans l'étape finale de sélection est maximale à 550 nm. Les femelles gravides de la piéride du chou sont attirées vers les surfaces vertes (Bernays et Chapman, 1994).

D'après Myers *et al.*, (1981), *Cactoblastis Cactorum* Berg. (*Lepidoptera, Phycitidae*) choisit les plants de Cactus les plus verts et les plus grands, présentant une bonne activité de photosynthèse. *Delia antiqua* Meigen (*Diptera, Anthomyiidae*), pond plus d'œufs lorsque les feuilles d'oignon sont jaunes, plutôt que lorsqu'elles prennent d'autres couleurs. Cela ne veut pas dire que tous les insectes

phytophages sont attirés par la couleur jaune. Car pour les espèces qui s'alimentent et pondent sur les fleurs elles sont attirées beaucoup plus par le bleu.

❖ La couleur et la forme

D'après Bernays et 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.

3.1.2- Les stimuli physiques de contact

Une fois l'insecte est en contact avec la plante, il obtient des informations additionnelles sur la qualité de la plante qui n'étaient pas accessible pendant les phases précédentes. A ce niveau, ce sont les stimuli tactiles (mécano-sensoriels) et chimio-sensoriels de contact (gustatif) qui interviennent (Schoonhoven *et al.*, 1998).

Le choix de la plante-hôte, durant cette étape, est influencé par :

- la présence des trichomes et des cires à la surface de la plante ;
- l'épaisseur et la dureté de la feuille.

Ces caractéristiques semblent jouer un rôle d'une barrière défensive primaire contre les ravageurs (Smith, 1989 ; Bernays et Chapman, 1994 ; Schoonhoven *et al.*, 1998).

❖ Les cires

Les propriétés chimiques et physiques des cires cuticulaires des plantes jouent un rôle critique dans l'interaction entre les plantes et les insectes phytophages. L'étude effectuée par Juma en 2005 montre que chez *Busseola fuxa* (Fuller) (Lepidoptera, Noctuidae), la composition des cires cuticulaires de sa plante-hôte exerce une influence sur le processus d'acceptation des femelles pondeuses (Calatayud *et al.*, 2008).

Au cours du développement de la plante, la morphologie et la composition des cires changent (Bernays et Chapman, 1994). Les nymphes de *Locusta migratoria* L. (Orthoptera,

Migratorioïdae) se nourrissent essentiellement des feuilles de *Sorghum bicolor* (L.). Le refus de la plante est dû à l'épaisseur des cires (Woodhead, 1983). Au laboratoire, si les cires sont enlevées de ces plantes par un solvant organique, et si elles sont alors présentées à l'insecte, celui-ci va procéder à la palpation de la surface du végétal. Dans les conditions naturelles les nymphes refusent d'ingérer les jeunes feuilles après avoir palpé la plante, par contre pour le feuillage âgé, le contact par les nymphes est suivi immédiatement de l'ingestion. Ceci est confirmé lorsqu'on pratique un enlèvement de la couche de cires épicuticulaires qui recouvrent les jeunes feuilles (Albert et Guertin, 1992). Selon ces derniers auteurs les sensilles chimioréceptrices des pièces buccales semblent jouer un rôle important dans la perception de ces cires et par une simple évaluation de ces constituants chimiques l'insecte décide d'accepter ou non la plante.

❖ La texture

Les signaux morphologiques sont par exemple des reliefs comme les nervures ou les crevasses sur les feuilles. Celles-ci peuvent guider la femelle dans le placement de ses œufs ou bien stimuler un comportement locomoteur particulier de l'insecte (Luttge, 1971). Dès qu'un insecte établit un contact, il rompt les glandes trichomiales, un exsudat clair est sécrété et rapidement transformé par oxydation phénolique en une substance dure qui retient les tarses (Ryan *et al.*, 1982). Les *Solanacées* sauvages utilisent cette caractéristique pour empêcher ou freiner le développement ou le taux de reproduction du doryphore, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (*Coleoptera*, *Chrysomelidae*) (De Oliveira, 1992).

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). Les résultats obtenus par Kumar en 1992 montrent que la résistance des cultivars de maïs au *Chylopartellus sp.* (Swinhoe) (*Lepidoptera*, *Pyrallidae*) est attribuée à la présence des trichomes en grande densité sur la surface des feuilles (Calatayud *et al.*, 2008).

Pour l'eudémis de la vigne, *Lobesia botrana* (*Lepidoptera*, *Tortricidae*); la texture semble être une information importante dans le choix du site de ponte, comme c'est le cas d'ailleurs chez la plupart des papillons hétérocères (Ramaswamy, 1988). D'après Marchal (1912), une nature lisse et fraîche est nécessaire pour que la femelle accepte de pondre. La perception d'une surface lisse inciterait les femelles à évaluer le support de manière plus approfondie, alors que la perception d'une surface rugueuse ou pileuse bloquerait sa séquence comportementale, entraînant le retour à une étape précédente.

Le Tableau 7 montre quelques exemples de caractéristiques physiques de la plante qui affectent la sélection de la plante-hôte par les insectes.

Tableau 7 : Exemples de quelques caractéristiques physiques de la plante qui affectent la sélection de la plante-hôte par les insectes de trois ordres : Lépidoptères, Hémiptères et Coléoptères.

caractéristiques physiques de la plante	Espèces des plantes	Insectes affectés	Larves (L)/Adulte (A)
Trichomes (non glandulaires)	Soja Coton Fraise	<i>Trichoplusia ni</i> (Lépidoptère). <i>Lygus hespersis</i> (Hémiptère). <i>Othiorhynchus sulcatus</i> (Coléoptère).	L L+A A
Epaisseur des tissus Gousse Tiges Feuilles	Soja Tomate Moutarde	<i>Grapholita glycinivorella</i> (Lépidoptère). <i>Macrosiphum euphorbiae</i> (Hémiptère). <i>Phaedon cochleariae</i> (coléoptère).	L A L
Microstructure des cires	Chou Framboise Moutarde	<i>Piris rapae</i> (Lépidoptère). <i>Amphorophora rubi</i> (Homoptère). <i>Phaedon cochleariae</i> (Coléoptère).	L A A

(Schoonhoven *et al.*, 1998).

3.2- Les stimuli chimiques

Les substances constituant l'information chimique sont appelées médiateurs chimiques ou des sémiocimiques (Strebler, 1989 ; Nordlund, 1981). Elles complètent l'information physique pour former l'image sensorielle d'une plante-hôte recherchée par l'insecte (Maher, 2002).

A partir des années 60 et 70, ces médiateurs chimiques ont été classés en fonction de leur action comportementale et/ou physiologique exercée sur les êtres vivants (Strebler, 1989). En effet, l'influence de substances produites par des plantes-hôtes et non-hôtes sur la préférence de ponte d'insectes phytophages a été montrée par différentes études (Derridj *et al.*, 1991 ; Foster et Harris, 1992 ; Degen et Städler, 1998 ; Carter et Feeny, 1999 ; Städler *et al.*, 2002). Leur classification et définition sont résumés dans la Figure 22 (Nordlund, 1981 ; Strebler, 1989).

3.2.1- Les substances volatiles ou faiblement volatiles

Les odeurs perçues à faible distance par un insecte posé sur la plante sont principalement concentrées dans une couche limite d'aire, relativement immobile, d'une épaisseur de 1 à 2 mm à la surface de la plante (Bernays et Chapman, 1994). Les cires épicuticulaires pourraient relâcher lentement des substances volatiles en favorisant la saturation de cette couche d'aire limite (Städler, 1986), comme elles pourraient aussi adsorber des substances volatiles de l'environnement (Eigenbrode, 1996).

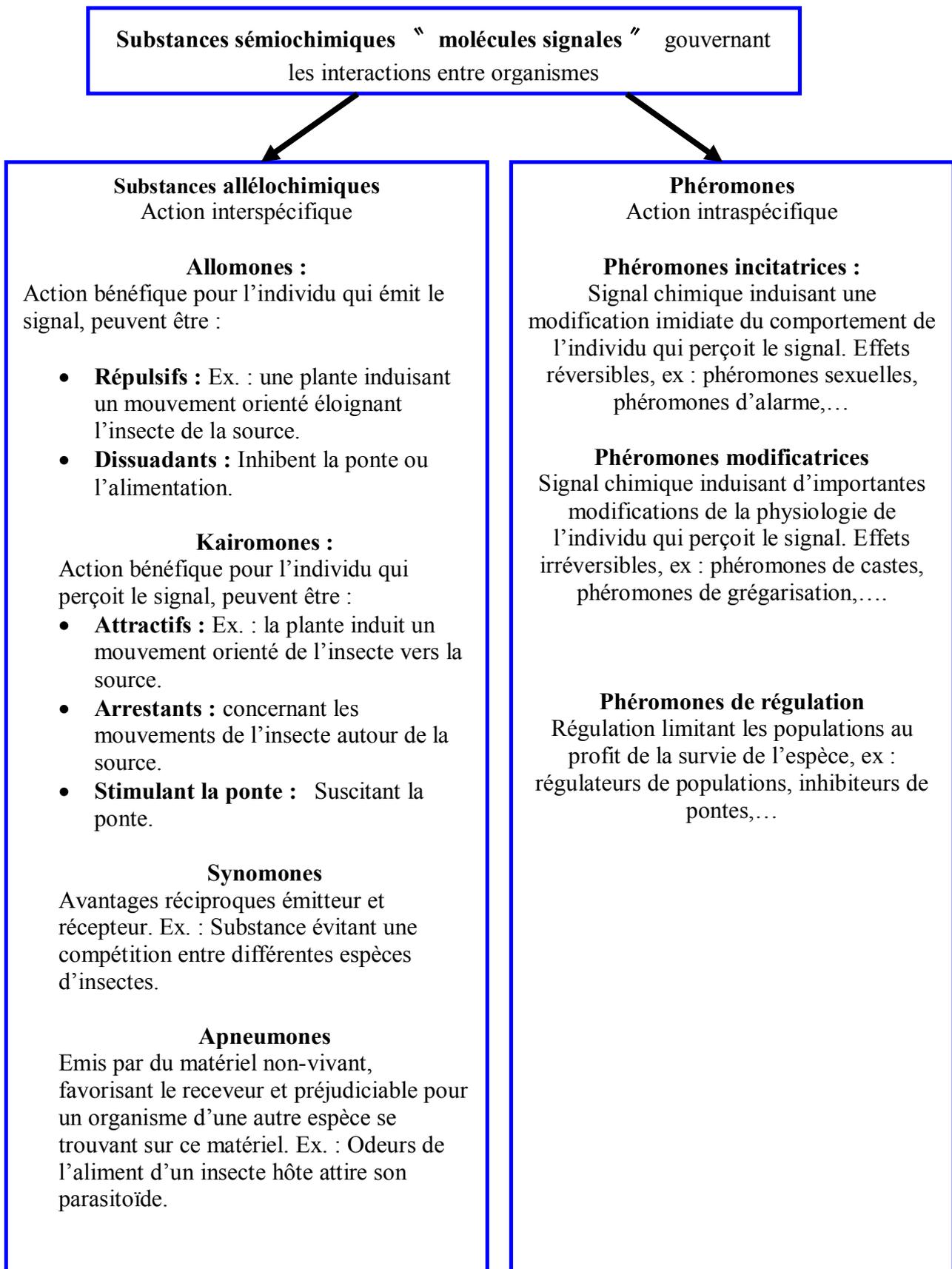


Figure 22: Les différents types de médiateurs chimiques (Dethier *et al.*, 1960 ; Nordlund, 1981 ; Strebler, 1989).

Chez le carpocapse et selon Wearing *et al.*, (1973) ; Yan *et al.*, (1999) ; Hern et Dorn, (1999, 2001a) ; et Hughes *et al.*, (2002), l'olfaction joue un rôle très important dans la localisation de la plante-hôte. Plusieurs études montrent l'importance de l'odeur du pommier dans l'attraction des chenilles néonates ainsi que son effet stimulant sur la ponte des femelles mises en cage. Il semble être le facteur principal attractif des femelles au site de ponte (Hughes *et al.*, 2002). Les fruits et les feuilles du pommier émettent un mélange complexe de composants (Boevé *et al.*, 1996). Bengtsson *et al.*, (2001) montrent qu'il y a 9 composés volatils issus des branches, feuilles et des pommes vertes engendrant des réponses antennaires de *C. pomonella*. Il s'agit du méthyl salicylate, (E)- β -farnésène, fi-caryophyllène, 4,8-diméthyl-1,3(E), 7-nonatriène, (Z)-3-hescénol, (Z,E)- α -farnésène, linalool, germacrene D, et (E,E)- α -farnésène.

Les mêmes auteurs signalent que (E,E)- α -farnésène, est le composant le plus important des pommes qui stimule l'oviposition des femelles et l'orientation des larves. Sa production se fait principalement au niveau de l'épiderme et la couche de cire de la pomme (Boevé *et al.*, 1996).

Yan *et al.*, (1999) mentionnent que les femelles du carpocapse sont attirées au site de ponte par des composés volatils à distance qui peut aller jusqu'à 1.5 cm dans une aire calme (Sutherland, 1972 cité par Hughes *et al.*, 2002) et lorsqu'il y a des mouvements d'air, la distance s'agrandit (Landolt *et al.*, 2000). Yan *et al.*, (1999), ajoutent que la présence des substances volatiles du pommier augmente d'une part le début de la libération du phéromone et d'autre part provoque la maturation des œufs déposés en plus de la stimulation de la ponte chez les femelles gravides.

3.2.2- Les substances de contact non-volatiles

Les substances non-volatiles que l'insecte perçoit par contact seraient imbriquées plus ou moins profondément dans la couche de cires recouvrant la surface du végétal (Städler, 1986). En effet, divers composés autres que les cires peuvent être dans ces cires épicuticulaires (Bringe *et al.*, 2006), certains pouvant être polaires. Chez les insectes polyphages, qui n'ont pas de comportement spécifique pour rompre la cuticule (Ex. : tombourinage de la surface avec les pattes) et dont l'adulte ne mord pas les tissus, seuls les composés de surface peuvent être perçus au moment de la ponte. L'acceptation ou le rejet d'une plante seraient donc basés sur les composés de surface plutôt que sur la composition interne et la valeur nutritionnelle de la plante pour la descendance (Städler, 1986).

Selon Städler (2002), la concentration des substances actives à la surface des plantes serait très faible et leur distribution ne serait pas uniforme. Ceci expliquerait pourquoi le seuil de sensibilité des chémorécepteurs des insectes est souvent si bas et pourquoi les femelles

” inspectent ” soigneusement la surface des plantes avant de pondre par des comportements particuliers de marche, de palpation ou d’antennation (Städler, 1986). A titre d’exemple, des stimulants de ponte identifiés pour la mouche *Delia radicum* (Diptera, Anthomyiidae) peuvent être détectés à partir 10^{-11} M (Roessingh *et al.*, 1997) et à partir de 10^{-4} M pour le papillon *Pieris rapae* (Lepidoptera, Pieridae) (Städler *et al.*, 1995 cité par Maher, 2002).

❖ Les métabolites secondaires

Les substances du métabolisme secondaire sont les meilleurs candidats pour ” représenter ” une plante car elles peuvent être caractéristiques de genres ou de familles de plantes soit par leur qualité, soit par leur dominance quantitative. Ces métabolites secondaires peuvent être définis comme « des composés d’origine végétale qui ne sont pas présents de manière universelle chez les plantes supérieures, mais qui sont restreints à certains taxons, ou se rencontrent chez certains groupes de plantes à des concentrations plus élevées que dans d’autres, et qui n’ont pas de signification nutritionnelle pour les insectes » (Schoonhoven, 1982).

En comparaison avec les métabolites primaires, les métabolites secondaires affichent une large gamme de composants. Il a été estimé que dans le monde végétal sont synthétisés plusieurs centaines de milliers de métabolites secondaires différents, mais seulement 100000 ont été identifiés (Schoonhoven *et al.*, 1998).

Dans le passé et jusqu’à la seconde moitié du XX^{ème} siècle, les métabolites secondaires étaient généralement considérés comme des déchets du métabolisme (Schoonhoven *et al.*, 1998).

Fraenkel (1958) lançait l’idée que les métabolites secondaires avaient un rôle dans les mécanismes de défense contre les insectes et les ennemis naturels. D’après Städler (2002), la majorité des composés identifiés actifs sur l’oviposition d’un insecte phytophage sont caractéristiques de la famille de la plante étudiée et proviennent le plus souvent du métabolisme secondaire (Ex. : glucosinolates, phénols, flavonoïdes, quinones, coumarines, di-, tri- et sesquiterpènes, stéroïdes, saponines, alcaloïdes).

❖ Les métabolites primaires

Ils constituent la majeure partie de la biomasse végétale. La majorité des métabolites primaires comme les acides aminés, les acides organiques et les acides gras, interviennent dans les processus physiologiques fondamentaux des plantes, comme la biosynthèse des membranes

cellulaires, de la cuticule, de protéines enzymatiques et de structures..., ils forment une source de nutriments non négligeable pour les organismes herbivores (Lombarkia, 2002).

Plusieurs études ont également montré que des métabolites primaires, sucres, acides aminés, lipides, pouvaient influencer l'oviposition des insectes (Derridj *et al.*, 1996). Mais, comme ces composés sont ubiquitaires chez les plantes et leur concentration varie en fonction du stade phénologique, de l'âge et de l'état physiologique de la plante en plus des facteurs environnementaux (Schoonhoven *et al.*, 1998). Le rôle de ces substances pourrait alors être d'influencer la distribution des œufs entre différents organes ou entre différents individus d'une même espèce végétale hôte (Städler, 2002).

Les métabolites primaires peuvent agir comme autant d'indicateurs de l'espèce, de l'état physiologique, de l'âge ou du stade de croissance de la plante (Soldaat *et al.*, 1996). Lafon *et al.*, (1996) signalent que les métabolites primaires sont d'origine photosynthétique. Si on fournit au maïs du CO₂ marqué au ¹³C, on constate que les substances photosynthétiques formées, comme les sucres solubles, sont marquées au ¹³C. Ces sucres solubles apparaissent à la surface des feuilles dès la fin de fixation du CO₂ par la plante du maïs, et ceci en 30 minutes (Derridj et Wu, 1995).

En grande partie, l'information biochimique recueillie par l'insecte dépend de la diffusion des métabolites des tissus internes de la plante vers la surface. La barrière ultime régissant cette diffusion est la cuticule et ses propriétés de transfert (Ex. : la perméabilité) (Pignot, 1998).

La cuticule est une fine structure extracellulaire protectrice recouvrant l'épiderme foliaire, joue un rôle de première importance dans les transferts s'effectuant entre la plante et son environnement aérien (Schoonhoven *et al.*, 1998). Les variations entre espèces sont souvent importantes. Elles ne dépendent pas de l'épaisseur des cuticules mais plutôt de leur différence de microstructure et de composition chimique. Ces paramètres interfèrent aussi sur le comportement de l'insecte, son oviposition et le choix de la plante-hôte (Städler, 1986).

La cuticule, par sa structure riche en cires, est une membrane nettement lipophile. Elle présente peu d'affinité pour l'eau et les molécules hydrosolubles (Riederer et Schreiber, 1995). Elle limite les pertes, que ce soient les pertes d'eau par transpiration ou les pertes d'éléments minéraux, dont la transpiration cuticulaire représente en général 5 % de la transpiration foliaire totale (Stammitti *et al.*, 1995).

Son épaisseur varie généralement entre 0.1 µm et 20 µm où les cires cuticulaire présentent 1 à 10 % de la cuticule totale (Backer, 1982 cité par Bringe *et al.*, 2006).

D'après Jeffree (1996), la cuticule est ordonnée en diverses couches qui sont différenciables par leur ontogénie, ultrastructure et composition chimique. De la surface externe vers l'intérieur de la feuille, on distingue les couches suivantes (Figure 23) :

- Les cires épicuticulaires (W) (très hydrophobes) ;
- La cuticule proprement dite ou cuticule primaire (CP) ;
- La cuticule secondaire (CL) ;
- La lamelle de pectine (P).

Mehri (1995), signale que l'origine de ces substances hydrosolubles peut-être diverses :

- **Endogène** : dans ce cas les substances sont originaires de la cuticule et des tissus foliaires.
- **Exogène** : les substances provenant du milieu extérieur peuvent être issues du métabolisme des micro-organismes épiphytes, le miellat, de pollen, de poussière.

D'après Städler (2002), il semblerait qu'ils proviennent des tissus internes de l'organe où ils seraient stockés dans les vacuoles des cellules sous forme de glyco- ou glucosides (hétérosides) avant d'être transportés dans les espaces intercellulaires aqueux de l'apoplaste. Delà, ils atteindraient les cires épicuticulaires en migrant par diffusion passive à travers la cuticule (Stammitti *et al.*, 1995).

Bien que la perméabilité de la cuticule est plus grande pour des substances lipophiles que lipophobes, des composés même assez polaires peuvent être récupérés à la surface de feuilles par l'eau. Ce phénomène est connu sous le nom de " **Leaching** ", existe naturellement lorsque des substances de la plante sont lessivées par l'eau de pluie, de brouillard ou de rosée (Tukey, 1970). De nombreux composés organiques et inorganiques (sucres, sucres alcools, acides aminés, acides organiques, phénols, alcaloïdes, K^+ , Ca^{2+} ou Mg^{2+}) peuvent être lessivés quelque fois en grandes quantités à partir de tous les organes de la plante, en particulier lorsqu'ils sont matures et sénescents (Tukey, 1970).

Cependant, la cuticule n'est pas une barrière totalement imperméable à la pénétration ou l'extrusion de différents composés. Il existe une perméabilité cuticulaire à l'eau (Schönherr, 1976), aux gaz (Lendzian, 1982), aux ions (Ferrandon et Chamel, 1989) et aux produits phytosanitaires (Price, 1982) qui ont été abondamment étudiées. La perméabilité au sorbitol a été étudiée par Pignot en 1998.

La cuticule possède un pouvoir discriminant et spécifique dans le passage passif des sucres et acides aminés libres. Les acides gras à chaînes courtes (C_{16} ou C_{18}) favorisent le passage des sucres dès leur biosynthèse dans les tissus, avec une vitesse de 10^{-9} m/sec, sans dépense d'énergie de la part de la plante (Derridj et Wu, 1995).

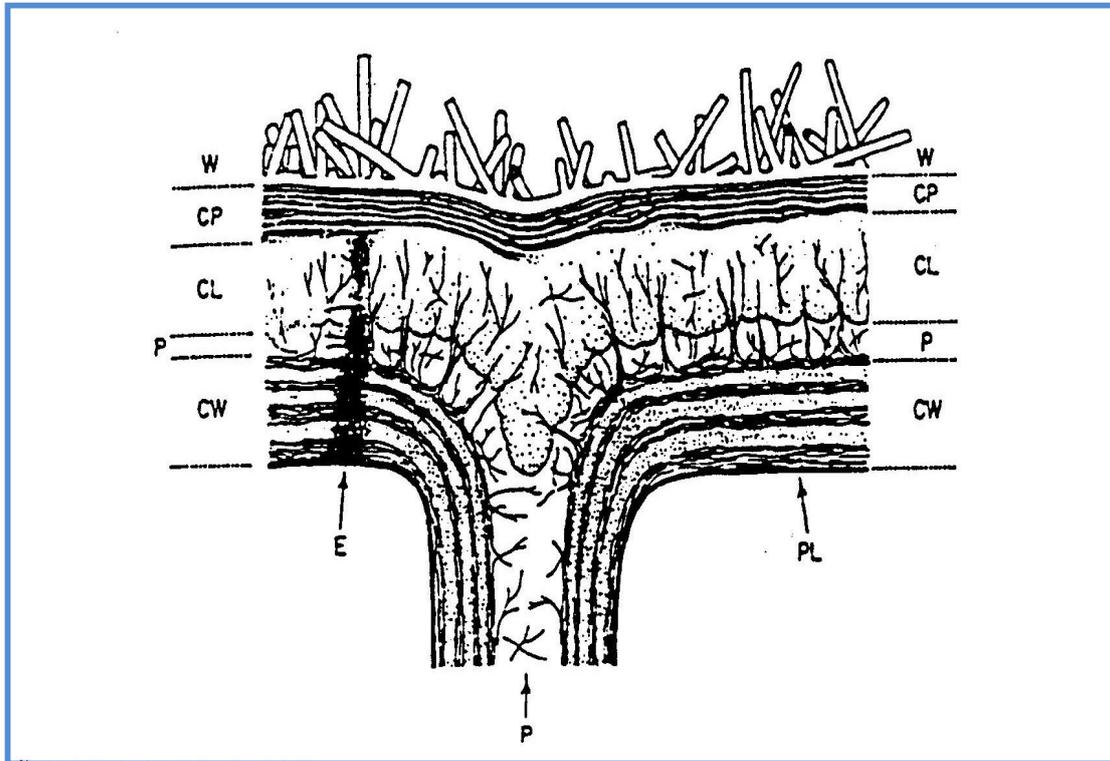


Figure 23 : Structure de la cuticule des plantes (Jeffree, 1996).

W : Cires épicuticulaires, **CP:** Cuticule primaire, **CL:** Cuticule secondaire, **P :** Pectine et lamelle moyenne, **CW:** Paroi cellulaire, **PL:** Plasmalemme.

Généralement, une molécule diffuse d'autant mieux à travers la cuticule qu'elle est de petite taille et apolaire. Avec des vitesses de diffusion de l'ordre de quelque nanomètres/seconde. Le niveau de concentration d'une substance en surface semble corrélé avec sa concentration dans l'apoplaste. Pour le glucose, par exemple, la durée de diffusion est de l'ordre de 4 heures (Stammitti, 1995).

4 - Le rôle des substances non-volatiles dans la sélection de la plante-hôte par le ravageur

4.1 - Le rôle des substances non-volatiles dans le comportement alimentaire

Plusieurs auteurs (Mattson, 1980 ; Bidon, 1993 ; McNeill et Southwood, 1978 ; Brewer *et al.*, 1985) signalent que l'azote et les sucres solubles sont deux groupes de composés nutritifs qui jouent un rôle primordial dans la croissance et le développement des insectes phytophages. L'azote

se trouve principalement sous forme de protéines ou acides aminés libre (Kumbaşlı, 2005). Les sucres sont la principale source d'énergie pour les insectes herbivores comme ils peuvent les utilisés en tant que phagostimulants (Schoonhoven *et al.*, 1998). Le saccharose et ses monosaccharides constitutifs, le fructose et le glucose, sont les phagostimulants les plus puissants. Ces sucres sont présents à des concentrations très élevées (2 à 10% du poids sec qui correspond à 10-50 mmol/l) dans les feuilles vertes et dans les fruits. Ils stimulent généralement la prise de nourriture d'une manière dose-dépendante (Schoonhoven *et al.*, 1998).

Streblér (1989), signale que la présence des holosides (fructose, glucose, saccharose, maltose) en plus grande quantité dans les feuilles de maïs augmente les quantités ingérées par la chenille de la pyrale.

Selon Bernays et Simpson (1982) cité par Robert (1986) le saccharose est l'un des phagostimulants le plus universels. Il stimule la prise de nourriture de plusieurs pucerons : *Myzus persicae*, *Brevicoryne brassicae* (L.), *Acyrtosiphon pisum* (Harris) (Cameau, 1992). Cependant, les fortes concentrations (supérieure à 10 %) peuvent réduire le taux d'alimentation de *Myzus persicae* (Mittler *et al.*, cité par Robert, 1989). Dans le même sens Kumbaşlı (2005), mentionne qu'en 1974, Harvey a montré que le sucre est reconnu pour augmenter le poids des adultes de *Christoneura fumiferana* (Clem.) (*Lepidoptera*, *Tortricidae*) et diminuer le temps de développement. Albert *et al.*, (1982) ont démontré le rôle phagostimulant du sucre sur ces larves par la stimulation des sensilles gustatives.

D'autres sucres (mélézitose, raffinose, glucose, galactose, maltose, tréhalose, sorbose) stimulent l'ingestion chez *Myzus persicae* (*Hemiptera*, *Aphididae*), généralement en synergie avec le saccharose, tandis que le mannose, le ribose, le rhamnose, et l'arabinose sont plutôt phagosdissuadants (Mittler *et al.*, cité par Robert, 1986).

Il existe une forte relation entre les performances de l'insecte et le taux des acides aminés (Kumbaşlı, 2005). En solution nutritive ou dans le végétale, les acides aminés présentent des effets multiples sur les pucerons, leur influence sur la croissance et la fécondité à été soulignée (Van Emden, 1973 cité par Robert, 1986). Plusieurs acides aminés possèdent une valeur phagostimulante et de ce fait agissent sur le comportement de sélection de la plante-hôte et d'alimentation (Robert, 1986). Les acides aminés interviennent dans le déclenchement de la prise alimentaire sur le végétal chez *Aphis fabae* (*Hemiptera*, *Aphididae*). Par leur pouvoir phagostimulant et leur qualité de nutriments, ils influencent la poursuite du comportement alimentaire, en jouant à la fois sur la valeur phagostimulante et la qualité nutritionnelle de la plante (Van Emden, 1973 cité par

Lombarkia, 2002). Romeis et Wäckers (2002), évoquent que le glucose provoque une réponse positive chez *Pieris brassicae* (*Lepidoptera*, *Pieridae*) stimulant son alimentation.

4.2 - Le rôle des substances non-volatiles dans le comportement de ponte

4.2.1 - Chez les Lépidoptères

Beaucoup de substances présentes à la surface des feuilles ayant un effet stimulant sur la ponte de la pyrale du maïs ont été identifiées. D'après Derridj et Wu (1995) les sucres (en non choix) stimulent la ponte et, en particulier le fructose. Le glucose ayant un effet plutôt dissuasif. En conditions de choix, l'insecte préfère pondre sur le support deux fois plus riche en sucres (fructose, glucose et saccharose), que la moyenne observée sur maïs cultivé en serre. Ils ajoutent aussi que les cations (Calcium, Sodium, Potassium) stimulent aussi la ponte d'*Ostrinia nubilalis* (*Lepidoptera*, *Tortricidae*) et lorsque l'on ajoute à ceux-ci, des sucres (fructoses, glucose et saccharose) en très faible quantités (inactives sans les sels), l'effet des cations est augmenté. Il existe donc une synergie entre les sucres et les cations.

Derridj et Fiala (1983) ont démontré que le choix du site de ponte de la pyrale du maïs est corrélé positivement à la teneur en sucre du feuillage. La pyrale est donc stimulée par les sucres en particulier le fructose, dans un environnement plus général constitué d'un ensemble de sucres (saccharose, glucose).

Chez le carpocapse, Lombarkia et Derridj, (2008) ont déterminé que la résistance est liée à de plus faibles quantités de métabolites de surface par la comparaison entre deux hybrides de pommier l'un résistant (X65-11) et l'autre sensible (P5R50A4). Cependant, la composition globale en sucre et le rapport fructose / sorbitol ont également une influence importante.

La modification de la composition en métabolites de surface semble également perturber la distribution des œufs au niveau des différents organes et parties de la plante. Ainsi, en situation normale, 90% des œufs sont déposés à moins de 20 cm d'un fruit (Lombarkia, 2002).

Hora et Roessingh (1999), signalent que plusieurs substances de surface de la plante-hôte ont une influence sur *Acrolepiopsis assectella* (*Plutellidae*), *Plutella scylostella* (*Plutellidae*) et *Yponomeuta cagnagellus* (*Yponomeutidae*) en stimulant la ponte.

Beaucoup de substances présentes à la surface des feuilles ayant un effet stimulant sur la ponte des *Papilionidae* ont été identifiées (Nishida *et al.*, 1987). Romeis et Wäckers (2002),

confirment qu'un mélange des composés (acides aminés et sucres) est responsable pour l'identification de l'hôte par *Pieris brassicae* (*Lepidoptera*, *Pieridae*) et la stimulation de ponte.

4.2.2 - Chez les autres insectes

Robert (1986), précise que *Delia radicum* (*Diptera*, *Anthomyiidae*) reconnaît sa plante-hôte après l'atterrissage, par la perception des glucosinolates au niveau de récepteurs de contact des tarsi qui n'existent pas chez les mâles. Ensuite, les femelles stimulées par les kairomones de contact, se déplacent sur les feuilles puis descendent sur le sol à la base de la tige. Les œufs ne sont pas déposés sur la plante, mais à proximité de celle-ci, dans le sol s'il présente des qualités granuleuses particulières perçues tactilement au niveau de l'ovipositeur. Le dépôt des œufs est induit par les glucosinolates ; les composés volatils des crucifères jouent alors un rôle de synergie.

L'insecte est soumis donc à un ensemble de stimuli de nature physique et chimique qui peuvent guider les différentes phases du comportement de ponte depuis l'atterrissage de l'insecte sur sa plante-hôte et jusqu'à le dépôt des œufs.

- Conclusion de la partie bibliographique

Actuellement la lutte contre le carpocapse en Algérie réside seulement dans l'utilisation abusive de différents types d'insecticides. Par contre, en Europe et aux Etats Unis reste un enjeu économique, agronomique et environnemental majeur de la production des pommes.

L'augmentation du nombre de traitements chimiques et des frais ; à prévoir l'échec de la lutte chimique. Ce qui est expliqué par la suite par le problème de la résistance aux insecticides. La lutte biologique n'est, quant à elle, envisageable que sur des populations faibles de l'insecte. L'urgence du développement de nouvelles méthodes de lutte pour compléter les autres méthodes déjà existantes est donc reconnue. L'une des méthodes consisterait à perturber le comportement de ponte de l'insecte. Elle pourrait être utilisée en protection intégrée du pommier contre le carpocapse, par l'utilisation des variétés résistantes par exemple.

Deuxième chapitre
Présentation des régions

I- Situation géographique

Le travail que nous avons mené s'est déroulé au niveau de deux vergers situés l'un dans la commune d'Oued Chaâba (Limbiridi) et l'autre dans la commune de Tazoult.

1 - Verger de Limbiridi

Le travail que nous avons mené s'est déroulé au niveau d'un verger, appartenant à un arboriculteur Mr. Merarda, situé dans la commune d'Oued Chaâba (Limbiridi). Elle est située à l'ouest de la wilaya de Batna est limitée administrativement :

- 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 24).

2 - Verger de Tazoult

Le travail que nous avons mené s'est déroulé au niveau du verger de la coopérative COO.P.S.P.E (COOPERATIVE DE PRODUCTION ET DE SERVICES DES PETITS ELEVAGES), situé dans la commune de Tazoult (Figure 24).

Cette commune, située au Sud-Est de la wilaya de Batna, est limitée administrativement comme suit (Anonyme, 1998) :

- au Nord par la commune d'Ouyoun-El Assafer ;
- à l'Est par la commune d'Oued Taga ;
- au Sud par la commune de Béni Fedhala ;
- à l'Ouest par la commune de Batna et Oued Chaâba.

II- Caractéristiques climatiques

D'après Ramade (1984), les facteurs climatiques importants à prendre en considération sont la température et la pluviométrie.

Les communes de Tazoult et Oued Chaâba ne disposent pas d'une station météorologique on peut par contre exploiter les données de la station météorologique de la wilaya de Batna (Aéroport Ben Boulaïd), qui est situé à une altitude de 827m entre 35° et 43° de latitude Nord et 621° de longitude Est.

1 - Les températures

Les données thermiques mensuelles enregistrées durant la campagne (2008 – 2009) figurent dans le Tableau 8.

L'analyse du Tableau 8 montre d'une part que la plus faible température moyenne durant les années 2008 et 2009, est enregistrée au mois de janvier avec 6.7 °C, considéré donc comme le mois le plus froid; d'autre part juillet est le mois le plus chaud avec une température moyenne de 28 °C.

Les données du tableau ci-dessous 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 12.55 C°, 18.05 C°, 24.2 C° et 26.4 C° respectivement, et depuis le mois d'Août la température est décroissante allant de 26.4 C° pour arriver à 22C° en Septembre.

Tableau 8 : Température mensuelle moyenne (C°) enregistrées pour la station d'Ain Skhouna durant les années 2008 et 2009

Paramètre	J	F	M	A	Mai	Ju.	Jt.	Ao.	S	O	N	D	T° moy annuelle (C°)
T° Max. (C°)	13.8	15	16.6	18.3	27.2	32.5	35.8	36.5	30.3	23.6	15.5	12	23.09
T° Min. (C°)	-0.5	1.6	2.5	6.8	8.9	15.9	17.7	16.3	13.7	10.8	4	1	8.23
T° moy. mensuelle (C°)	6.65	8.3	9.55	12.55	18.05	24.2	26.75	26.4	22	17.2	9.75	6.5	15.65

(Station météorologique d'Ain skhouna, 2010).

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

2 - La pluviométrie

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

Tableau 9: Précipitations mensuelles moyennes (mm) pour la station d'Ain Skhouna durant l'année 2008.

Paramètres	J	F	M	A	Mai	Ju.	Jt.	Ao.	S	O	N	D	Total
P (mm)	15.1	23.2	37.2	31.4	15.3	2.3	4.5	1.1	65.9	22.1	11.3	35.5	264.9

(Station météorologique d'Ain skhouna, 2010).

La lecture du tableau ci-dessus, révèle une irrégularité marquée dans la distribution des précipitations au niveau de la région d'étude.

Au cours de l'année 2008, la valeur la plus élevée atteint 65.9 mm en mois de septembre. Par contre, la plus faible moyenne des précipitations est de 1.1 mm relevée au mois d'août.

Les précipitations moyennes totales relevées au cours de la campagne d'étude sont de l'ordre de 264.9 mm, cette période est considérée comme moyennement pluvieuse.

3 – L'humidité relative

L'humidité enregistrée est supérieure à 50 % pendant neuf mois de l'année de septembre à mai (avec un pic en décembre 74.3%). Les mois de juin, juillet et août montrent les valeurs suivantes : 44.9 %, 37.9 % et 42.6 % par ordre ce qui les rend les mois les plus secs de l'année.

Tableau 10 : Humidité relative mensuelle moyenne (%) durant la période (1995-2007).

Paramètre	J	F	M	A	Mai	Ju.	Jt.	Ao.	S	O	N	D
HR (%)	73.9	68.3	61.3	58.8	54.5	44.9	37.9	42.6	56.8	60.0	66.7	74.3

(Station météorologique d'Ain skhouna, 2008).

4 - Les vents

Selon Seltzer (1946), le régime des vents est fonction des saisons. Dans la région de Batna, les vents dominants sont ceux du Nord et du Sud, très froid en hiver et très sec et chaud en Eté.

En plus de ces deux vents, le sirocco, vent chaud et sec, est également très fréquent dans la région. Le nombre moyen annuel de jours de Sirocco est de 17, atteignant une fréquence maximale en juin et juillet (Seltzer, 1946). Ceci influe directement sur la dynamique du carpacapse.

Tableau 11 : Vent mensuel moyen (m/s) durant la période (1995-2006).

Paramètres	J	F	M	A	Mai	Ju.	Jt.	Ao.	S	O	N	D
V (m/s)	3.11	3.36	3.53	4.01	3.78	3.88	3.78	3.61	3.28	2.98	3.39	3.31

(Station météorologique d'Ain skhouna, 2008).

Les vents qui soufflent dans la région sont faibles à modérés, avec une vitesse moyenne qui varie entre 2.98 m/s enregistrée en mois d'octobre à 4.01 m/s enregistrée en mois d'avril (Tableau 11).

5 - Synthèse climatique

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). Partant de ce principe, nous avons établi le diagramme ombrothermique pour la période 2008-2009 (Figure 25)

Le Tableau 12, illustre les valeurs moyennes des précipitations et températures pour une période de 2 ans. La Figure 25 met en évidence une période sèche qui s'étale du mois de mai au mois d'août et du mois d'octobre au mois de novembre. Une période humide du mois de décembre au mois d'avril et le mois de septembre.

Tableau 12 : Températures (C°) et précipitations (mm) mensuelles moyennes de la région de Batna durant la période d'étude (2008-2009).

Paramètres	J	F	M	A	Mai	Ju.	Jt.	Ao.	S	O	N	D
T° Max. (C°)	13.8	15	16.6	18.3	27.2	32.5	35.8	36.5	30.3	23.6	15.5	12
T° Min. (C°)	-0.5	1.6	2.5	6.8	8.9	15.9	17.7	16.3	13.7	10.8	4	1
T° moy. mensuelle (C°)	6.65	8.3	9.55	12.55	18.05	24.2	26.75	26.4	22	17.2	9.75	6.5
P (mm)	15.1	23.2	37.2	31.4	15.3	2.3	4.5	1.1	65.9	22.1	11.3	35.5

(Station météorologique d'Ain skhouna, 2010).

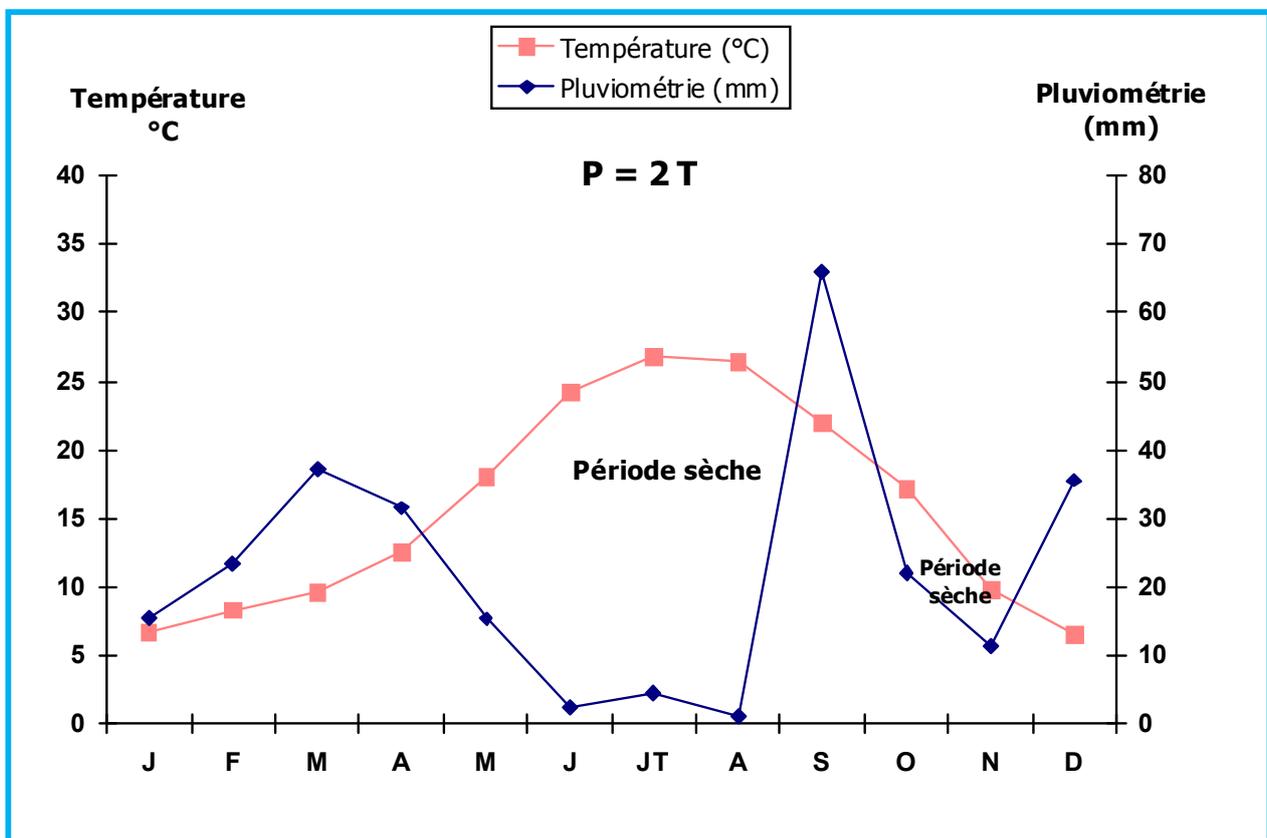


Figure 25 : Diagramme Ombrothermique de Gausson et Bagnouls

de la région de Batna durant la période allant de 2008 à 2009.

5.2 - Climagramme d'Emberger

Pour déterminer l'étage bioclimatique de la zone d'étude, nous avons utilisé le quotient pluviométrique (Q) amélioré par STEWART et donné par la formule suivante :

$$Q = 3.43 \times \frac{P}{M - m}$$

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 période allant de 2008 à 2009 sont rassemblées dans le Tableau 12. Avec : **P** = 264.9 mm ; **M** = 36.5 °C et **m** = - 0.5 °C.

Nous avons donc : **Q** = 24.55

L'observation du climagramme d'EMBERGER (1963), permet de situer la région dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver froid (Figure 26).

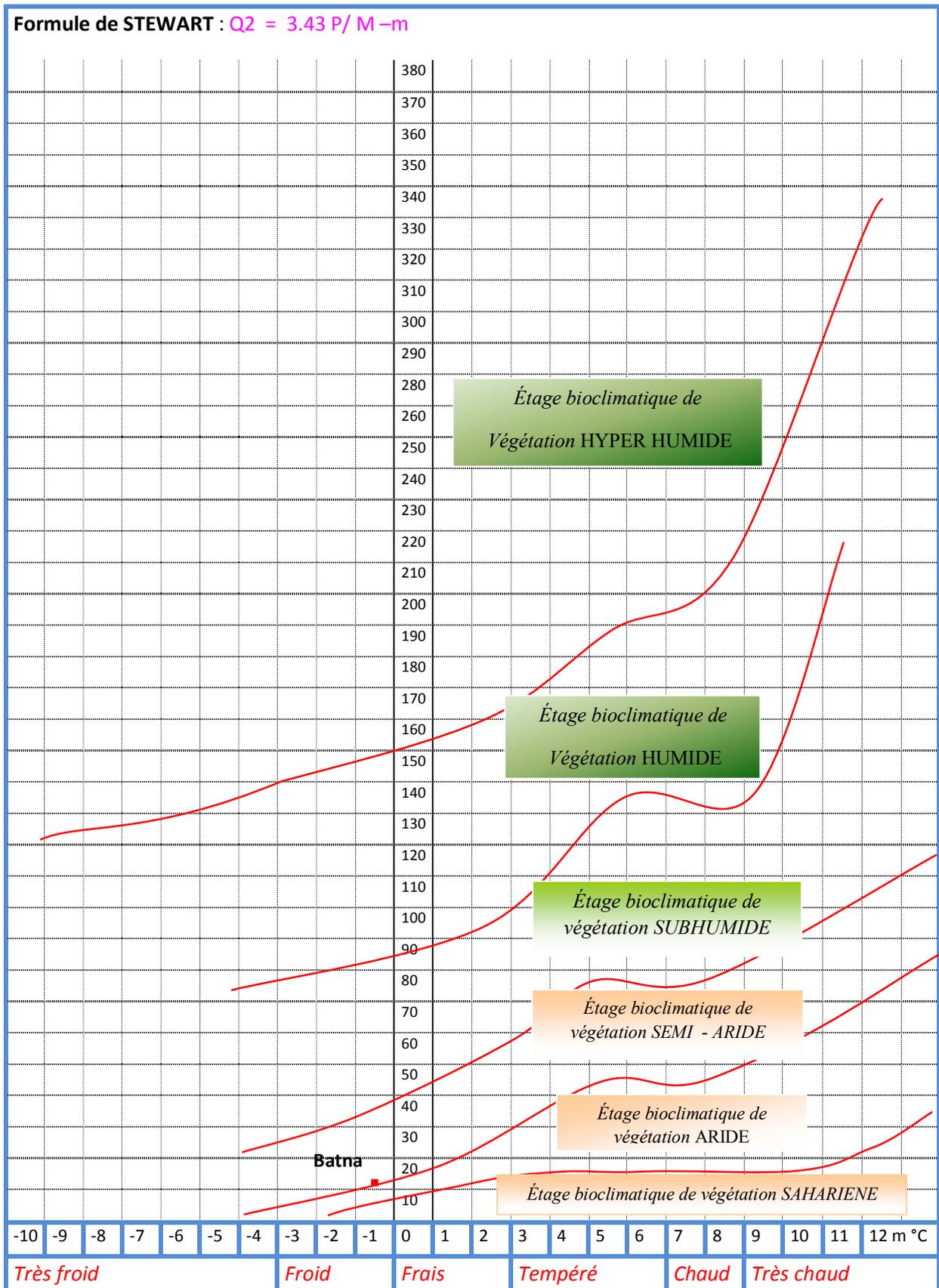


Figure 26: Situation de la région de Batna dans le Climagramme d'Emberger.

III - Présentation des vergers d'étude

1 - Verger de Limbiridi

1.1 - Présentation du verger d'étude

Le verger d'étude se situe à l'Ouest de la ville de Tazoult et Batna, à 600 m à l'Ouest du chef lieu de la commune d'Oued Chaâba sur la route nationale N° 03, reliant les villes de Batna et Ain-Touta. La plantation des plants fruitiers a été faite durant la campagne (1992-1993).

Le verger (Figure 27) occupe une surface de 1.54 hectare équipé d'un réseau d'irrigation de goutte à goutte alimenté par un seul forage d'un débit de 44 l/s. Notons aussi la présence d'un bassin d'eau d'une capacité de 1000 m³. Le pommier est la seule espèce présente avec trois variétés : Golden Delicious, Royal Gala et Starkrimson. En outre, nous signalons la présence des parcelles destinées pour la production de la luzerne, pour la céréaliculture et pour l'olivier à proximité de notre verger. Le verger ne subisse pas les entretiens nécessaire comme la taille, travaux du sol à l'exception de l'enfouissement des mauvaises herbes et la fertilisation (fumure de bovins), et surtout aucun traitement phytosanitaire n'est appliqué : la raison pour laquelle nous l'avons choisi.

1.2 - Présentation de la parcelle d'étude

La parcelle d'étude (Figure 28), que nous avons retenu pour la réalisation de notre travail, comporte trois variétés. Notre travail a été effectué sur deux variétés : Golden Delicious et Starkrimson, greffées sur un même porte-greffe vigoureux (MM 106). La distance de plantation est de 6 m x 5 m correspondant à une distance de plantation de 412 arbres/ha, les arbres sont conduits en forme libre. Le nombre total des plants dans la parcelle est 394 arbres, dont 222 arbres de Golden Delicious soit 56.34 %, 34 arbres de Starkrimson soit 8.63 %.

2 - Verger de Tazoult

2.1 - Présentation du verger d'étude

Le verger d'étude se situe au Nord de la commune de Tazoult sur la route nationale N°31, reliant les villes de Khenchela et Batna. Le verger (Figure 29) occupe une surface de six hectares équipé d'un réseau d'irrigation en goutte à goutte alimenté par un seul forage. Le pommier est l'espèce la plus dominante avec trois variétés : Golden Delicious, Royal Gala et Starkrimson, avec une surface de 2,08 ha. L'installation de plants fruitiers a été faite en 2001-2002 (Anonyme, 2003). Ils subissent les entretiens nécessaire comme la taille, travaux du sol (labour superficiel pour l'enfouissement des mauvaises herbes, le binage autour des pieds des arbres) et la fertilisation

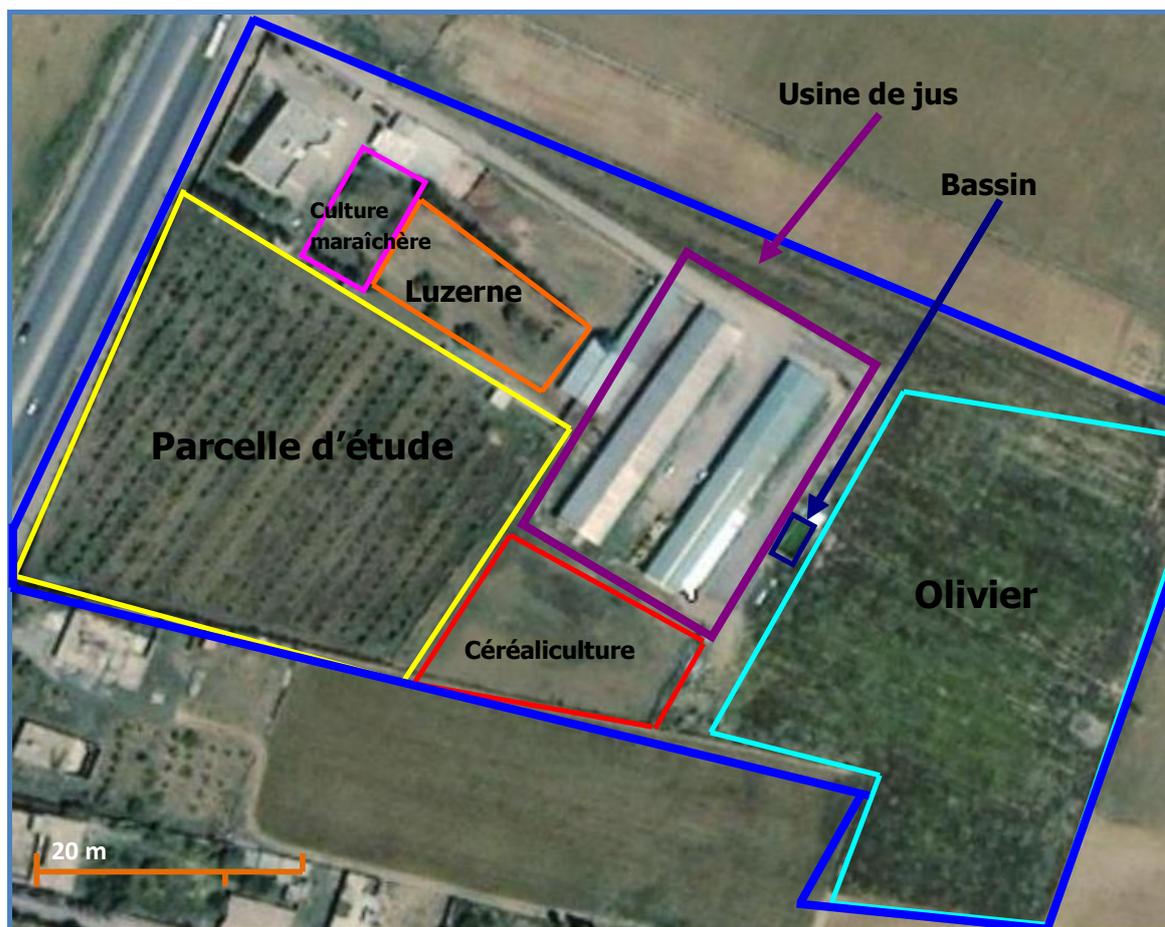


Figure 27 : Plan du verger d'étude (Google Earth, 2009).



Figure 28 : Vue générale de la parcelle d'étude (photo personnelle).

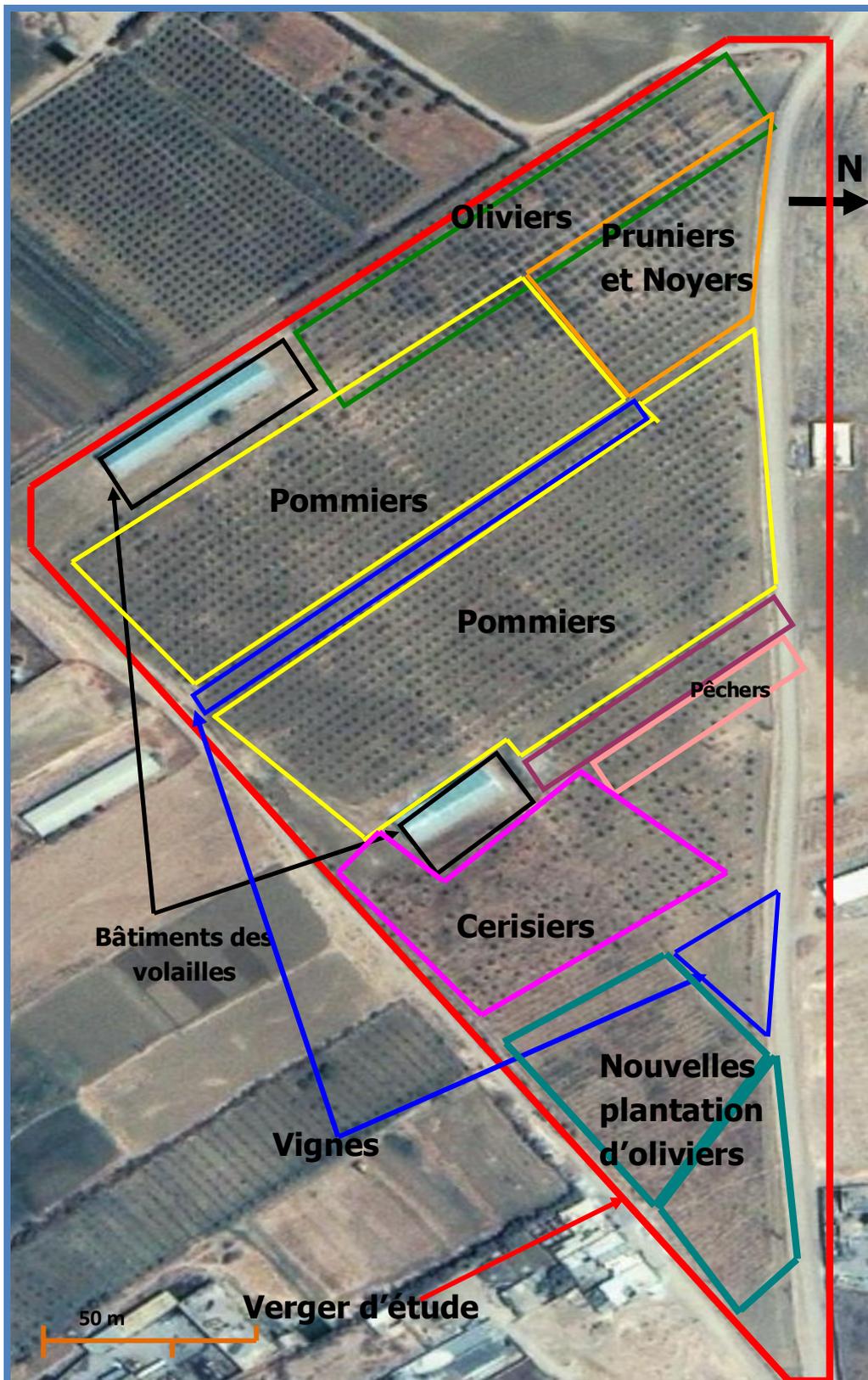


Figure 29 : Plan du verger d'étude (Google Earth, 2009).

par le fumure de volailles, aucun traitement phytosanitaire par contre n'est appliqué.

Le verger d'étude comprend d'autres espèces fruitières mentionnées dans le Tableau 13.

Tableau 13 : Les différentes espèces fruitières et le nombre de plants cultivées au niveau de la coopérative (COO.P.S.P.E) (Anonyme, 2003).

Espèces fruitières	Nombre des plants
Pommiers	1300
Poiriers	170
Pêchers	36
Cerisiers	280
Oliviers	200
Pruniers	295
Vignes	1000
Noyers	60

2.3 - Présentation de la parcelle d'étude

La parcelle comporte trois variétés de pommier rangées d'une manière aléatoire (Figures 30 et 31) : Golden Delicious, Royal Gala et Starkrimson, greffées sur un même porte-greffe vigoureux (MM 106). Conduite en forme libre avec une distance de plantation de 4 x 4 m.

Le nombre total des plants pour cette parcelle est 1300 arbres, dont la variété Golden Delicious représente 67 %, Royal Gala 20% et Starkrimson 13 %.



Figure 30 : Vue générale de la parcelle d'étude (photo personnelle).

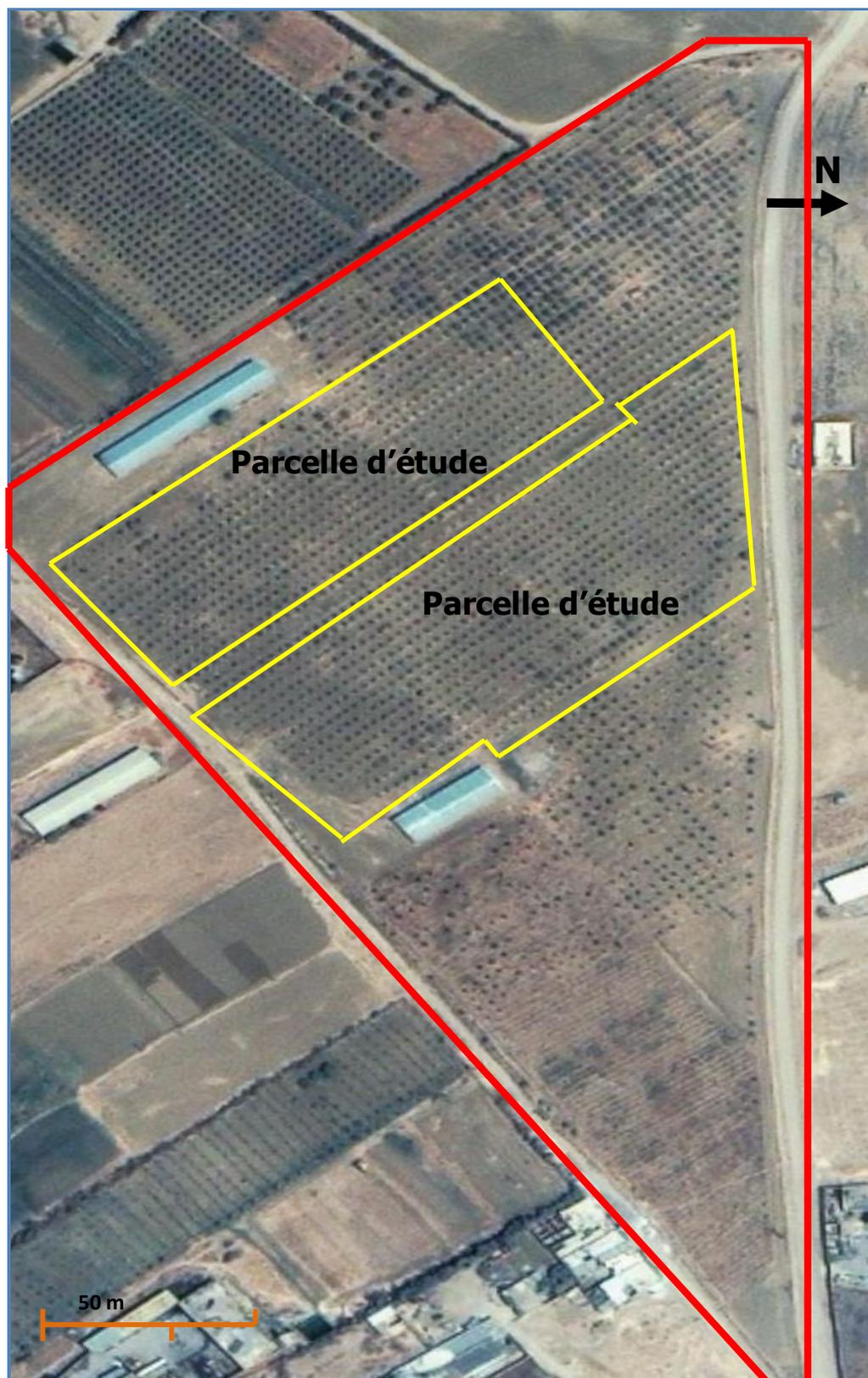


Figure 31: Plan de la parcelle d'étude (Google Earth, 2009).

Troisième chapitre
Matériels et méthodes

I - Matériels

1 - Matériel végétal

Deux variétés de pommier ont été utilisées dans notre travail :

1.1 - Golden Delicious

Elle a été découverte vers la fin du 19^{ème} siècle par Anderson Mullin de Clay sur une colline de West Virginia aux Etats Unis. Elle est issue d'un semis au hasard réalisé à la fin du 19^{ème} siècle. Grâce à ses grandes possibilités d'adaptation à des conditions climatiques très diverses, cette variété connaît un grand succès dès les années 50 (Figure 32). Sa culture est répandue dans plusieurs pays, en Algérie elle couvre 50% du verger de pommier (Zaidi, 1985). L'arbre est de vigueur moyenne, à port semi-érigé, se ramifie abondamment en prenant un port buissonnant. Avec l'âge, la vigueur diminue et l'arbre émet beaucoup de brindilles grêles (Gautier, 1988 ; Zaidi, 1985). En Algérie, la floraison se situe suivant les régions entre la fin mars et le début du mois de mai. L'arbre fructifie de préférence sur jeunes bois de 2-3 ans. La cueillette peut se réaliser environ 50 jours après le stade (F2). En Algérie, la récolte se déroule entre le 10 et 27 septembre (Semadi, 1976 ; Sapin, 1977). Le fruit est conique à chair fine, ferme et juteuse (Anonyme, 2001). Les arbres sont très sensibles à l'asphyxie racinaire, à la majorité des maladies à virus et moyennement sensibles à l'oïdium, la tavelure et le chancre (Gautier, 1988).

1.2 - Starkrimson

Cette variété appartient au groupe des Delicious rouge. L'origine de ce groupe se situe également aux USA, Etat d'Iowa vers 1881 (Gautier, 2001). Delicious occupe encore une place très importante dans le verger mondial, notamment aux Etats-Unis, mais elle est peu à peu supplantée par ses mutations : à l'heure actuelle, plus de 100 cultivars en sont issus, mais les deux plus célèbres sont : Starking Delicious et Richared (Anonyme, 1989). Il existe de très nombreuses mutations de Richared qui se distinguent essentiellement par la coloration du fruit (Figure 33) (Gautier, 2001), et parmi les types spures de Richared, la Starkrimson dont elle est découverte en 1961. L'arbre est de port semi-érigé, il se ramifie peu et la mise à fruit se fait sur des productions fruitières courtes (les spures précisément) qui se développent essentiellement sur le bois âgé de plus de deux ans (Trillot *et al.*, 1993). L'arbre est très productif et vieillit rapidement, ce qui impose certaines pratiques culturales comme l'éclaircissage et une fertilisation abondante (notamment azotée) (Anonyme, 1989).

Les arbres sont cultivés en verger non traité par les insecticides pour pouvoir collecter les insectes (un grand nombre : centaine) en juin et septembre. Pour l'observation du comportement de pont nous choisissons les arbres portant des fruits de préférence, 4 - 6 arbres pour chaque variété.



Figure 32 : Le fruit de Golden Delicious

(photo personnelle).



Figure 33 : Le fruit de Starkrimson

(photo personnelle).

2 – Matériel animal

Cette étude a été réalisée avec une souche sauvage de *C. pomonella*. Le carpocapse passe par plusieurs stades avant d'atteindre l'état adulte :

a - L'œuf

L'œuf est une minuscule lentille, aplati, très légèrement bombé en son centre (Coutin, 1960 ; Charmillot et Höhn, 2004), avec un chorion à texture réticulée sur les bords et granuleux sur le centre (Balachowsky et Mesnil, 1935 ; Chambon, 1986). Mesure environ de 1 à 1.3 mm de diamètre (Remend, 1996 ; Charmillot et Höhn, 2004). Déposé isolément ou par groupe de deux ou trois seulement (Coutin, 1960 ; Ayral, 1969).

Au moment du dépôt, l'œuf est blanc laiteux (Figure 34a), opalescent (Balachowsky et Mesnil, 1935). Deux à trois jours plus tard et au cours de l'incubation, apparaît un anneau rouge orangé et l'œuf perd son éclat : c'est le stade **anneau rouge** (Figure 34b). L'embryon qui se développe laisse apparaître peu à peu sa tête noire visible par transparence (capsule céphalique) (Figure 34c) (Balachowsky et Mesnil, 1935 ; Coutin, 1960). Coutin (1960), ajoute qu'avant l'éclosion la coloration rouge disparaît, la chenille se distingue nettement à travers l'enveloppe de l'œuf.

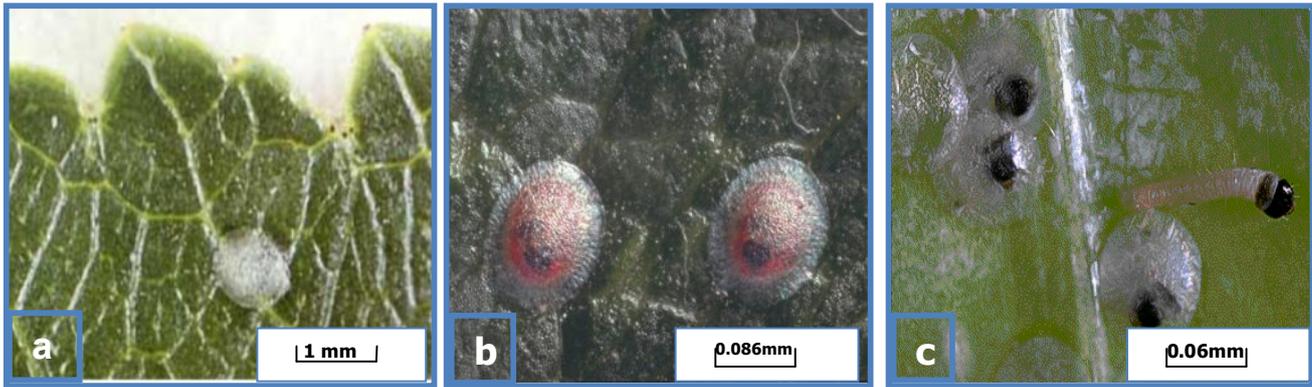


Figure 34 (a, b et c) : Stades d'œuf du carpocapse, (a) Œuf du carpocapse sur la face supérieure d'une feuille de pommier (Charmillot et Höhn, 2004), (b) Stade anneau rouge (Chambon, 1986) et (c) Stade point (tête) noir (Frankie Lam, 2000).

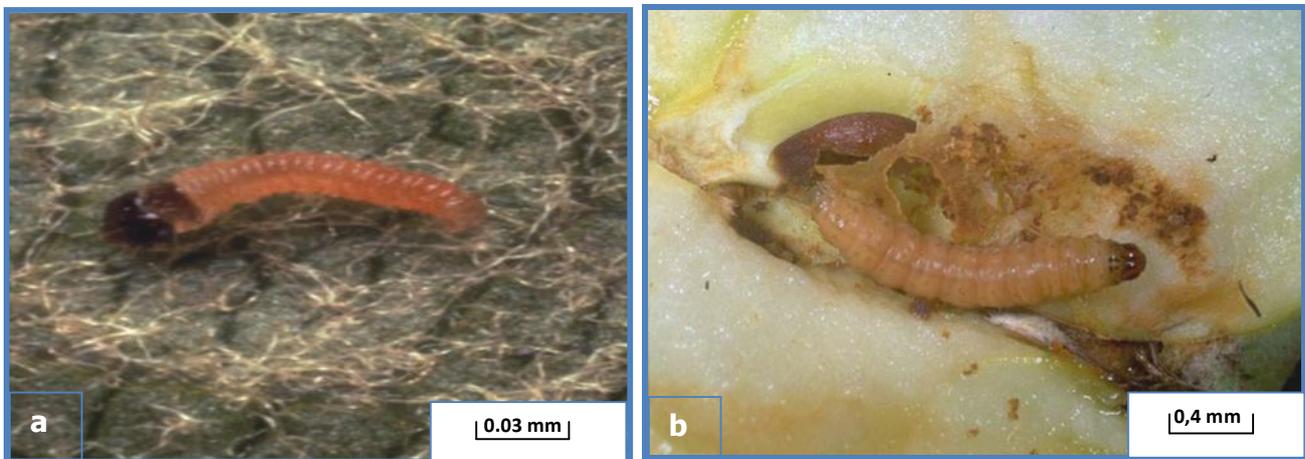


Figure 35 (a et b) : Larve du carpocapse, (a) Une larve de carpocapse au stade baladeur (Chambon, 1986) et (b) Une larve (L4) de carpocapse au sein d'une pomme (Bessin, 2003).

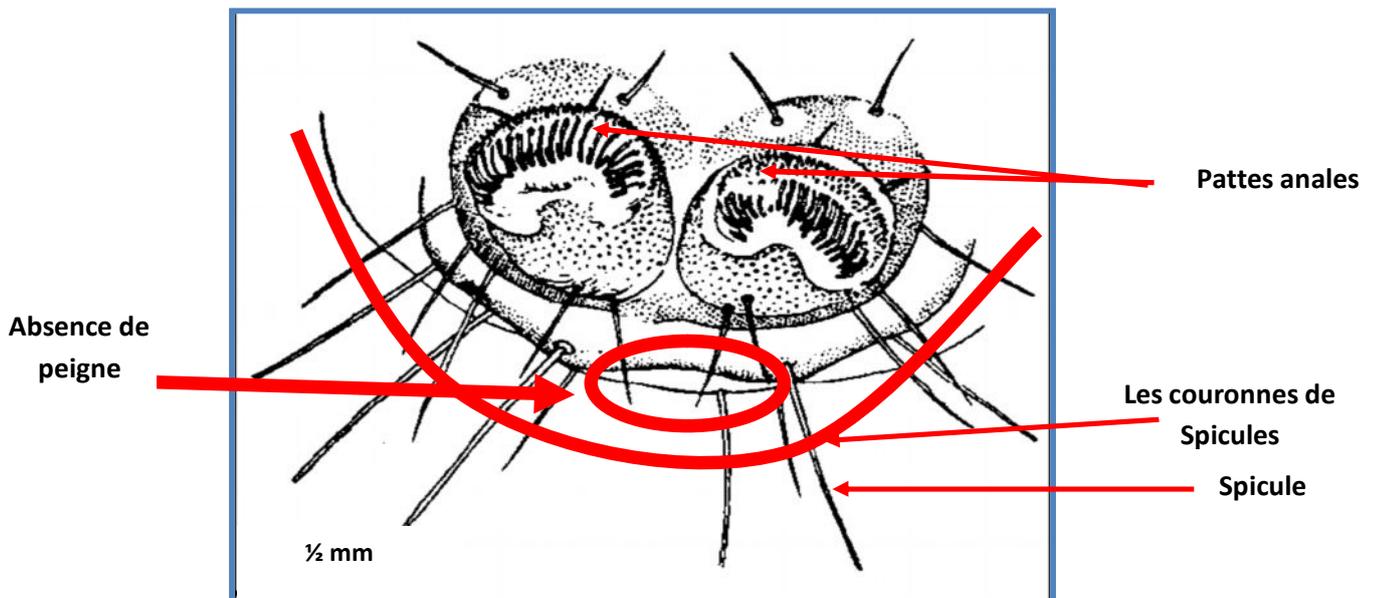


Figure 36 : Caractères microscopiques de la chenille de *C. pomonella* (Balachowsky et Mesnil, 1935).

b - La larve

À l'éclosion, la chenille a une couleur blanchâtre, avec la tête noire et une plaque thoracique brune (Coutin, 1960 ; Charmillot et Höhn, 2004, Remend, 1996). Coutin (1960), signale qu'elle mesure environ 14 mm de long. Elle passe par cinq stades successifs séparés par quatre mues larvaires (Balachowsky, 1966), durant sa croissance. A son complet développement elle atteint une longueur de 18 à 20 mm environ. Sa coloration devient crème à rose pâle et la tête est brune foncée (Coutin, 1960 ; Balachowsky et Mesnil, 1935 ; Balachowsky, 1966), les plaques prothoraciques et anales ont une couleur brune claire (Simon *et al.*, 1994) et plus ou moins maculées, pinaculum sombres, distincts (Chambon, 1986), sur chaque segment, l'on remarque des tubercules sombres plus ou moins lavés, d'où émergent des soies souples et fines (Balachowsky et Mesnil, 1935).

Les fausses pattes abdominales sont recourbées au nombre de 35 à 45, entourés de couronnes de spicules. Cependant, les fausses pattes anales sont formées par une rangée de crochets analogues, au nombre de 25 à 30, mais disposés en arc de cercle (Coutin, 1960).

A l'inverse de la chenille du carpocapse des prunes (*Cydia funebrana* Treits) et la tordeuse orientale du pêcher (*Cydia molesta*), la chenille de *C. pomonella* est dépourvue de peigne anal (Figures 35 et 36) (Chambon, 1986 ; Remend, 1996).

c - La chrysalide

Elle est de couleur jaune à brun foncé, mesure de 10 à 12 mm et entourée d'un cocon allongé soyeux tissé par la chenille du dernier stade (Figure 37 a et b) (Balachowsky et Mesnil, 1935 ; Charmillot et Höhn, 2004). Coutin (1960) et Gillot (2005), signalent que la nymphe porte dix segments abdominaux visibles, dont chaque segment porte sur la partie dorsale une double rangée de fines pointes dirigée vers l'extrémité postérieure du corps qui permettent à la nymphe par des mouvements de contorsion de sortir du cocon pour libérer le papillon.

Coutin (1960), ajoute que le dernier segment porte ventralement la trace de la fente anale et dorsalement une double couronne de 8 petites pointes et de 8 soies crochues. Les deux sexes se distinguent par la disposition des sillons génitaux visibles ventralement sur les nymphes. Sur la nymphe femelle, l'orifice de ponte porté par le 9^{ème} segment est confondu avec l'orifice d'accouplement, situé sur le 8^{ème}. Pour la nymphe mâle, le sillon génital visible sur le 9^{ème} segment est encadré de deux saillies arrondies.

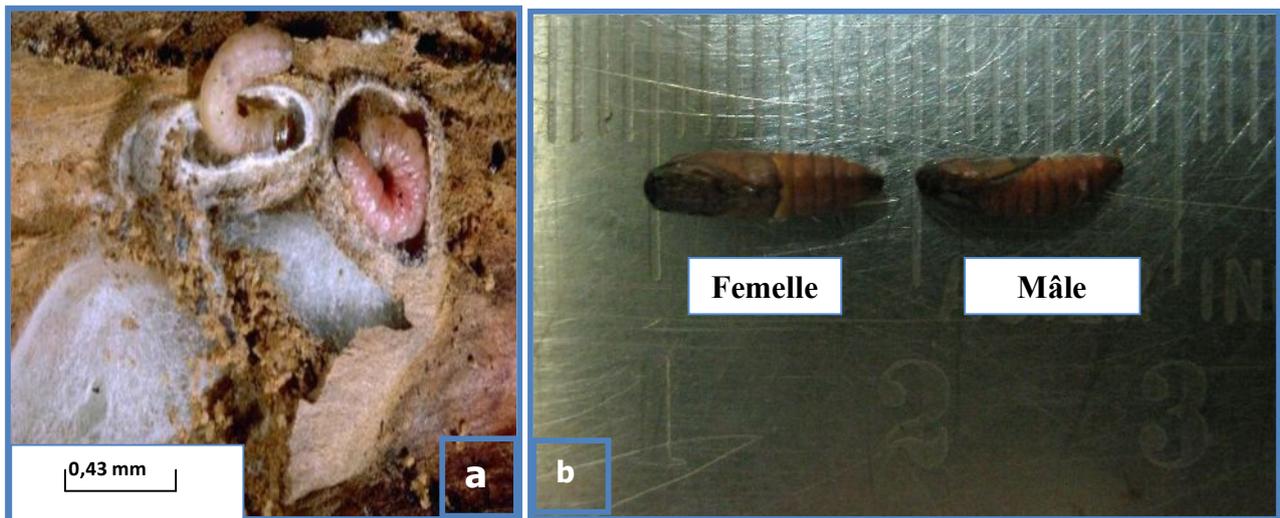
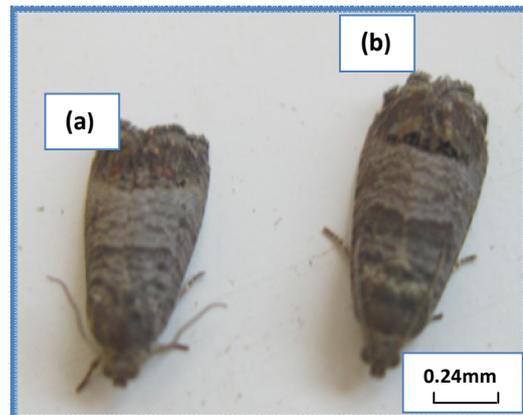


Figure 37 (a et b) : Stade de pupaison. **(a)** Larves en cours de se nymphoser (Frankie Lam, 2000), **(b)** Carpacse en chrysalide (mâle et femelle) (photo personnelle).

Figure 38 (a et b) : L'adulte du carpacse

(a) Le mâle et **(b)** La femelle
(photo personnelle)



d - L'adulte

Le carpacse adulte se distingue facilement par sa couleur et ne peut être confondu avec d'autres espèces du même genre (Figure 38) (Coutin, 1960 ; Chambon, 1996). C'est un papillon qui mesure de 15 à 20 mm d'envergure. Les antennes sont fines et filiformes (Ayrat, 1969).

Les ailes antérieures d'un gris cendré sont striées de fines lignes brunes, avec une tache brune caractéristique à leur extrémité bordée de deux lisérés bronzés à reflets métalliques en forme de parenthèse (Chambon, 1986 ; Charmillot et Höhn, 2004). Le bord des ailes porte une frange d'écailles fines et dorées. Les ailes postérieures sont d'un brun cuivré à reflets dorés finement ciliés sur leur pourtour. En dessous, les deux paires d'ailes sont d'une coloration uniforme cuivrée et satinée (Balachowsky et Mesnil, 1935 ; Coutin, 1960 ; Smith *et al.*, 1991).

Selon Balachowsky et Mesnil (1935), le thorax est couvert d'écailles gris fer, l'abdomen argenté en partie, dénudé sur la face dorsale. La coloration des papillons est assez constante mais on observe des formes claires et des formes foncées.

L'insecte est récupéré des vergers de Limbiridi et Tazoult à l'état de larves diapausantes issues des trois générations. Ce sont ces larves qui hivernent et qui donnent l'année suivante les papillons qui constituent le premier vol et qui constituent le matériel animal qu'on va utiliser pour l'observation du comportement de ponte chez les femelles.

3 - Autre matériels

3.1 - Dénombrement de ponte

- Sécateur ;
- Sacs plastiques ;
- Étiquettes ;
- Loupe binoculaire.

3.2 - L'observation du comportement de ponte

- **Une cage pour l'accouplement** : comme ce sont uniquement les insectes accouplés et qui pondent qu'on va utiliser dans l'étude, nous avons utilisé des cages pour les faire accoupler. Ce sont des cages en bois vitrés et grillagés (27 cm x 19 cm x 36 cm). Au centre du fond de chaque boîte est disposé un morceau de coton imbibé d'eau distillée pour permettre aux insectes de s'abreuver et maintenir une certaine humidité dans la cage (Figure 39).

- **Une cage pour l'observation** : une grande cage de tulle (1.5 m x 1.5 m x 3 m) de 1 mm de maille (Figure 40).

II - Méthode

1 - Dénombrement de ponte

1.1- Échantillonnage

Les dénombrements d'œufs sont effectués à trois dates (Tableau 14) qui correspondent aux périodes de maximum de ponte de la 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} génération de l'insecte dans les régions d'étude. Les échantillonnages de ponte sont effectués sur 25 arbres de chaque variété pour le verger de Limbiridi et 17 arbres de chaque variété pour le verger de Tazoult. A chacune des dates, vergers et variétés 125 rameaux, avec ou sans fruits, de 30 à 50 cm de long sont prélevés au hasard, soit 5 rameaux sur chaque arbre. Les prélèvements sont effectués entre 8h.00 et 9h.00. Le dénombrement des œufs s'effectue au laboratoire sous la loupe binoculaire. Les sites examinés sont : les faces

supérieure et inférieure des feuilles du corymbe, des feuilles hors du corymbe, les fruits et les rameaux (Lombarkia, 2002) (Figure 41).



Figure 39: Cage d'accouplement
(photos personnelle).



Figure 40 : Cage en tulle
(photos personnelle).

Tableau 14 : Dates de prélèvement des rameaux sur les deux variétés de pommier.

Pommiers	Limbiridi		Tazoult	
	Golden Delicious	Starkrimson	Golden Delicious	Starkrimson
1 ^{ier} prélèvement	18/05/2008		25/05/2008	
	20/05/2008			
2 ^{ème} prélèvement	06/07/2008		13/07/2008	
	08/07/2008			
3 ^{ème} prélèvement	27/08/2008		29/08/2008	
	28/08/2008			

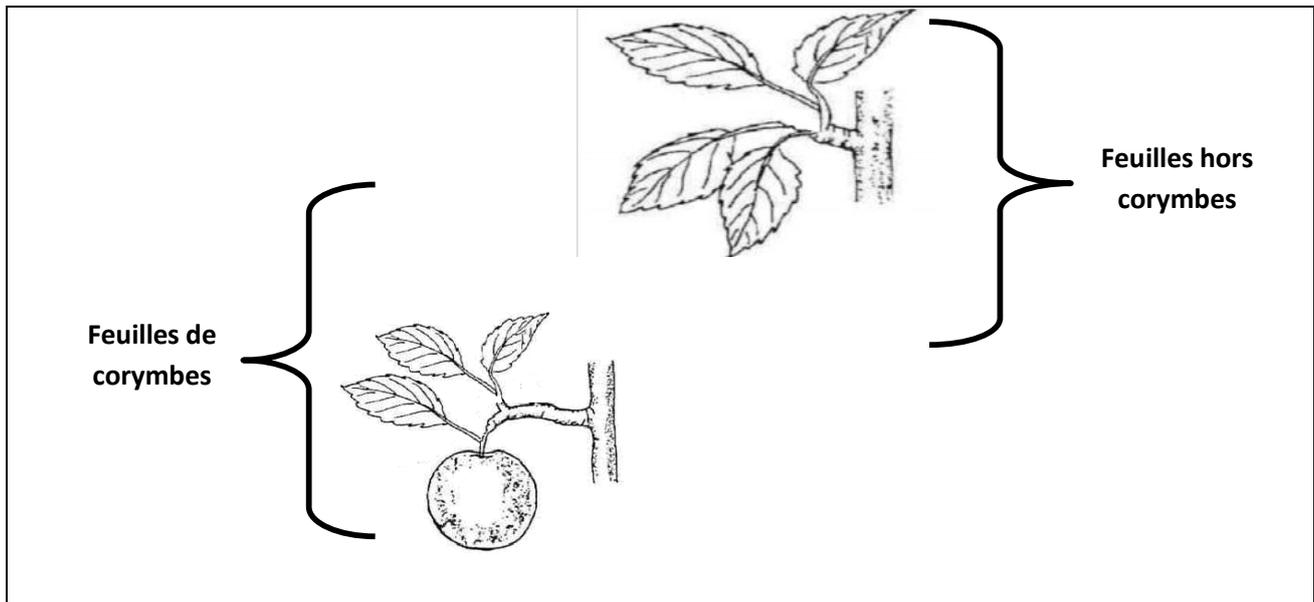


Figure 41 : Les deux types de feuilles étudiées (Lamonarca, 1985).

1.2- Dégâts larvaire au cours des trois vols

Des sorties ont été effectués au cours des trois vols et après la déposition et l'éclosion des pontes, on passant entre nos arbres étiquetés et observant les fruits attaqués par arbre à raison de 1000 fruits par variétés dans chaque verger.

1.3- Types des dégâts larvaires à la récolte

A la récolte, nous prenons 100 fruits attaqués par variété et dans chaque verger puis les examinés afin de préciser le type de dégâts.

2 - L'observation du comportement de ponte

2.1 - Récupération des larves diapausantes

Pour la récupération des insectes (mâles et femelles) une bande-piège en carton ondulé (15 cm de largeur et 60 cm de longueur) est installée par arbre (Figure 42).

Les bandes-pièges utilisées comportent 2 feuilles de cartons ondulés superposées recouvertes d'un grillage de polyéthylène. Les 3 couches sont rendues solidaires par un fil de fer. Le grillage a pour but d'empêcher les oiseaux de se nourrir des larves. Les bandes-pièges sont disposées autour de la base des troncs, près du sol. Elles sont mises en place le 06 et 08 mars 2008 dans le verger de Limbiridi et le 24 et 28 mars 2008 dans le verger de Tazoult et retirées pendant le

mois d'octobre 2008. La bande est alors déchirée pour prélever et conserver les larves diapausantes issues des trois générations dans des boîtes avec un couvercle bien troué (Figure 43). Puis les mètrent au réfrigérateur à une température basse (4°C) du mois d'Octobre 2008 au moi de mai 2009 date d'émergence des adultes du carpocapse dans la nature.

Figure 42 : Bandes pièges.



L'emplacement de la larve dans le couvercle



Figure 43 : Boîtes de conservation des larves de *C. pomonella*.

2.2 - Étude du comportement de ponte de l'insecte sur l'arbre

Cette étude est effectuée dans le verger de **Limbiridi** sous les conditions naturelles. L'observation est effectuée durant les trois vols de l'insecte (Tableau 15).

Tableau 15 : Dates et nombre de femelles observées sur Golden Delicious et Starkrimson.

Vol 1		Vol 2		Vol 3	
Du 19/05/2009 au 27/05/2009		Du 30/06/2009 au 05/07/2009		Du 7/09/2009 au 09/09/2009	
Nombre total de femelles utilisées		Nombre total de femelles utilisées		Nombre total de femelles utilisées	
Golden Delicious	Starkrimson	Golden Delicious	Starkrimson	Golden Delicious	Starkrimson
20	25	35	35	30	30

Vingt à trente cinq femelles ayant pondus après 48 h dans les cages sont lâchées ensemble sur l'arbre placé dans une grande cage (1.5 m x 1.5 m x 3 m) en tulle de 1 mm de maille. Les expériences sont conduites en condition de non-choix : 1 seul arbre dans la cage. La disposition des arbres utilisés lors l'observation est illustrée dans la Figure 44. La durée de l'observation a été fixée à une heure, temps durant lequel plus de 1/3 (33%) des femelles pondent sur l'arbre (Lombarkia, 2002).

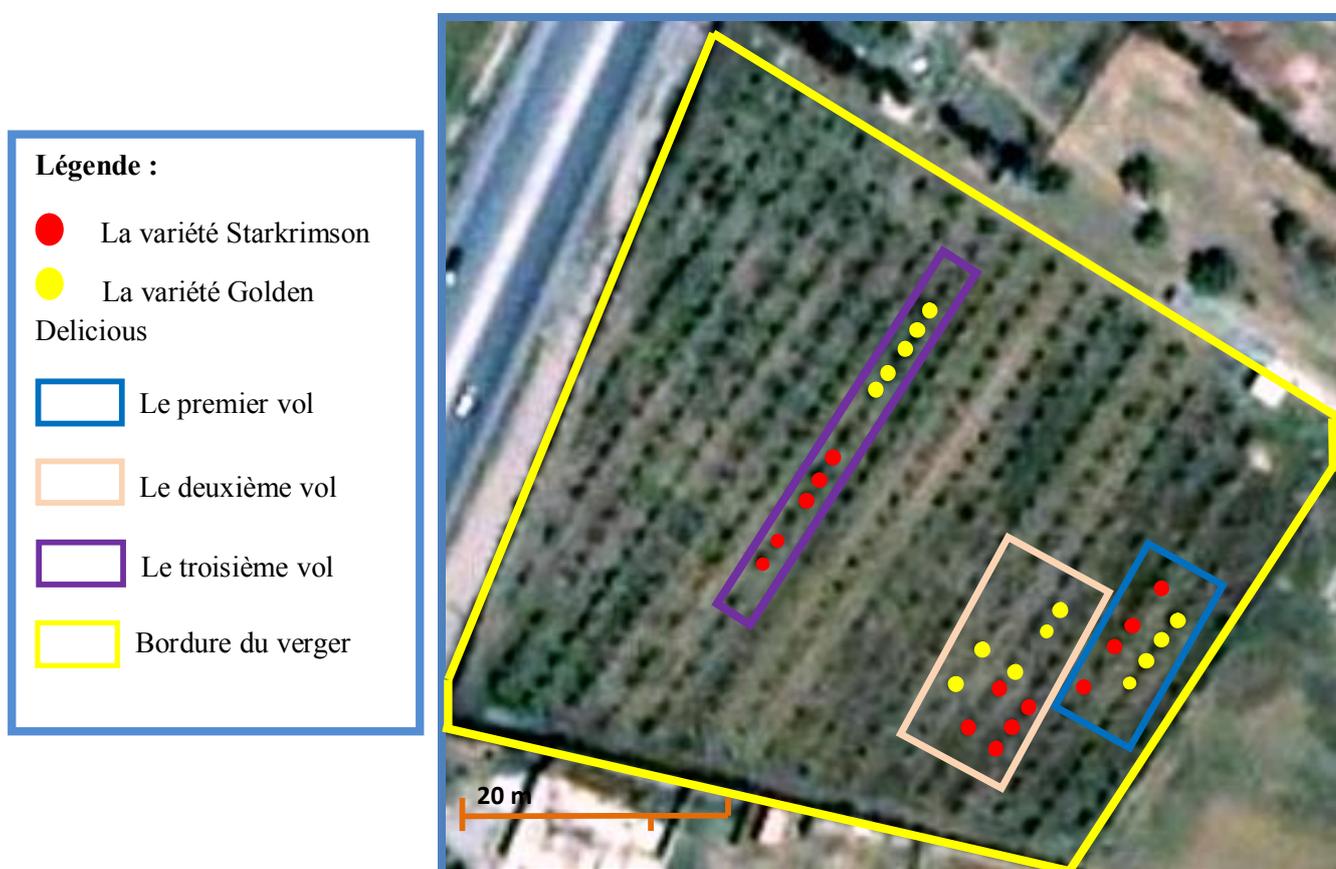


Figure 44 : Disposition des arbres utilisés pour l'observation du comportement de ponte du carpocapse (Google Earth, 2009).

Un magnétophone (Pearlcorder S 928) à microcassettes (TDK, MC-60) est utilisé pour enregistrer les comportements de la femelle dictés par l'observateur. Le traitement des données s'effectue sur un micro-ordinateur.

Neuf paramètres comportementaux sont saisis par ordinateur pour chaque femelle observée :

- **Durée de marche** (en sec) : pendant laquelle la femelle se déplace sur les différents organes du pommier.
- **Durée des arrêts** (en sec) : c'est le temps durant lequel l'insecte reste immobile sur les différents organes.
- **Nombre des arrêts** : c'est le nombre de fois où l'insecte est immobile sur le pommier.
- **Distance parcourue** (en cm) : prend en compte la totalité du chemin emprunté par la femelle sur l'arbre. Elle est mesurée en utilisant une règle.
- **Durée de marche avec balayage** (en sec) : temps durant lequel la femelle applique son ovipositeur sur le substrat et examine les différents organes de pommier tout en marchant.
- **Durée de balayage à l'arrêt** (en sec) : examen par l'ovipositeur durant l'arrêt de l'insecte.
- **Temps mis pour la ponte** (en sec) : laps de temps entre l'atterrissage de la femelle sur un organe et la ponte du premier œuf.

Les organes sur lesquels sont mesurés ces paramètres sont également notés.

Nous calculons également la :

- **Vitesse de déplacement en marchant** (en cm/sec) ;
- **Vitesse de déplacement lors du balayage en marchant** (en cm/sec) ;

Les observations du comportement de ponte sont faites en moyenne sur 5 femelles par lâcher et par jour jusqu'à avoir observé 30 femelles (soit 6 jours d'affilée).

3 - Analyses statistiques

3.1 - Dénombrement de ponte

Les résultats sont exprimés en : moyenne d'œufs par arbre, par organe, par face foliaire, par vol et par région d'étude. Le test-t de Student ($\alpha = 5 \%$) est utilisé pour la comparaison des moyennes.

3.2 - L'observation du comportement de ponte

Les comparaisons des durées moyennes de chaque comportement : marche, arrêt, balayage en marchant, balayage à l'arrêt ainsi que les distances parcourues et les vitesses de déplacement de chaque femelle sur les deux variétés ont été analysés par le test-t de Student au seuil de 5 %.

Dans nos conditions d'expérimentation comme dans les conditions naturelles, l'insecte pond généralement un seul œuf, rarement deux ou trois œufs groupés. Par conséquent, nous avons mis l'accent, dans l'analyse des résultats, sur le comportement de l'insecte depuis son atterrissage sur l'arbre jusqu'au premier œuf pondu.

Quatrième chapitre
Résultats et discussion

I - Dénombrement de ponte de *Cydia pomonella* (L.) sur deux variétés de pommier

1 - Résultats

1.1 - Dénombrement des pontes par arbre sur les deux variétés et dans les deux régions d'études

Les résultats présentés dans les Figures 45, 46 et 47 (B) montrent que le nombre moyen d'œufs déposé par arbre est plus élevé sur Golden Delicious que sur Starkrimson au 2^{ème} et 3^{ème} vol (environ 03 et 04 fois respectivement) et identique au 1^{er} vol dans la région de Tazoult. Par contre, dans la région de Limbiridi, le nombre d'œufs sur les deux variétés est identique au 1^{er} et 3^{ème} vol, et 3 fois plus élevé sur Golden Delicious que sur Starkrimson au 2^{ème} vol (le test-t de Student au seuil de 0.05) (Figures 45, 46 et 47 (A)).

1.2 - Répartition d'œufs par sites (organes) sur les deux variétés et dans les deux régions d'études

Dans la région de Limbiridi et sur Golden Delicious, les pontes sont localisées en grande partie sur les feuilles (quelque soit le vol de l'insecte) par rapport aux rameaux et fruits, qui montrent un nombre moyen d'œufs de même ordre, au 1^{er} et 2^{ème} vol. Ce nombre est 2 fois plus élevé sur les fruits que sur les rameaux au 3^{ème} vol (Figures 48, 49 et 50 (A)). En outre, sur Starkrimson la majorité des pontes sont observées sur les rameaux, 3 fois plus que sur les feuilles au 1^{er} vol (Figure 51 (A)). Ces deux sites sont identiques au 2^{ème} vol (Figure 52 (A)). Les pontes sont absentes sur les fruits au cours de ces deux premiers vols. Au 3^{ème} vol, les feuilles présentent plus de pontes (10 et 5 fois plus respectivement) qu'aux fruits et rameaux (le test-t de Student au seuil de 0.05) (Figure 53 (A)).

Dans la région de Tazoult, le nombre d'œufs pondus sur les feuilles est plus élevé que sur les fruits et les rameaux (qui sont identiques) quelque soit la variété au 2^{ème} et 3^{ème} vol de l'insecte (Figures 49, 50, 52 et 53 (B)). Au 1^{er} vol, aucune différence n'est visible dans le nombre d'œufs déposés sur les feuilles, les fruits et les rameaux chez Golden Delicious (Figure 48 (B)). Par contre, sur Starkrimson les pontes enregistrées sur les rameaux et les feuilles sont du même ordre et plus élevés que celles déposés sur les fruits (Figure 48 (B)).

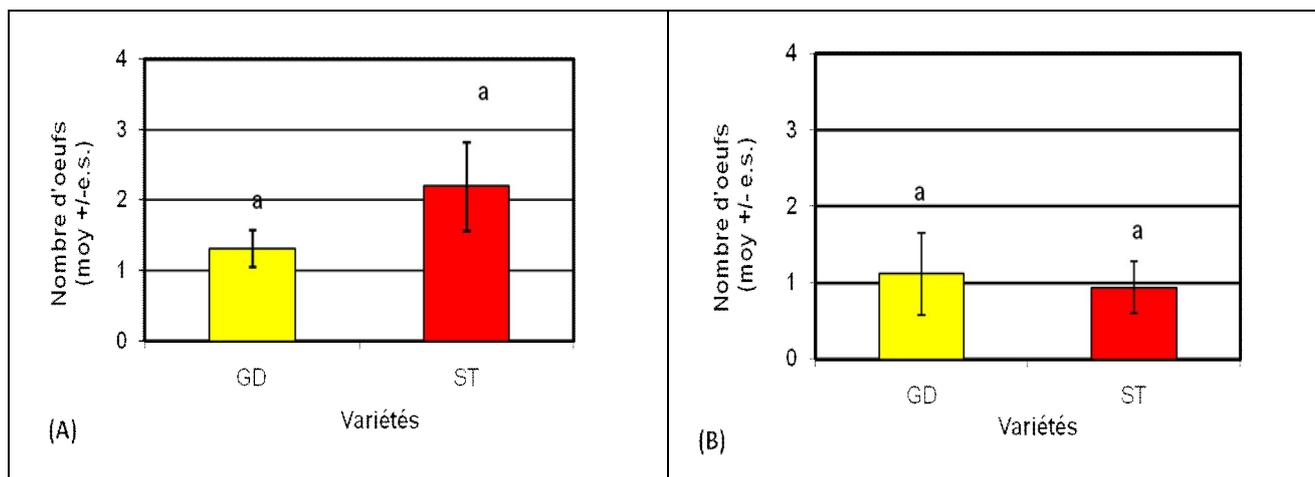


Figure 45 : Nombre moyen d'œufs par arbre sur les deux variétés (Vol 1) à Limbiridi (A) et Tazoult (B).

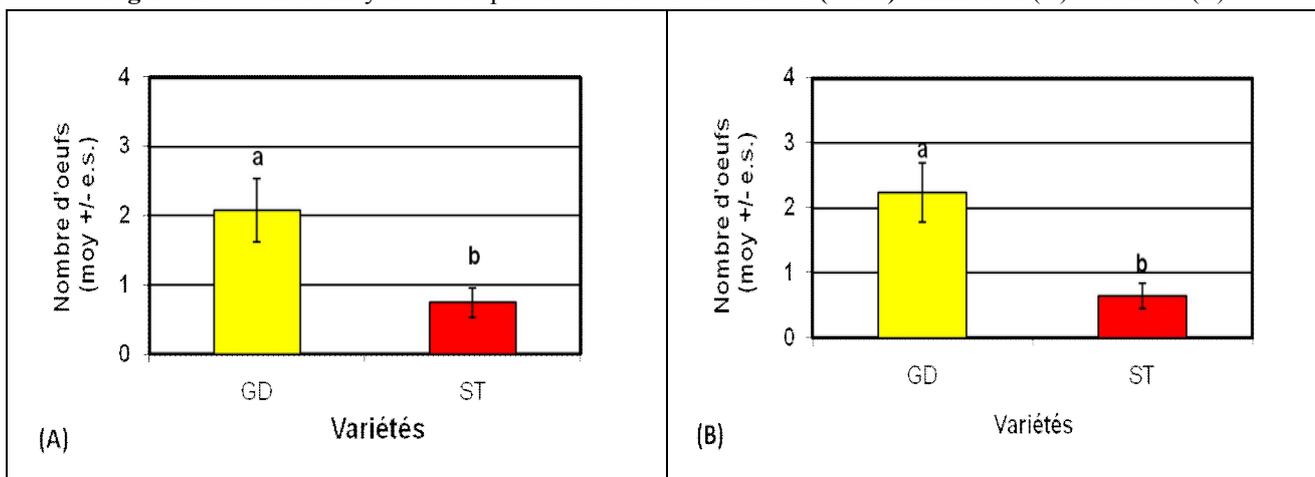


Figure 46 : Nombre moyen d'œufs par arbre sur les deux variétés (Vol 2) à Limbiridi (A) et Tazoult (B).

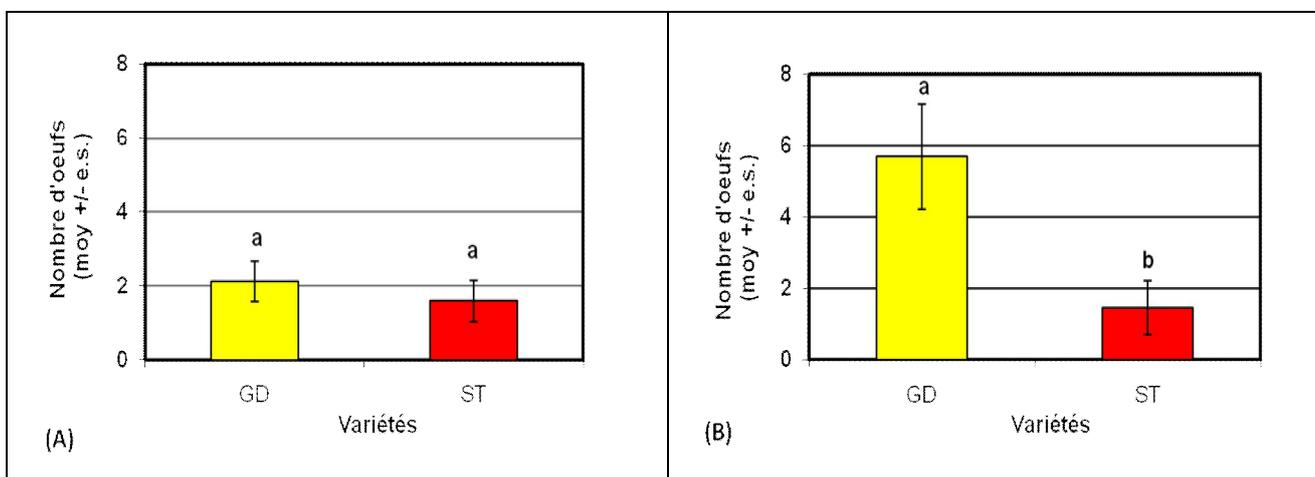


Figure 47 : Nombre moyen d'œufs par arbre sur les deux variétés (Vol 3) à Limbiridi (A) et Tazoult (B).

Légende commune:

GD : Golden Delicious; ST : Starkrimson;

e.s. : Erreur standard où $e.s. = \frac{\text{ecart type}}{\sqrt{n}}$

Dont : n = 25 arbres (à Limbiridi) et n = 17 arbres (à Tazoult).

(Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes à $P = 0.05$; d'après le test-t de Student).

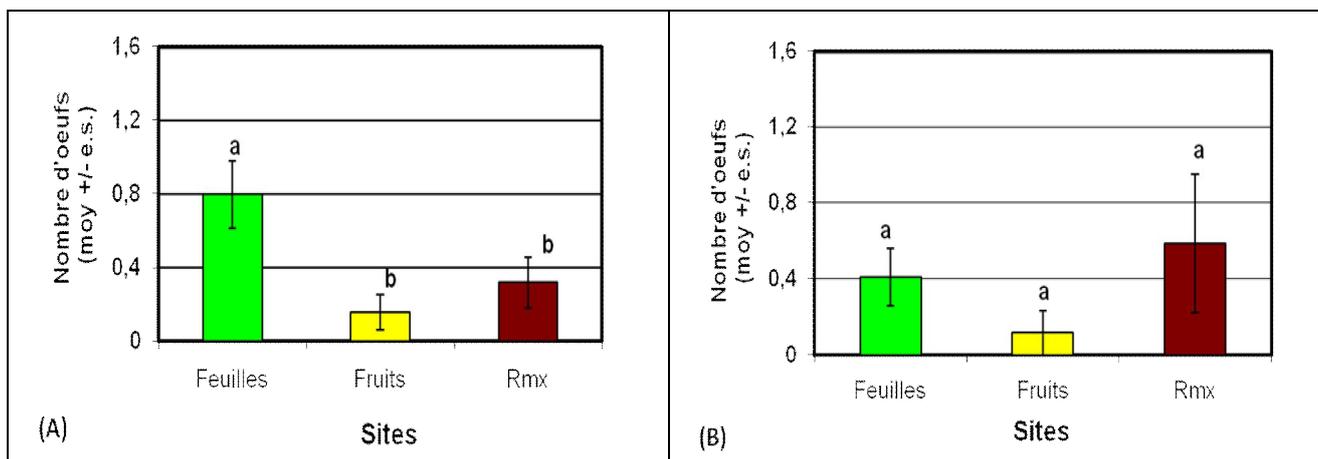


Figure 48 : Répartition des pontes (nombre moyen d'œufs) par site sur **Golden Delicious (Vol 1)** à Limbiridi (A) et Tazoult (B).

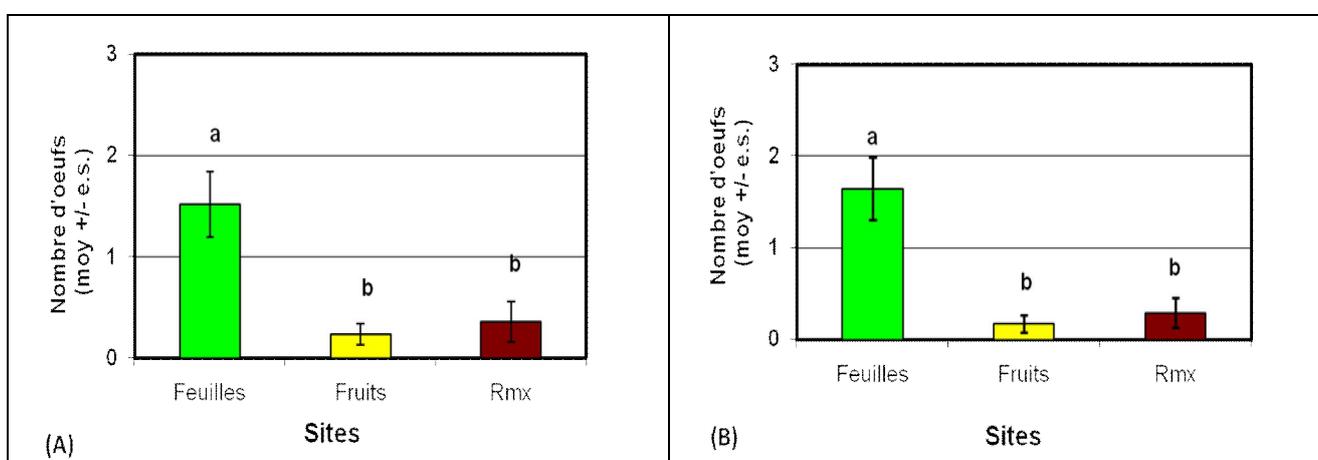


Figure 49 : Répartition des pontes (nombre moyen d'œufs) par site sur **Golden Delicious (Vol 2)** à Limbiridi (A) et Tazoult (B).

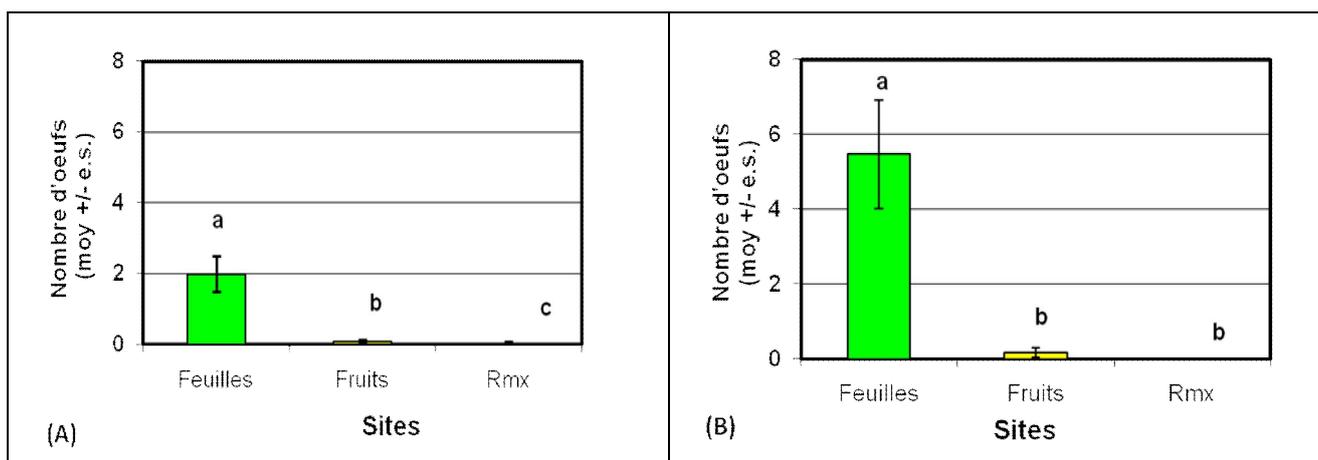


Figure 50: Répartition des pontes (nombre moyen d'œufs) par site sur **Golden Delicious (Vol 3)** à Limbiridi (A) et Tazoult (B).

Légende commune :

Rmx : Rameaux.

(Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes à $P = 0.05$; d'après le test-t de Student).

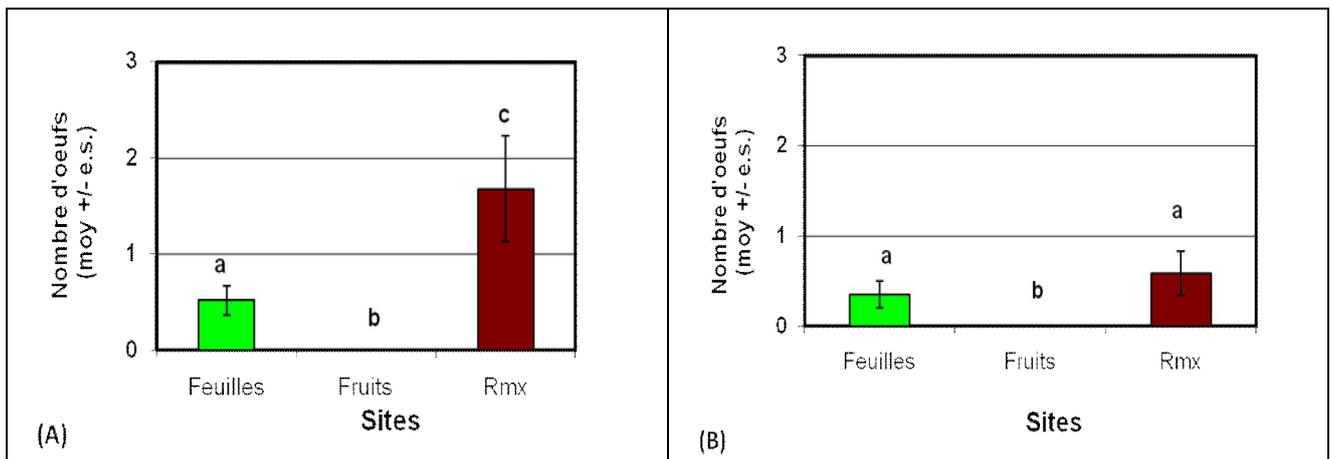


Figure 51: Répartition des pontes (nombre moyen d'œufs) par site sur **Starkrimson (Vol 1)** à Limbiridi (A) et Tazoult (B).

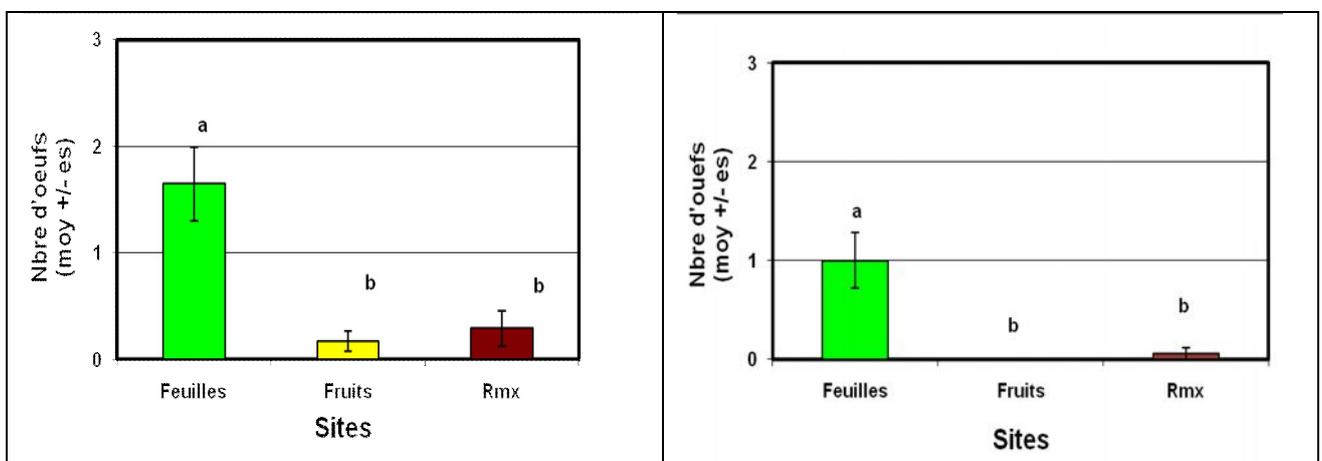


Figure 52 : Répartition des pontes (nombre moyen d'œufs) par site sur **Starkrimson (Vol 2)** à Limbiridi (A) et Tazoult (B).

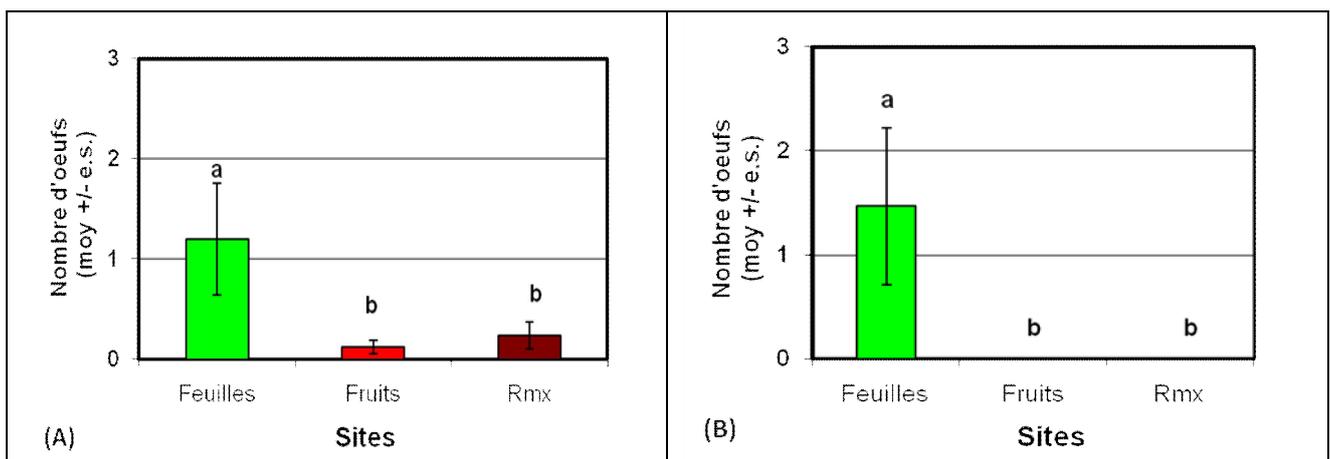


Figure 53 : Répartition des pontes (nombre moyen d'œufs) par site sur **Starkrimson (Vol 3)** à Limbiridi (A) et Tazoult (B).

(Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes à $P = 0.05$; d'après le test-t de Student).

1.3 - Répartition des pontes sur les feuilles des deux variétés et dans les deux régions d'études

1.3.1 - Par type de feuilles (les feuilles hors corymbe et les feuilles de corymbe)

Au 1^{er} vol et quelque soit la région; le nombre moyen des œufs est identique sur les feuilles de corymbe et les feuilles hors corymbe sur la variété Golden Delicious. Par contre, sur Starkrimson les feuilles hors corymbe montrent un nombre moyen d'œufs plus élevé que sur les feuilles de corymbe (Figure 54 (A)).

Au deuxième vol, le nombre moyen des œufs est identique sur les feuilles de corymbe et les feuilles hors corymbe sur la variété Starkrimson dans les deux régions. Alors que, sur la variété Golden Delicious le nombre moyen des œufs est plus élevé sur les feuilles hors corymbe que sur les feuilles de corymbe dans la région de Limbiridi et identique dans la région de Tazoult (Figure 54 (B)).

Au 3^{ème} vol, le nombre d'œufs pondus sur les feuilles hors corymbe de Starkrimson est plus élevé que sur les feuilles de corymbe dans les deux régions. A l'inverse, sur Golden Delicious on enregistre que ce nombre est identique dans la région de Limbiridi et montre une différence significative entre ces deux types de feuilles dans la région de Tazoult (Figure 54 (C)). En outre, la différence de ponte entre les deux types de feuilles est plus nette dans la région de Tazoult elle est de 3 à 28 fois plus contre 2 à 9 fois dans la région de Limbiridi (le test-t de Student au seuil de 0.05).

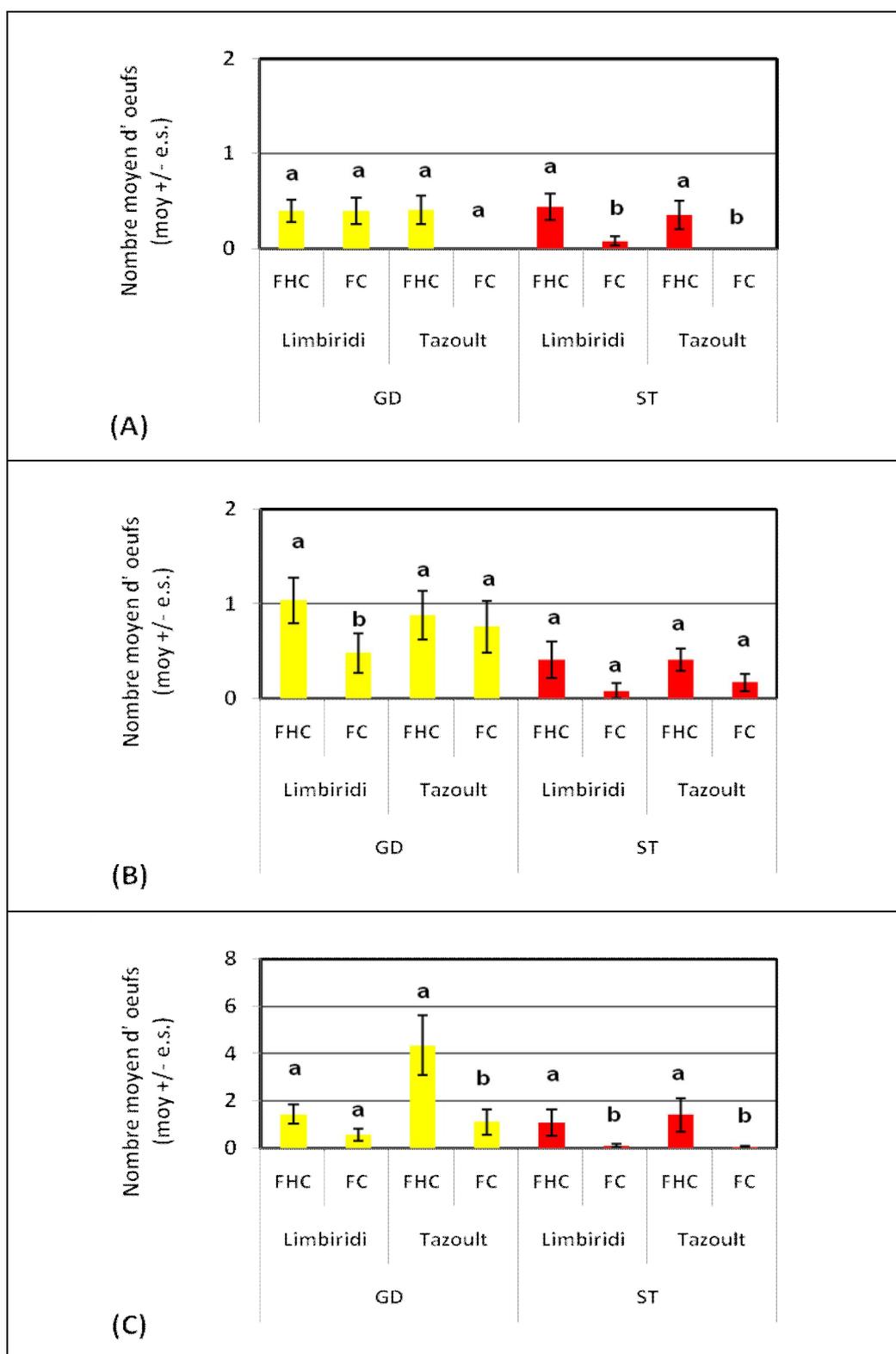


Figure 54 : Répartition des pontes (nombre moyen des œufs) sur les deux types de feuilles, de Golden Delicious et Starkrimson au 1^{er} vol (A), 2^{ème} vol (B) et 3^{ème} vol (C).

Légende commune :

FHC : Feuilles Hors Corymbe ;

■ Golden Delicious (GD);

FC : Feuilles de Corymbe;

■ Starkrimson (ST).

(Les valeurs suivies d’une même lettre ne sont pas significativement différentes à $P = 0.05$; d’après le test-t de Student).

1.3.2 - Par face foliaire

1.3.2.1 - Les feuilles hors corymbe

Dans l'ensemble, la Figure 55(A, B et C) et annexe 1 montre que dans la région de Limbiridi, quelque soit la variété et le vol de l'insecte il n'y a pas de différence significative entre le nombre moyen d'œufs déposés sur les deux faces des feuilles hors corymbe, à l'exception de deux cas où ce nombre est plus élevé sur les faces inférieures que supérieures sur Golden Delicious au 1^{er} vol. Le même cas est enregistré sur Starkrimson au 2^{ème} vol (le test-t de Student au seuil de 0.05).

La Figure 56 (A, B et C) et annexe 2, montre que dans la région de Tazoult, le nombre moyen des œufs est identique sur les deux faces de Starkrimson. Par contre, sur la variété Golden Delicious ce nombre est identique aux deux premiers vols sur les deux faces foliaire et différent au 3^{ème} vol où les faces supérieures reçoivent plus d'œufs que les faces inférieures (le test-t de Student au seuil de 0.05).

1.3.2.2 - Les feuilles de corymbes

Quelque soit la région, la variété et le vol de l'insecte pas de différences significatives n'est visible entre les faces foliaire des feuilles de corymbe (le test-t de Student au seuil de 0.05), sauf au 2^{ème} vol où la variété Starkrimson présente un nombre moyen d'œufs sur les faces supérieures plus élevé que sur les faces inférieures dans la région de Tazoult (Figures 55 et 56).

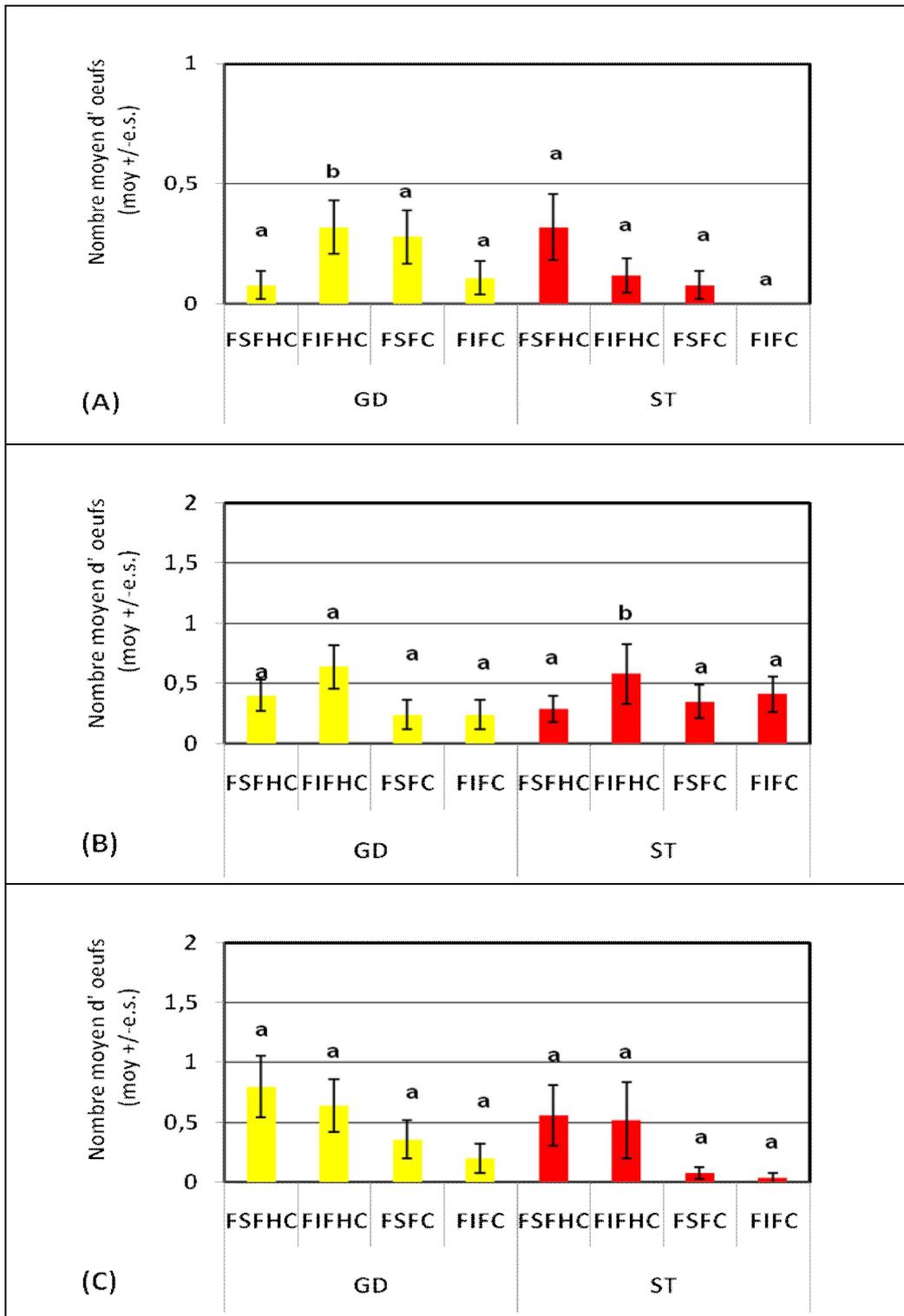


Figure 55 : Répartition des pontes (nombre moyen des œufs) sur les différentes faces foliaires de Golden Delicious et Starkrimson au 1^{er} vol (A), 2^{ème} vol (B) et 3^{ème} vol (C) à **Limbiridi**.

Légende commune :

FSFHC : Face Supérieure des Feuilles Hors Corymbe ; **FIFHC** : Face Inférieure des Feuilles Hors Corymbe;

FSFC : Face Supérieure des Feuilles de Corymbe ; **FIFC** : Face Inférieure des Feuilles de Corymbe.

■ Golden Delicious (GD);

■ Starkrimson (ST).

(Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes à $P = 0.05$; d'après le test-t de Student).

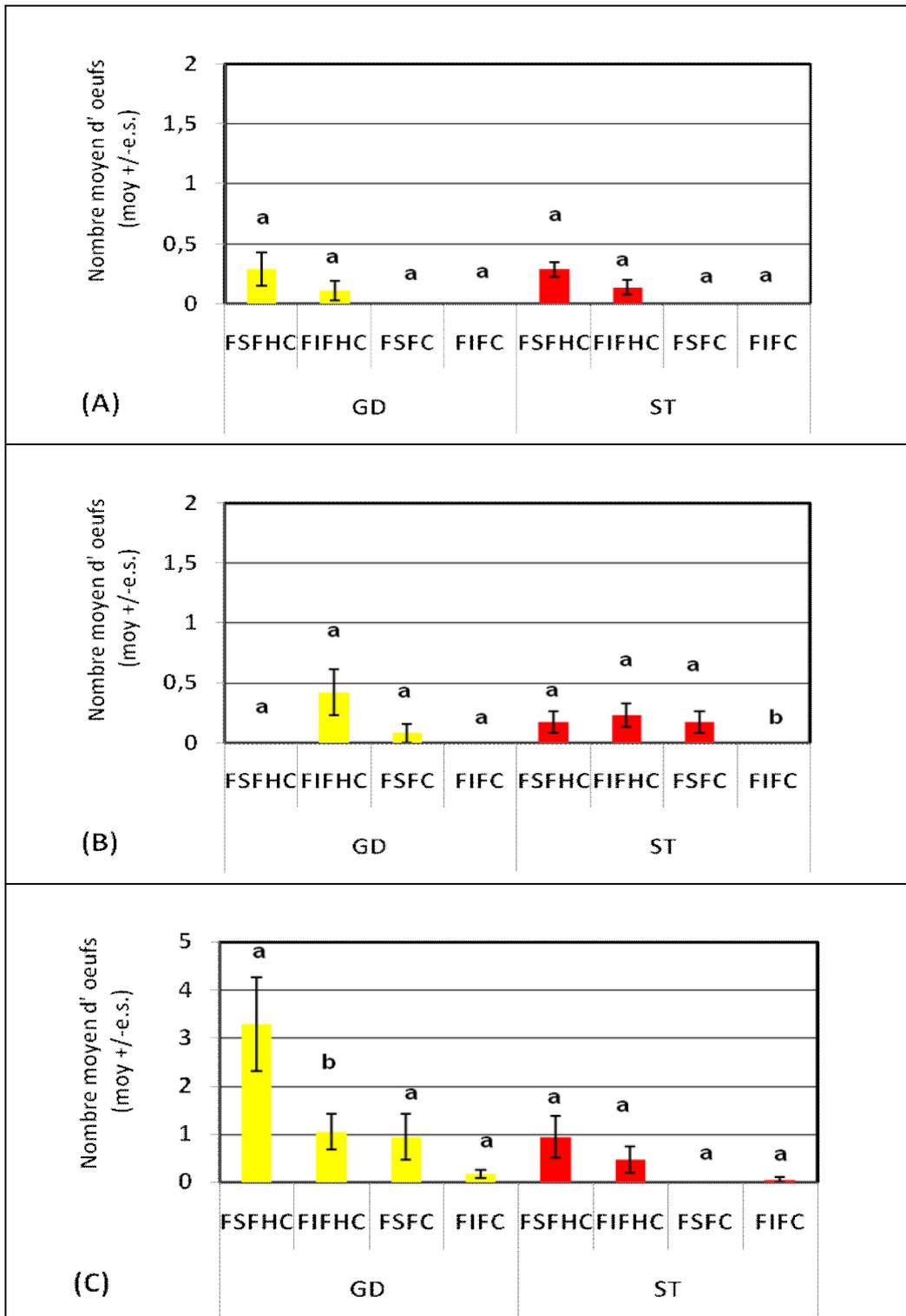


Figure 56 : Répartition des pontes (nombre moyen des œufs) sur les différentes faces foliaires de Golden Delicious et Starkrimson au 1^{er} vol (A), 2^{ème} vol (B) et 3^{ème} vol (C) à Tazoult.

Légende commune :

FSFHC : Face Supérieure des Feuilles Hors Corymbe ; **FIFHC** : Face Inférieure des Feuilles Hors Corymbe;

FSFC : Face Supérieure des Feuilles de Corymbe ; **FIFC** : Face Inférieure des Feuilles de Corymbe.

■ Golden Delicious (GD);

■ Starkrimson (ST).

(Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes à $P = 0.05$; d'après le test-t de Student).

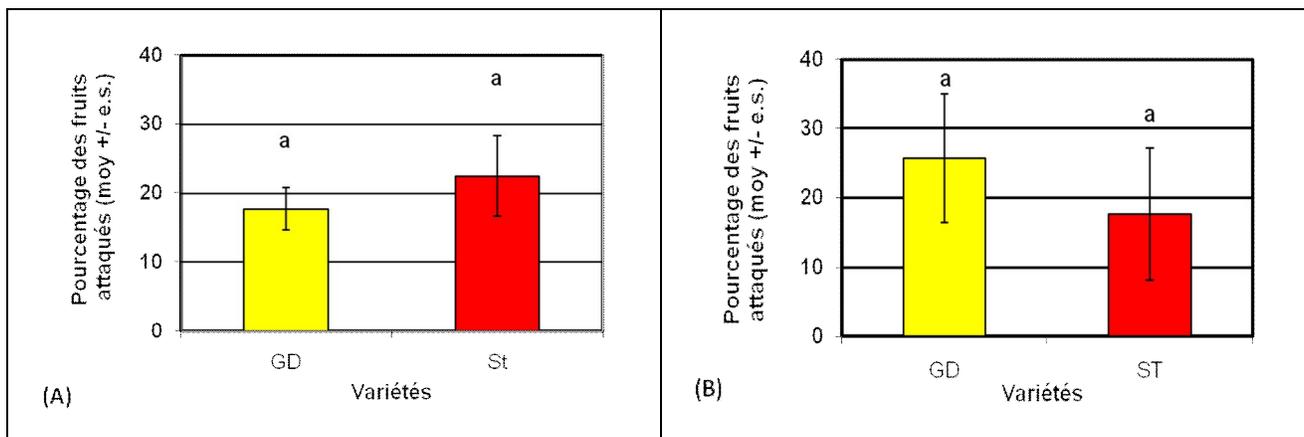


Figure 57 : Pourcentage de fruits attaqués par arbre (Vol 1) dans la région de Limbiridi (A) et Tazoult (B).

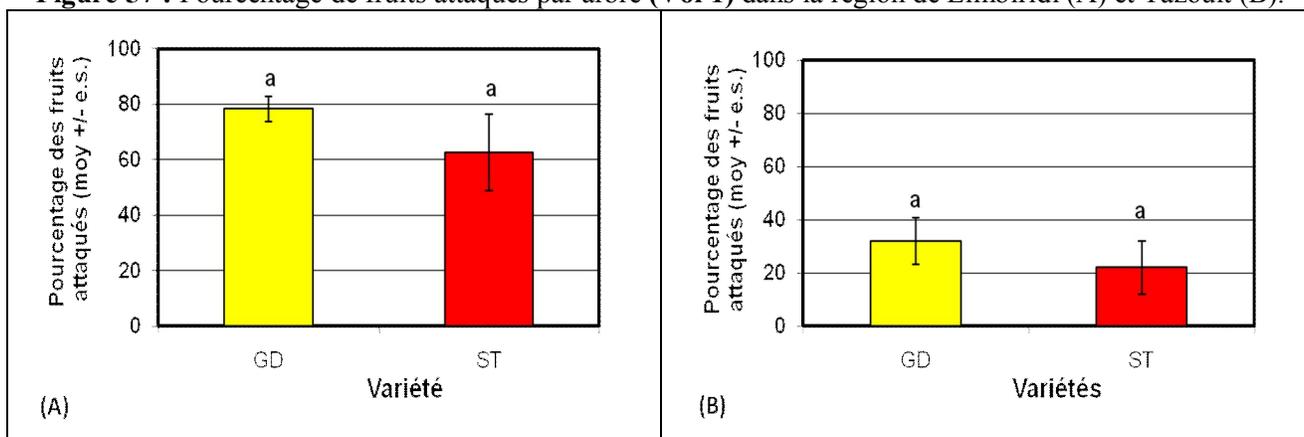


Figure 58 : Pourcentage de fruits attaqués par arbre (Vol 2) dans la région de Limbiridi (A) et Tazoult (B).

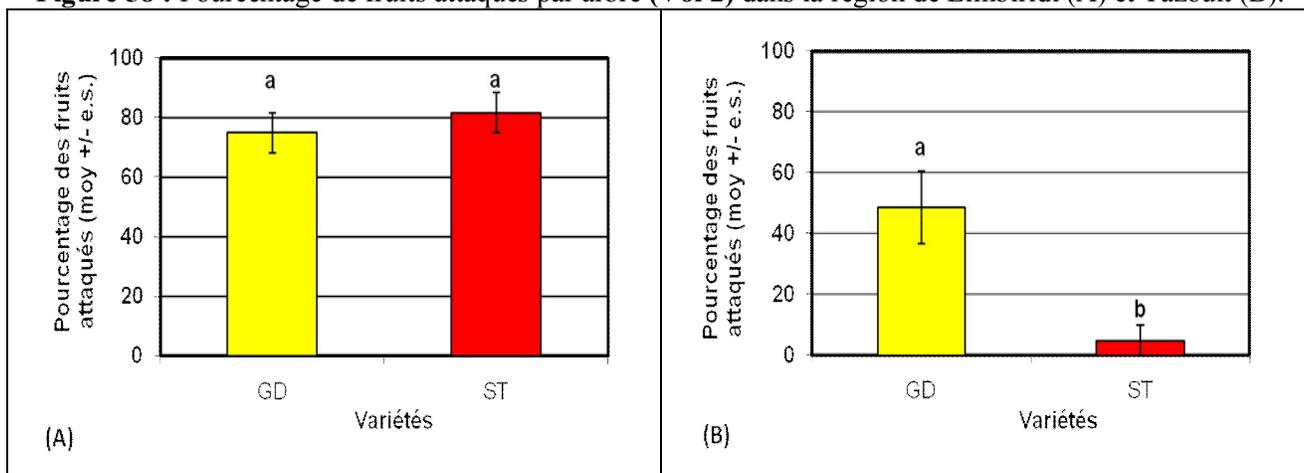


Figure 59 : Pourcentage des fruits attaqués par arbre (Vol 3) dans la région de Limbiridi (A) et Tazoult (B).

Légende commune:

■ Golden Delicious (GD);

■ Starkrimson (ST).

(Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes à $P = 0.05$; d'après le test-t de Student).

1.4 - Dégâts larvaires au cours des trois vols sur les deux variétés et dans les deux régions d'étude

D'après les résultats présentés dans les Figures 57, 58 et 59 (A et B) on peut dire, qu'à l'exception du 3^{ème} vol dans la région de Tazoult qui montre des dégâts sur les fruits de Golden Delicious 9 fois plus élevés que sur Starkrimson, aucune différence significative n'est visible quelque soit le vol et la région (le test-t de Student au seuil de 0.05).

1.5 –Types de dégâts larvaires à la récolte sur les deux variétés et dans les deux régions d'étude

Sur la variété Golden Delicious et dans la région de Limbiridi, les dégâts à la récolte sont 19 fois plus élevé des dégâts actifs que stoppés et cicatrisés (Figure 60 (A)). Alors que dans la région de Tazoult, les dégâts cicatrisés sont 7 et 1.5 fois plus élevé que stoppés et actifs respectivement (Figure 61 (A)). Sur la variété Starkrimson et dans la région de Limbiridi les dégâts actifs et stoppés sont identiques et plus élevé que les cicatrisés (Figure 60 (B)). Alors que, dans la région de Tazoult, les pourcentages de dégâts cicatrisés et actifs sont significativement identiques et sont 3 et 2.9 fois plus que les dégâts stoppés respectivement (le test-t de Student au seuil de 0.05) (Figure 61 (B)).

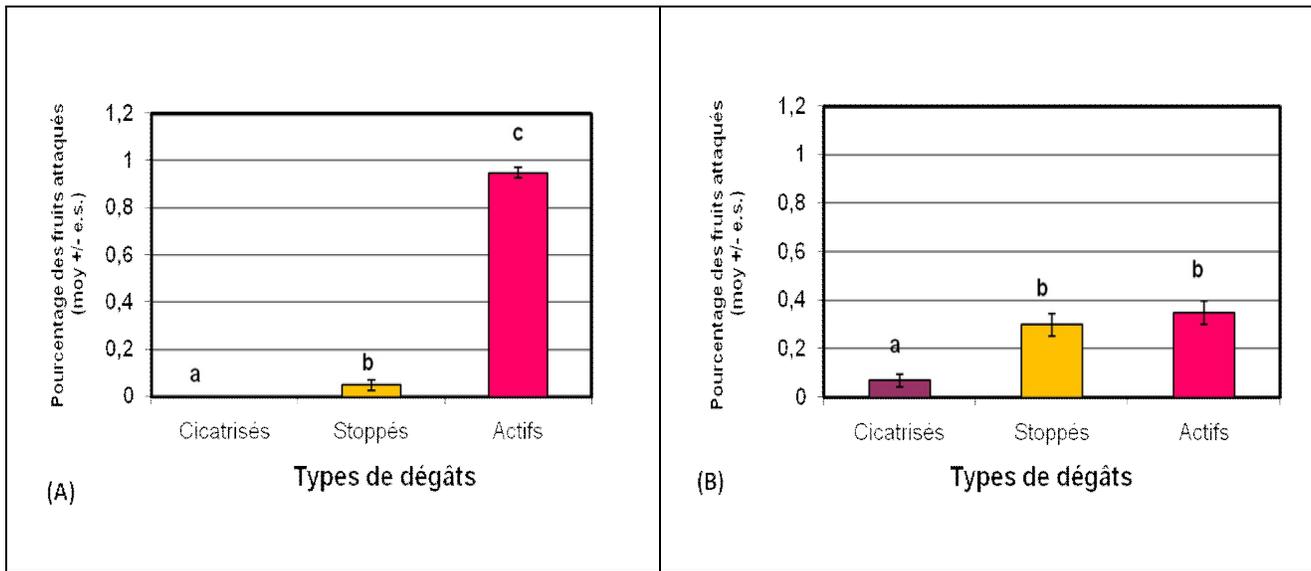


Figure 60 : Différents types des dégâts à la récolte dans la région de **Limbiridi** sur Golden Delicious (A) et Starkrimson (B).

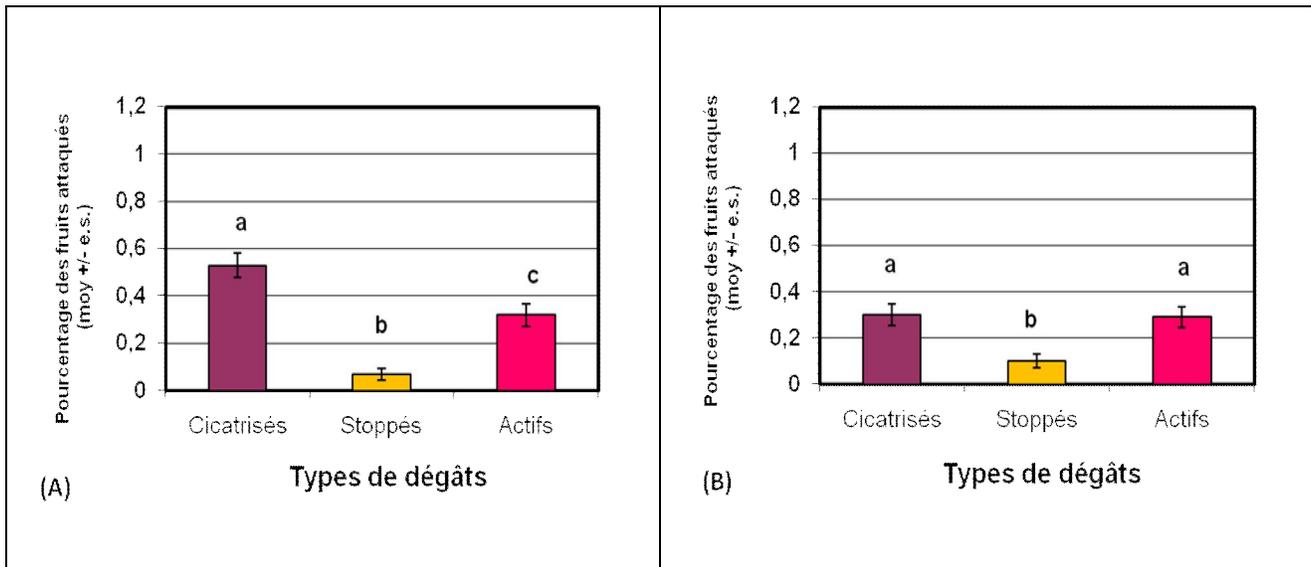


Figure 61 : Différents types des dégâts à la récolte dans la région de **Tazoult** sur Golden Delicious (A) et Starkrimson (B).

Légende commune :

■ Golden Delicious (GD);

■ Starkrimson (ST).

(Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes à $P = 0.05$; d'après le test-t de Student).

2 - Discussion- conclusion

La mise au point d'un programme de lutte contre le carpocapse en verger de pommiers comporte plusieurs étapes. Où la/les méthode(s) de lutte, la stratégie d'application et l'harmonisation des moyens d'intervention vient après l'établissement de seuils de tolérance économique et l'estimation des risques de dégâts. Pour cela, le piégeage sexuel des adultes, le contrôle visuel des fruits à la récolte et le piégeage des larves âgées à l'aide des bandes pièges sont les méthodes d'observation les plus utilisées (Audumard, 1976).

Selon Audemard (1976) et Lombarkia (2002), les estimations de la population des carpocapses basées sur le dénombrement des pontes de l'insecte sur l'arbre dans les conditions naturelles sont difficiles à étudier et donc rares.

Coutin (1960), signale que l'unité d'échantillonnage utilisée dans l'estimation des populations d'œufs est le bouquet fruitier dans sa totalité (les feuilles et les 2 fruits qu'il comporterait en moyenne), à raison de 100 bouquets fruitiers prélevés sur 20 arbres. Malgré ça, l'application de cette méthode ne permet de découvrir que la moitié des œufs. A raison que, d'une part, la variation entre les arbres est plus grande que les variations entre bouquets à l'intérieur de l'arbre (Geier, 1963) et d'autre part le nombre réduit d'échantillons prélevés (vu les conditions posés par l'arboriculteur) dans notre cas (5 rameaux/ arbre).

Dans notre étude, d'une manière générale, le nombre d'œufs pondus sur Golden Delicious est plus élevé que sur Starkrimson, quelque soit la région et le vol de l'insecte. Les pontes sont absentes sur les fruits de Starkrimson quelle que soit la région et le vol sauf au 3^{ème} vol dans la région de Limbiridi. Ceci peut s'expliquer par la présence de moins de pommes par corymbe sur Starkrimson par rapport à Golden Delicious ce qui diminue les chances pour l'insecte d'atterrir sur une pomme. En effet, la présence des fruits est indispensable pour une ponte normale par l'intervention de stimuli olfactifs (α -farnesene) chez le carpocapse (Geier, 1963; Hern et Dorn, 1999 ; 2001b ; Yan *et al.*, 1999; Coracini *et al.*, 2004; Ansebo *et al.*, 2004).

Selon Blomfield *et al.* (1997), plus il ya de fruits par corymbe plus le nombre d'œufs pondus sur les feuilles proches des fruits augmente. Cependant, la variété Starkrimson a moins de pommes par corymbe par rapport à Golden Delicious ce qui entraîne moins de pontes sur les feuilles de corymbes.

La majorité des œufs sont déposés sur les feuilles hors corymbe. En effet, la plupart de ces feuilles étaient au voisinage des corymbes avec des pommes. Selon Wildbolz (1958), Coutin (1960) et Jakson (1979), les femelles de carpocapse déposent leurs œufs sur les feuilles au voisinage des fruits en liaison avec l'odeur spécifique émise par les pommes et des stimuli physiques (trichomes). Geier (1963), a trouvé que sur 200 œufs récemment pondus sur pommier, 80 % étaient déposés à moins de 6 cm des fruits dont la majorité à des distances de 3 cm.

Quelque soit la région, la variété et le vol de l'insecte ; le dépôt des œufs est identique sur les faces inférieures et supérieures des feuilles (de corymbe et hors corymbe); avec une légère préférence pour les faces supérieures. D'après Balachowsky et Mesnil (1935), les œufs sont toujours déposés isolément aussi bien sur la face supérieure qu'inférieure des feuilles. Ceci en raison de la pubescence de la face inférieure qui diminue au cours de la saison (Balachowsky et Mesnil, 1935 ; Balachowsky, 1966 ; Elmer *et al.*, 1980 ; Ploudre *et al.* ; 1985). Selon Derridj *et al.*, (1999), les faces supérieures des feuilles sont plus riches en substances stimulantes pour la ponte (sucres et polyols) que les inférieures.

Le nombre moyen des œufs pondus sur les feuilles est plus élevé que sur les rameaux et les fruits quelque soit la région, la variété et le vol de l'insecte. Les proportions d'œufs sur les divers organes du pommier varient selon les auteurs : MacLellan (1962), indique 53 % d'œufs sur les feuilles et 17 % sur les fruits ; 69.7 % sur les feuilles, 7.4 % sur les fruits et 22.9 % sur les rameaux selon Damiano (1964) ; 92 % sur les feuilles et 8 % sur les fruits suivant Jackson (1979) ; 78 % sur les feuilles et 21 % sur les fruits (Blomfield *et al.*, 1997). Ces différences s'expliquent car les variétés observées ne sont pas les mêmes.

Les dégâts larvaires sont similaires quelque soit la région, la variété et le vol de l'insecte, avec une légère différence entre les deux variétés dans la région de Tazoult au 3^{ème} vol. En ce qui concerne, les dégâts à la récolte, les trois types de dégâts ont été observés. Les pourcentages des fruits attaqués diffèrent selon la variété et de la région. A la région de Limbiridi les pourcentages des dégâts actifs sont plus importants que les stoppés et cicatrisés sur la variété Golden Delicious.

Généralement, chez les lépidoptères le choix "correct" de la plante-hôte se fait par la femelle adulte. Cette dernière choisit la source d'alimentation pour sa descendance (Renwick et Chew, 1994). Certains auteurs pensent que les larves participent aussi dans la sélection où elles poursuivent le choix et finalement décident quelles sont les fruits à infester (Casado, 2007). Chez le carpocapse, Boève *et al.*

(1996) signalent que cette décision est prise en premier lieu suite à la présence ou l'absence des kairomones spécialement (E-E)- α -farnesene. Ensuite les substances non-volatiles incrustées et présentes dans la couche de cire; sont eux qui leurs provoque afin de prendre la décision finale (Städler, 1986). Elles pourraient être des cations (Na^+ , K^+ , Ca^+), des acides organiques, des acides aminées, des esters, alcanes, des composées secondaires tels que la phloridzine qui caractérisent le genre *Malus* et particulièrement les métabolites primaires qui stimulent l'alimentation des adultes et des larves chez plusieurs insectes y compris le carpocapse (Vrieling et Derridj, 2003 ; Cabanat, 1999).

Lombarkia et Derridj (2002), ont montré que le choix chez le carpocapse est influencé par certaines substances solubles dans l'eau (sucres et polyols) présentes sur les feuilles et les fruits de pommier. En plus, la composition des feuilles entraîne une dispersion plus rapide des chenilles que celle du fruit (Derridj *et al.*, 1999). Le pourcentage élevé des dégâts actifs sur Golden Delicious pourrait être expliqué par la présence de ces substances en grande quantité par rapport à Starkrimson en stimulant la prise de nourriture chez les chenilles néonates (Cabanat, 1999 ; Le Garrec, 1999).

D'après cette étude, nous pouvons dire que quelque soit la région ou le vol de l'insecte ; les variétés choisies sont sensibles au carpocapse, avec une légère préférence pour la ponte sur Golden Delicious ; qui pourrait être expliqué entre autre par sa richesse en sucres et polyols (quantité et ou ratio) (Lombarkia et Derridj, 2002).

Nous voulons vérifier, au cours du 4^{ème} chapitre, si cette légère préférence pour la ponte sur Golden Delicious vis-à-vis de Starkrimson observée en conditions naturelles et en choix, se confirme en conditions de non-choix. La question qui se pose également : est-ce que les étapes comportementales qui amènent la femelle à la ponte sont également différentes sur ces deux variétés ?

II - Étude du comportement de ponte de *Cydia pomonella* (L.) sur deux variétés de pommier

1 - Résultats

1.1 - Etude du comportement de ponte de l'insecte sur l'arbre

1.1.1 - Relation entre les sites d'atterrissage, de visite et de ponte des femelles de *C. pomonella* sur les deux variétés (Starkrimson et Golden Delicious) (Figures 62 à 65 et Tableau 16)

➤ Le premier vol

Les résultats représentent une différence entre les deux variétés dans l'acceptation de ponte. Après une heure d'observation, 55 % de femelles acceptent de pondre sur Golden Delicious et 36 % sur Starkrimson.

Les feuilles hors corymbe (face supérieure et inférieure), sont le site sur lequel les femelles atterrissent le plus, quelle que soit la variété (Tableau 16).

Quelle que soit le site d'atterrissage (Tableau 16), les femelles ont tendance à visiter d'autres sites (face supérieure et inférieure des feuilles hors corymbe, face inférieure des feuilles de corymbes ou fruits) et lorsqu'il y a ponte, elle a lieu sur des feuilles hors corymbes (les deux faces) et sur des feuilles de corymbe (la face supérieure) pour la variété Golden Delicious (Figure 62). Pour Starkrimson ; elle a lieu sur les feuilles de corymbe (les deux faces), fruits et les feuilles hors corymbe (la face inférieure), avec des pourcentages similaires (Figure 63).

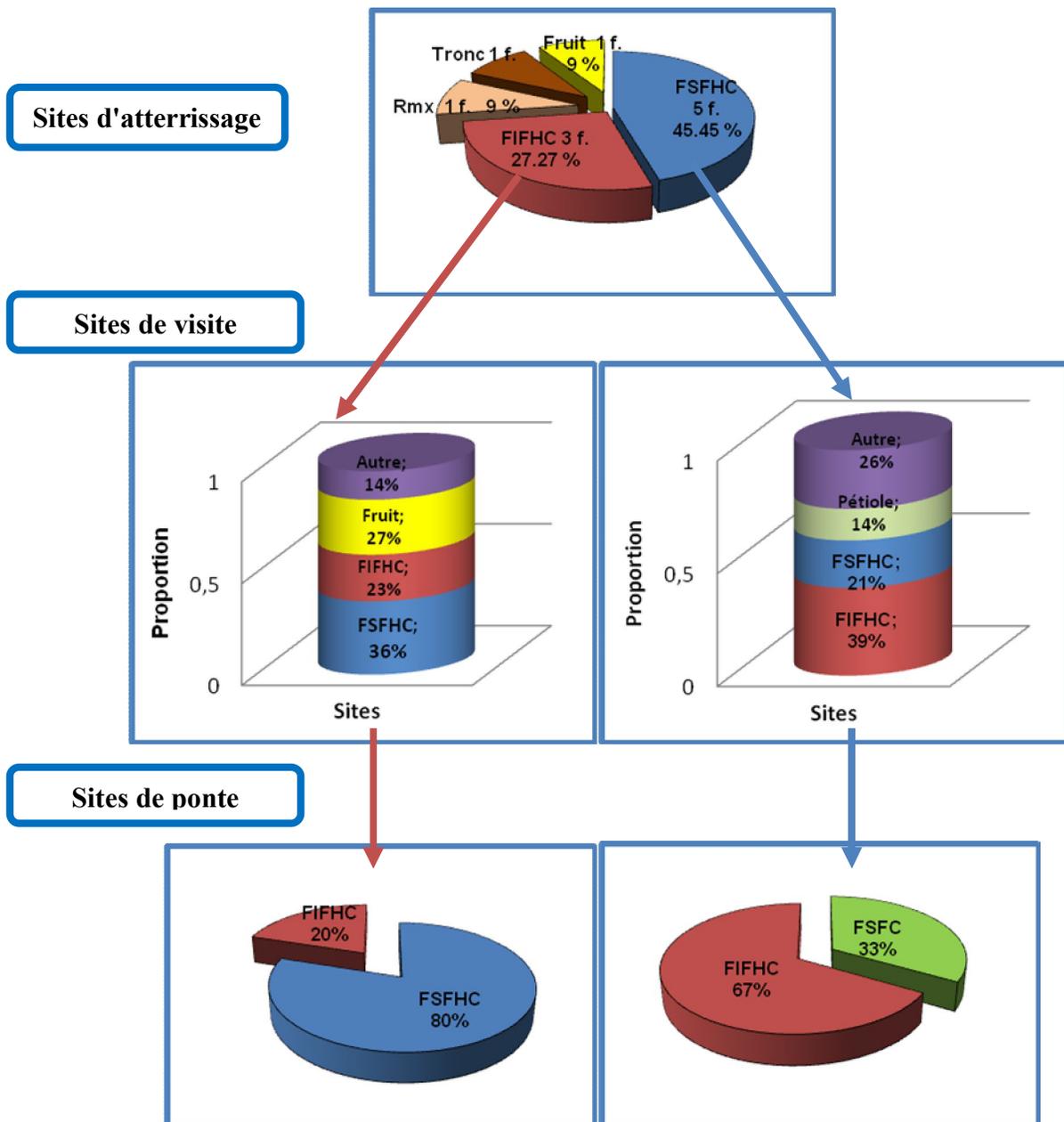
Pour Golden Delicious, la visite des deux faces des feuilles hors corymbe entraînent l'acceptation du site et la ponte. Par contre, les fruits et la face inférieure des feuilles hors corymbe induisent l'acceptation du site et la ponte sur Starkrimson.

Donc, on peut dire que les sites de ponte sont en large majorité ceux sur lesquels les femelles ont atterri (Figures 63 et 64).

Tableau 16 : Proportion de femelles (%) qui ont un comportement donné sur Golden Delicious et Starkrimson.

		Golden Delicious		Starkrimson	
		FSFHC	FIFHC	Fruit	FIFHC
Vol 1	Atterrissage	45.45 % (fig. 62)	27.27 % (fig. 62)	25 % (fig. 63)	37 % (fig. 63)
	Visite	36 % sur FSFHC 23 % sur FIFHC 27 % sur Fruit (Fig. 62)	39 % sur FIFHC 21 % sur FSFHC 14 % sur Pétiole (Fig. 62)	50 % sur Fruit 20 % sur FIFC (Fig. 63)	47 % sur FIFC 16 % sur FIFHC 21 % sur Rameaux (Fig. 63)
	Examen par balayage	60 %	100 %	100%	100 %
	Ponte	Oui	Oui	Oui	Oui
		Fruit	FSFC	Fruit	FSFC
Vol 2	Atterrissage	56 % (fig. 65)	22 % (fig. 65)	72 % (fig. 66)	22 % (fig. 66)
	Visite	35 % sur Fruit 26 % sur FSFC 22 % sur FIFC (Fig. 65)	38 % sur Fruit 25 % sur FSFC 19 % sur FIFC (Fig. 65)	37 % sur Fruit 28 % sur FSFC 20 % sur FIFC 9.23 % sur FSFHC 3.07 % sur FIFHC 3.07 % sur rameaux (Fig. 66)	55 % sur FSFC 33.33 % sur FIFC 5.55 % sur FIFHC 5.55 % sur Fruit (Fig. 66)
	Examen par balayage	100 %	100 %	100 %	100 %
	Ponte	Oui	Oui	Oui	Oui
		Fruit		Fruit	
Vol 3	Atterrissage	91 % (fig. 68)		100 % (fig. 69)	
	Visite	38 % sur Fruit 21 % sur FSFC 19 % sur FIFC (Fig. 68)		45 % sur Fruit 28 % sur FSFC 20 % sur FIFC (Fig. 69)	
	Examen par balayage	100 %		100 %	
	Ponte	Oui		Oui	

Figure 62 : Sites d'atterrissage et de visite des femelles qui ont pondu sur Golden Delicious (Vol 1)



Légende :

f. : Femelle ;

FIFHC : Face Inférieure des Feuilles Hors Corymbe ;

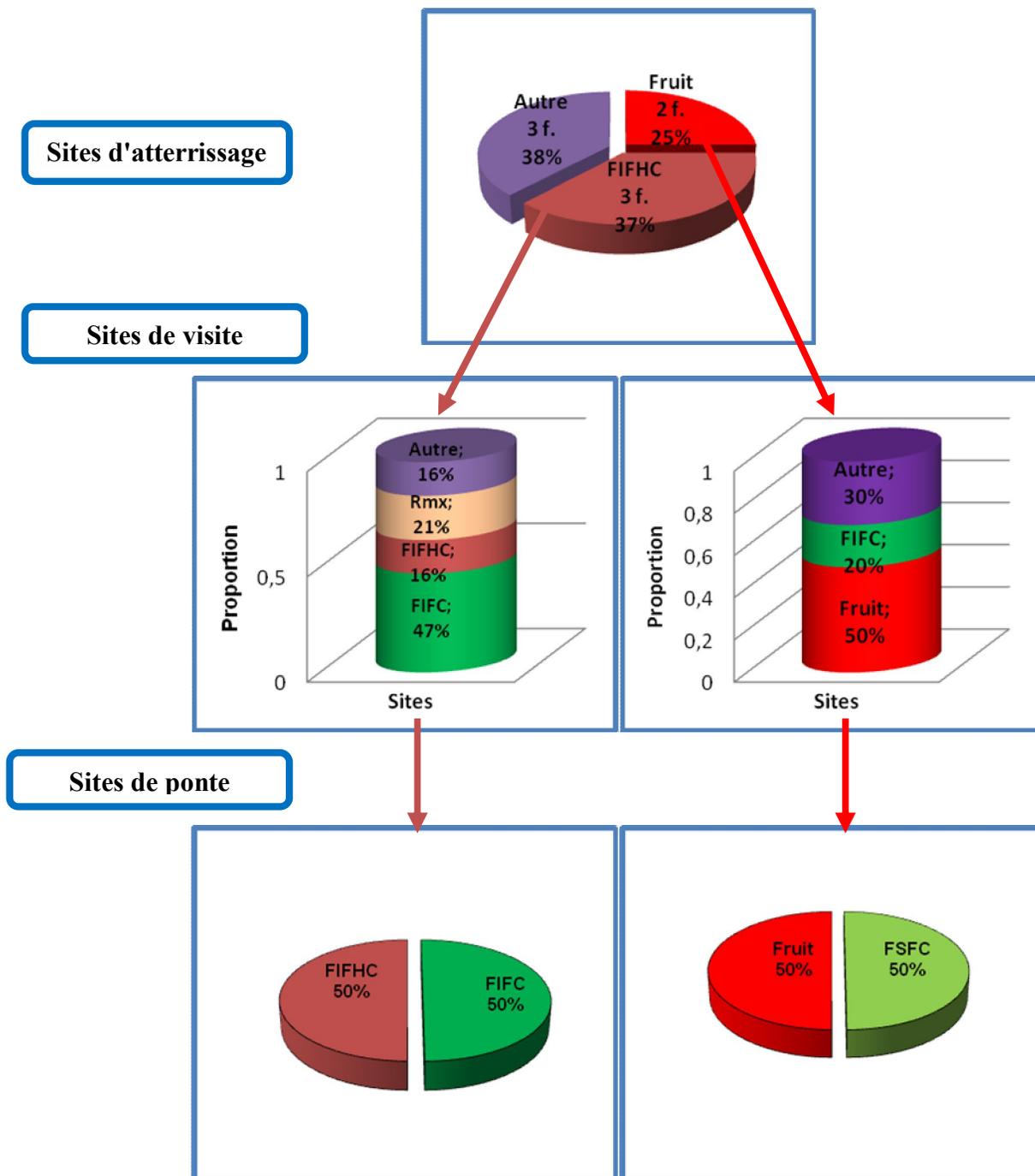
FSFHC : Face Supérieure des Feuilles Hors Corymbe ;

Rmx. : Rameaux

FIFC : Face Inférieure des Feuilles de corymbe ;

FSFC : Face Supérieure des Feuilles de corymbe.

Figure 63 : Sites d'atterrissage et de visite des femelles qui ont pondu sur Starkrimson (Vol 1)



Légende :

f. : Femelle ;

FIFHC : Face Inférieure des Feuilles Hors Corymbe ;

FSFHC : Face Supérieure des Feuilles Hors Corymbe ;

Rmx. : Rameaux

FIFC : Face Inférieure des Feuilles de corymbe ;

FSFC : Face Supérieure des Feuilles de corymbe.

Pour les femelles qui pondent sur les deux variétés, il existe 4 étapes comportementales : marche, arrêt, marche avec balayage et balayage à l'arrêt, quel que soit le site d'atterrissage (Figures 64 a et b). Les femelles qui ne pondent pas sur Golden Delicious ne balayent pas avec l'ovipositeur, ni en marche ni à l'arrêt (Figure 64 d). Par contre, sur Starkrimson les femelles qui ne pondent pas balayent avec l'ovipositeur à l'arrêt et en marche, avec un pourcentage de 46.66 % et 20 % (par ordre) (Figure 64 c).

Nous pouvons dire qu'en général les femelles qui pondent sur les deux variétés ont examiné la surface de l'organe sur lequel ont atterri, par balayage de l'ovipositeur. Le seul cas où il y a balayage sans ponte est le 11.11 % d'une femelle qui atterrisse sur la FSFC sur Golden Delicious. Pour Starkrimson, nous enregistrons aussi des cas similaires, dont les femelles qui atterrissent sur la face supérieures des feuilles hors corymbe (50 %) et sur rameaux (66.66 %) examinent la surface de l'organe par balayage de l'ovipositeur.

➤ **Le deuxième vol :**

Il y a une différence entre les deux variétés dans l'acceptation de ponte observée. Après une heure d'observation, 77.15 % de femelles acceptent de pondre sur Golden Delicious et 51.43 % sur Starkrimson. Les fruits et la face supérieure des feuilles de corymbe (FSFC), sont les sites sur lequel les femelles atterrissent, quelle que soit la variété (Tableau 16).

Les organes visités restent très majoritairement ceux sur lesquels les femelles ont atterri. Et quelle que soit le site d'atterrissage et la variété, les femelles ont tendance de visiter également d'autres sites (face supérieure et inférieure des feuilles de corymbe ou fruits) et lorsqu'il y a ponte, elle a lieu sur les feuilles de corymbe (les deux faces) et sur les fruits (Tableau 16)..

Quelle que soit la variété, la visite des deux faces des feuilles hors corymbe n'entraînent pas la ponte. Cependant, les fruits et les feuilles de corymbe (les deux faces) induisent l'acceptation du site et la ponte.

Comme au premier vol, les sites de pontes sont en large majorité ceux sur lesquels les femelles ont atterri (Figures 65 et 66).

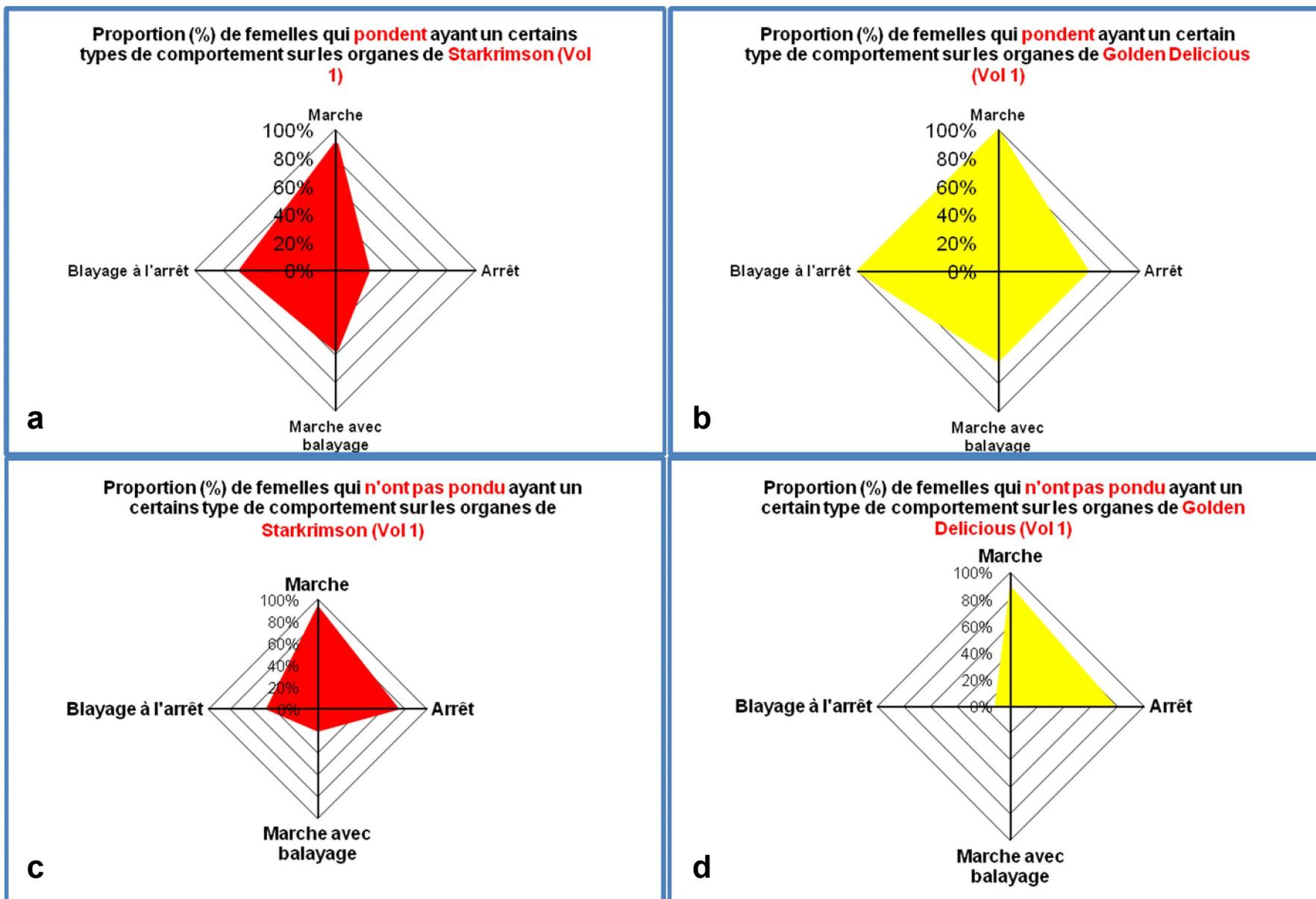
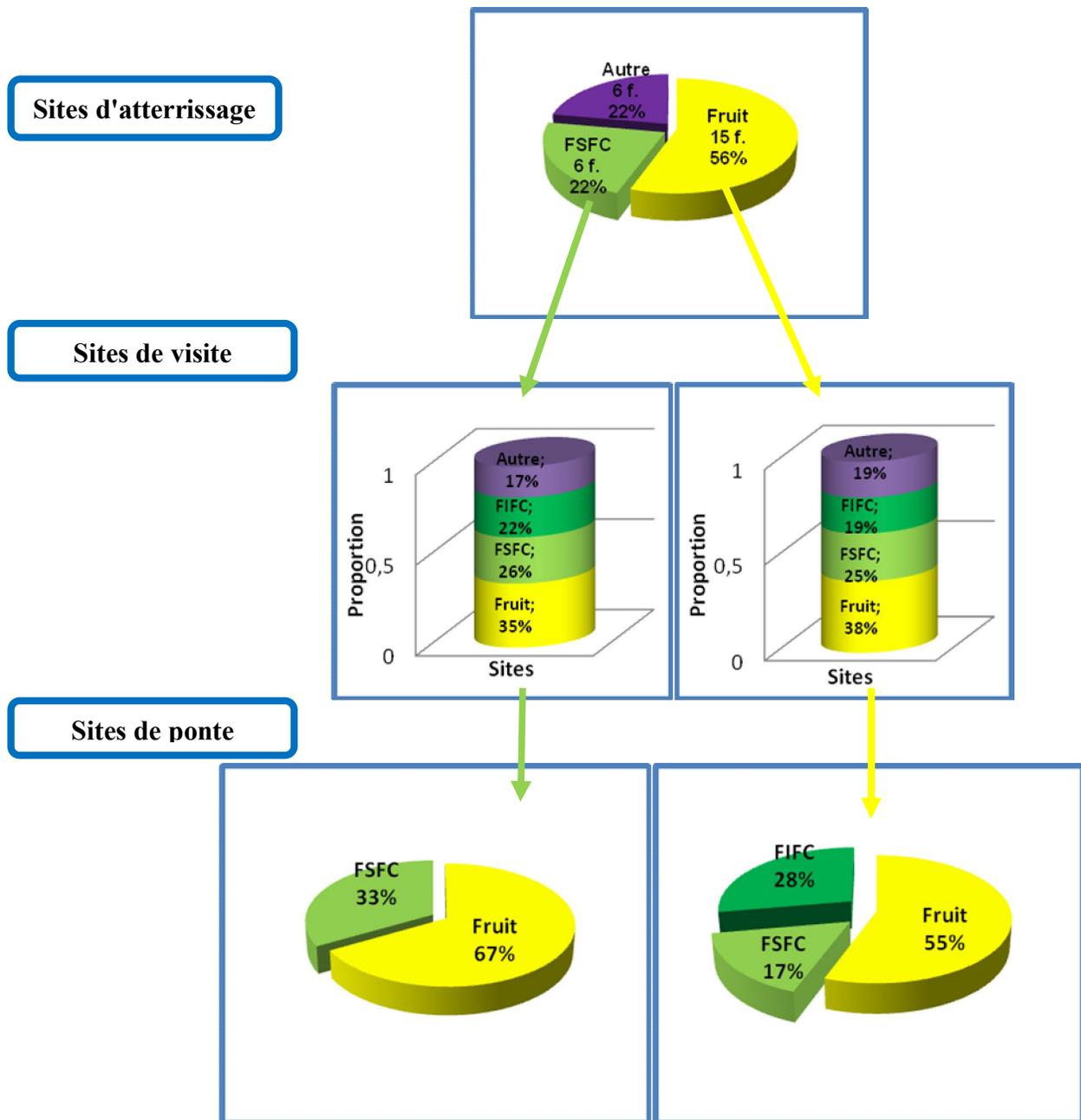


Figure 64 : Proportion (%) des femelles qui pondent et qui ne pondent pas ayant un certain type de comportement chez Golden Delicious (b et d) et Starkrimson (a et c) (Vol 1).

Figure 65 : Sites d'atterrissages et de visites des femelles qui ont pondu sur Golden Delicious (Vol 2)



Légende :

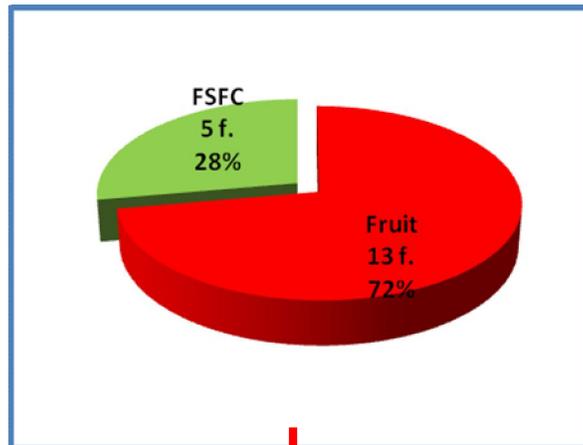
f. : Femelle ;

FIFC : Face Inférieure des Feuilles de Corymbe ;

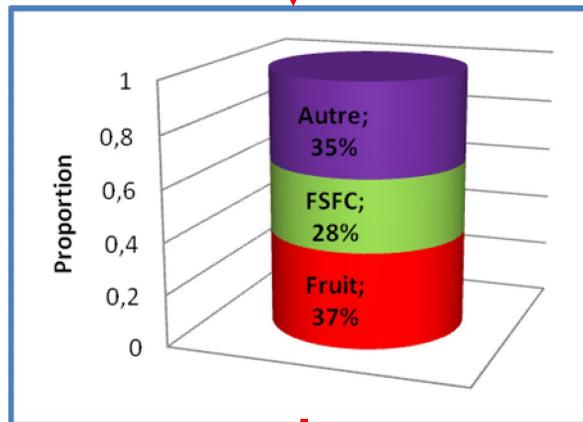
FSFC : Face Supérieure des Feuilles de Corymbe.

Figure 66 : Sites d'atterrissages et de visites des femelles qui ont pondu sur Starkrimson (Vol 2)

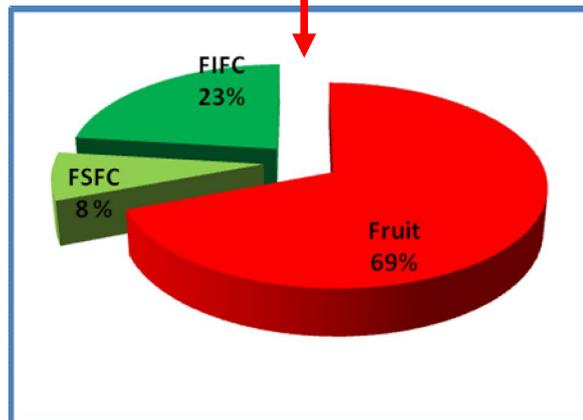
Sites d'atterrissage



Sites de visite



Sites de ponte



Légende :

f. : Femelle ;

FIFC : Face Inférieure des Feuilles de Corymbe ; FSFC : Face Supérieure des Feuilles de Corymbe.

Comme pour le 1^{er} vol, pour les femelles qui pondent sur Golden Delicious et Starkrimson, il existe 4 étapes comportementales : marche, arrêt, marche avec balayage et balayage à l'arrêt, quel que soit le site d'atterrissage (Figures 67 a et b). Les femelles qui ne pondent pas sur Golden Delicious balayent avec l'ovipositeur à l'arrêt seulement (25 %) (Figure 67 d). Par contre, sur Starkrimson les femelles qui ne pondent pas balayent avec l'ovipositeur à l'arrêt (23.5 %) et en marche (35.29 %) (Figure 67 c).

Les femelles qui pondent sur les deux variétés examinent donc la surface de l'organe sur lequel ont atterri, par balayage de l'ovipositeur. Les cas où il y a balayage sans ponte avec un pourcentage élevé sont les 57.41 % (4 femelles) de femelles qui atterrissent sur les fruits de Starkrimson.

➤ Le troisième vol

Au contraire des deux premiers vols, les résultats de ce vol présentent une différence très visible entre les deux variétés dans l'acceptation de ponte observée. Après une heure d'observation, 76.67 % de femelles acceptent de pondre sur Golden Delicious et 43.3 % sur Starkrimson. Quelle que soit la variété, les femelles atterrissent sur les fruits (Tableau 16).

Les organes visités restent très majoritairement ceux sur lesquels les femelles ont atterri. Avec une tendance à visiter également d'autres sites (face supérieure et inférieure des feuilles de corymbe ou fruits) et lorsqu'il y a ponte, elle a lieu sur les fruits (Tableau 16).

Quelle que soit la variété, la visite de la face inférieure des feuilles de corymbe n'entraînent pas la ponte. Cependant, les fruits induisent l'acceptation du site et la ponte.

Comme pour les deux vols précédents, les sites de pontes sont en large majorité ceux sur lesquels les femelles ont atterri (Figures 68 et 69).

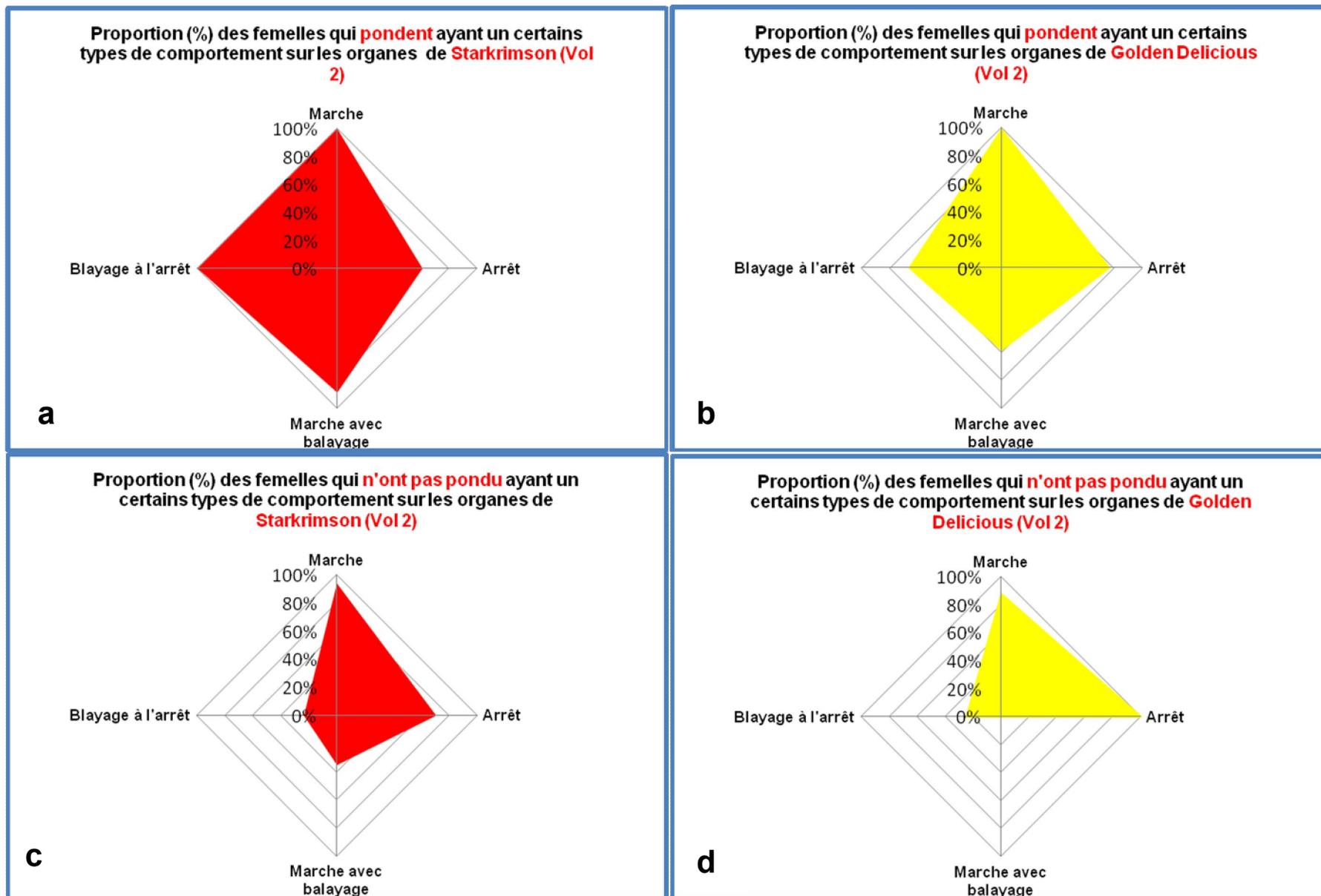
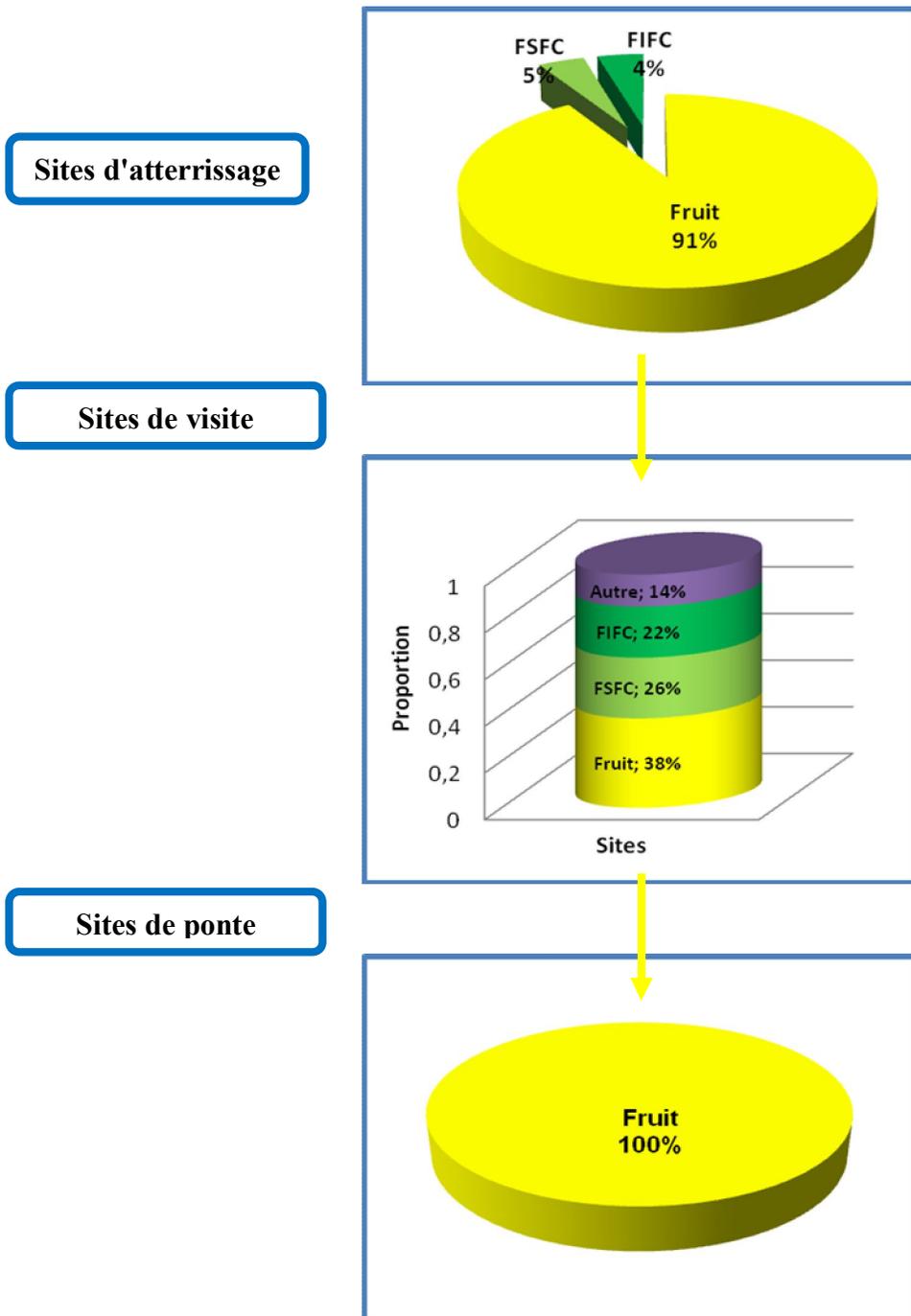


Figure 67 : Proportion (%) des femelles qui pondent et qui ne pondent pas ayant un certain type de comportement chez Golden Delicious (b et d) et Starkrimson (a et c) (Vol 2).

Figure 68 : Sites d'atterrissages et de visites des femelles qui ont pondu sur Golden Delicious (Vol 3)



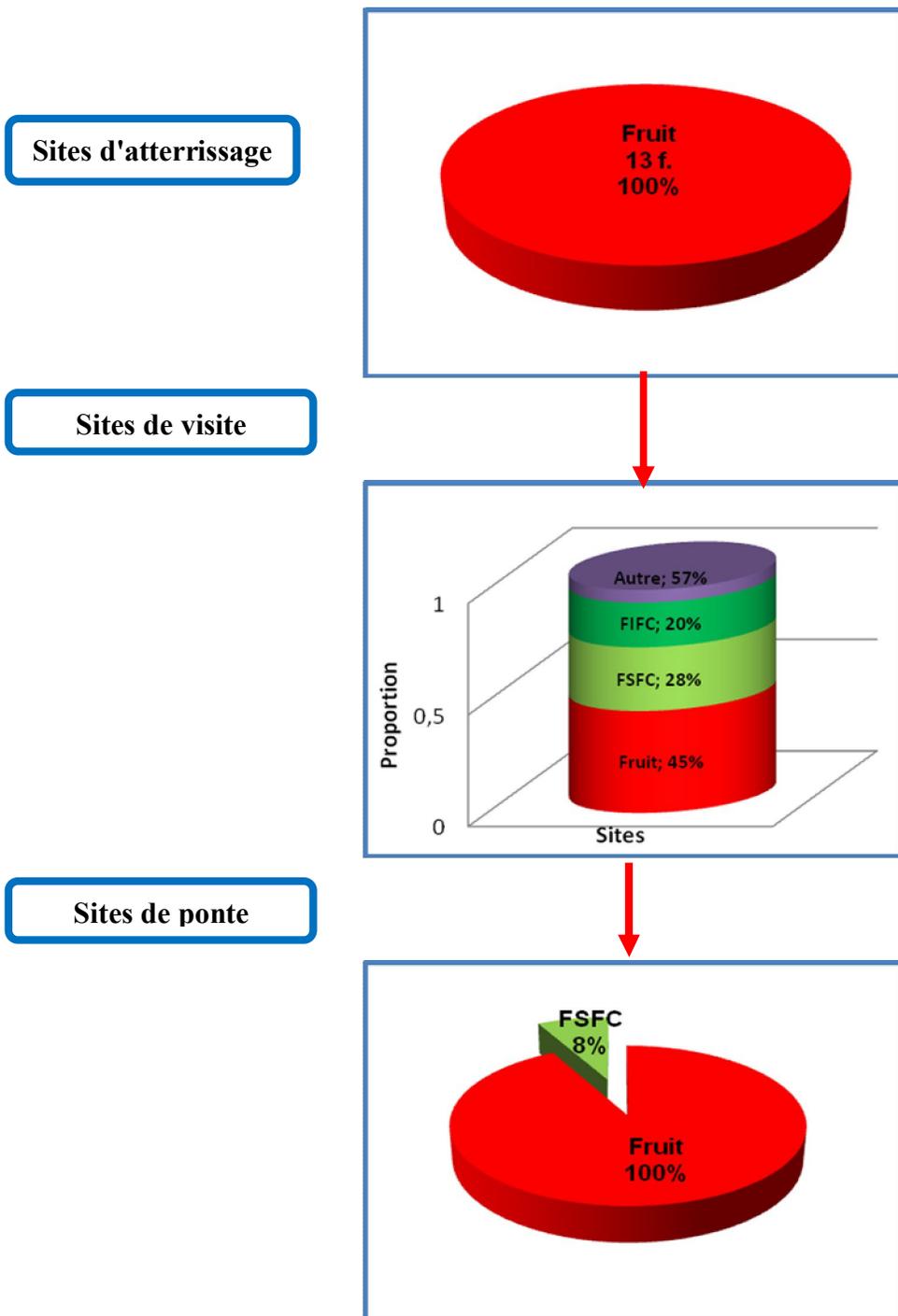
Légende :

f. : Femelle ;

FIFC : Face Inférieure des Feuilles de Corymbe ;

FSFC : Face Supérieure des Feuilles de Corymbe.

Figure 69 : Sites d'atterrissage et de visites des femelles qui ont pondu sur Starkrimson (Vol3)



Légende :

f. : Femelle ;

FIFC : Face Inférieure des Feuilles de Corymbe ;

FSFC : Face Supérieure des Feuilles de Corymbe.

Pour les femelles qui pondent sur Golden Delicious et Starkrimson, il existe 4 étapes comportementales : marche, arrêt, marche avec balayage et balayage à l'arrêt, quel que soit le site d'atterrissage (Figures 70 a et b). Les femelles qui ne pondent pas sur Golden Delicious ne balayent pas avec l'ovipositeur, ni en marche ni à l'arrêt (Figure 70 d). Par contre, sur Starkrimson les femelles qui ne pondent pas balayent avec l'ovipositeur à l'arrêt (29.5 %) et en marche (29.41 %) (Figure 70 c).

Toutes les femelles qui pondent sur les deux variétés examinent la surface de l'organe sur lequel ont atterri, par balayage de l'ovipositeur. Les cas où il y a balayage sans ponte avec un pourcentage de 57.14 % (8 femelles) de femelles qui atterrissent sur les fruits de Starkrimson.

1.1.2 - *Comportement d'examen :*

1.1.2.1 - Comparaison du comportement de ponte **entre variétés** pour les femelles qui **ont pondu**

➤ Premier Vol :

Au cours de ce vol, les femelles qui pondent sur Golden Delicious ont une durée de balayage (17.27 ± 2.14) plus importante que sur Starkrimson (11.11 ± 2.77) (Figure 71). Cependant, la vitesse de déplacement lors du balayage est identique sur les deux variétés (0.05 ± 0.01) (Tableau annexe 3).

➤ Deuxième Vol :

Sur Golden Delicious, les femelles qui pondent enregistrent une durée de marche sans balayage (37.89 ± 2.76) plus élevée à celles sur Starkrimson (28.83 ± 2.09) (Figure 72). Comme, elles se déplacent plus rapidement sur Golden Delicious (0.34 ± 0.04) que sur Starkrimson (0.21 ± 0.03) (Figure 73). La vitesse de déplacement lors de la marche en balayage est par contre identique sur les deux variétés (Tableau annexe 3).

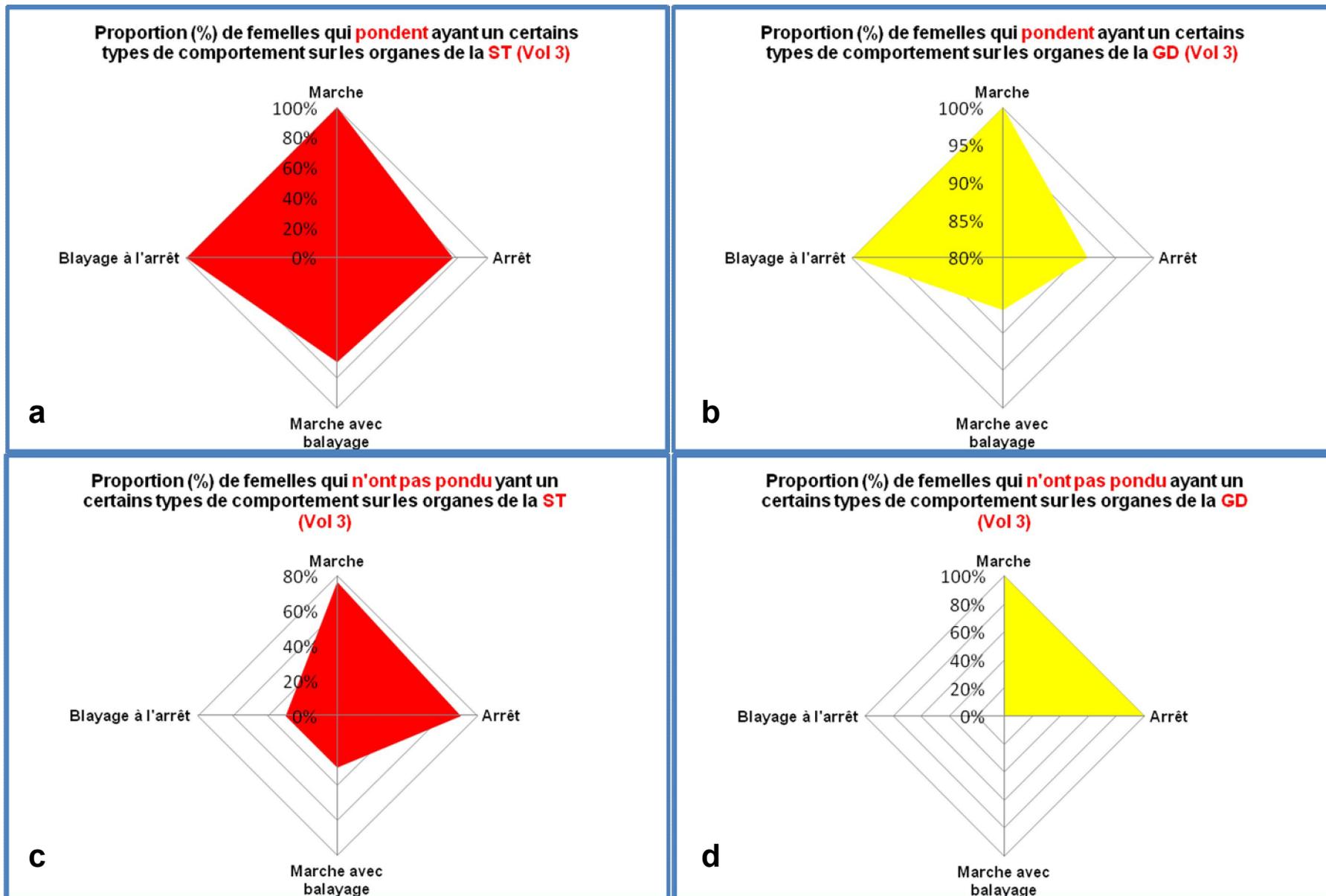


Figure 70 : Proportion (%) des femelles qui pondent et qui ne pondent pas ayant un certain type de comportement chez Golden Delicious (b et d) et Starkrimson (a et c) (Vol 3).

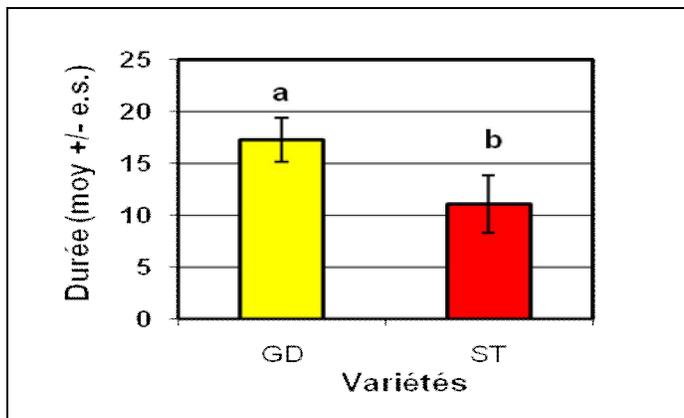


Figure 71 : Durée (sec) de balayage chez les femelles qui ont pondu (Vol 1).

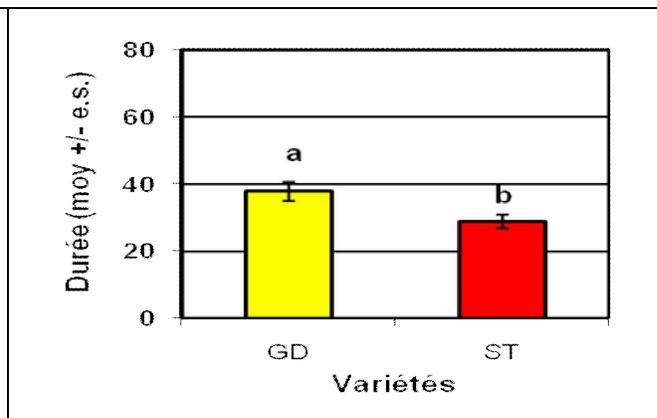


Figure 72 : Durée (sec) de marche sans balayage chez les femelles qui ont pondu (Vol 2).

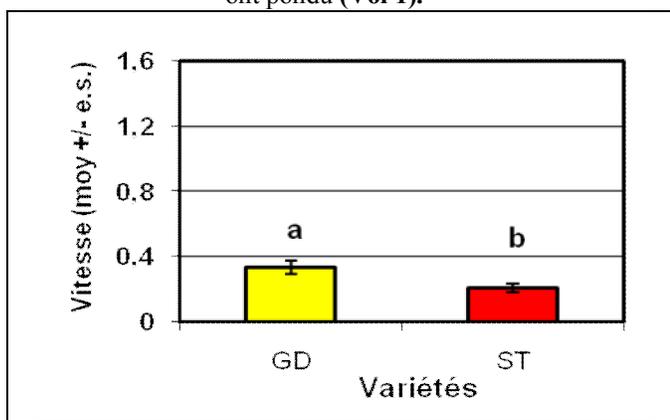


Figure 73 : Vitesse de déplacement (cm/sec) lors de la marche sans balayage chez les femelles qui ont pondu (Vol 2).

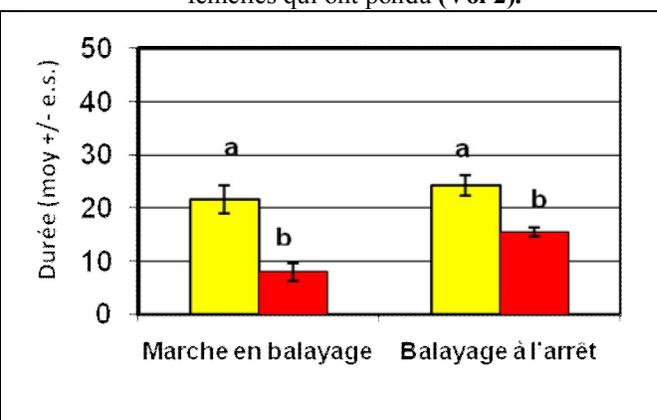


Figure 74 : Durée (sec) de balayage en marche et à l'arrêt chez les femelles qui ont pondu (Vol 3).

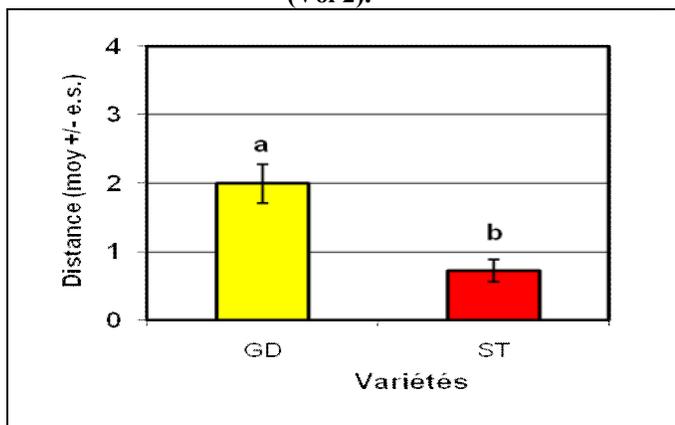


Figure 75 : Distance parcourue (cm) lors du balayage en marche (Vol 3).

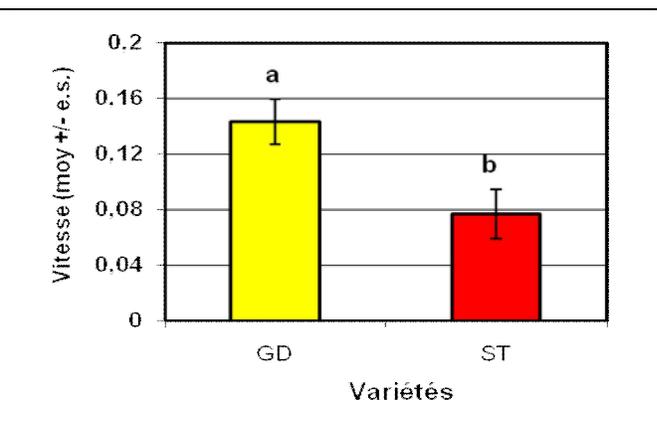


Figure 76 : Vitesse de déplacement (cm/sec) lors du balayage en marche (Vol 3).

Légende commune :

■ Golden Delicious (GD), ■ Starkrimson (ST).

(Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes à $P = 0.05$; d'après le test-t de Student).

➤ **Troisième Vol :**

Les femelles qui pondent sur Golden Delicious balayent plus avec l'ovipositeur, en marche (21.70 ± 2.60) et à l'arrêt ($24,39 \pm 1.93$) que sur Starkrimson (8.00 ± 1.72) et (15.54 ± 0.80) par ordre (Figure 74). De même, elles parcourent plus de distance (marche en balayage) sur Golden Delicious (2.00 ± 0.28) que sur Starkrimson (0.72 ± 0.16) (Figure 75) et se déplacent plus rapidement sur Golden Delicious (0.14 ± 0.02) que sur Starkrimson (0.08 ± 0.02) (Figure 76). Cependant, les autres étapes comportementales ont été identiques, citons par exemple : la distance parcourue et la vitesse de déplacement lors de la marche sans balayage, ainsi que pour le nombre des arrêts (Tableau annexe 3).

1.1.2.2 - Comparaison du comportement de ponte entre variétés pour les femelles qui n'ont pas pondu

➤ **Premier Vol :**

Les femelles qui ne pondent pas ont une durée de marche sans balayage plus importante sur Starkrimson que sur Golden Delicious (Figure 77), et elles parcourent plus de distance (marche sans balayage) sur Starkrimson que sur Golden Delicious (Figure 78). Notons aussi que ces femelles balayent moins en marche et à l'arrêt sur Golden Delicious que sur Starkrimson (Figure 77), avec une différence plus nette entre les deux ; où les femelles ne balayent pas en marchant sur Golden Delicious. À l'inverse des femelles qui ne pondent pas atterrissent beaucoup plus sur Golden Delicious que sur Starkrimson nous enregistrons une durée des arrêts plus élevée sur la première variété que la deuxième (Figure 79).

➤ **Deuxième Vol :**

Les femelles qui n'ont pas pondu balayent plus avec l'ovipositeur sur Starkrimson et pas du tout sur Golden Delicious (Figure 80).

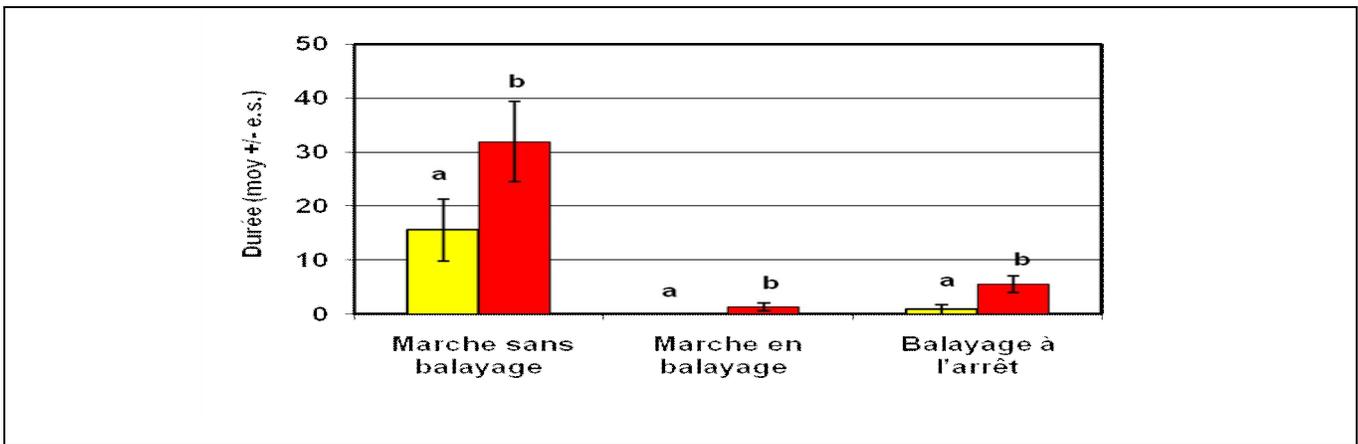


Figure 77 : Durée (sec) de balayage de l'ovipositeur chez les femelles qui n'ont pas pondu (Vol 1).

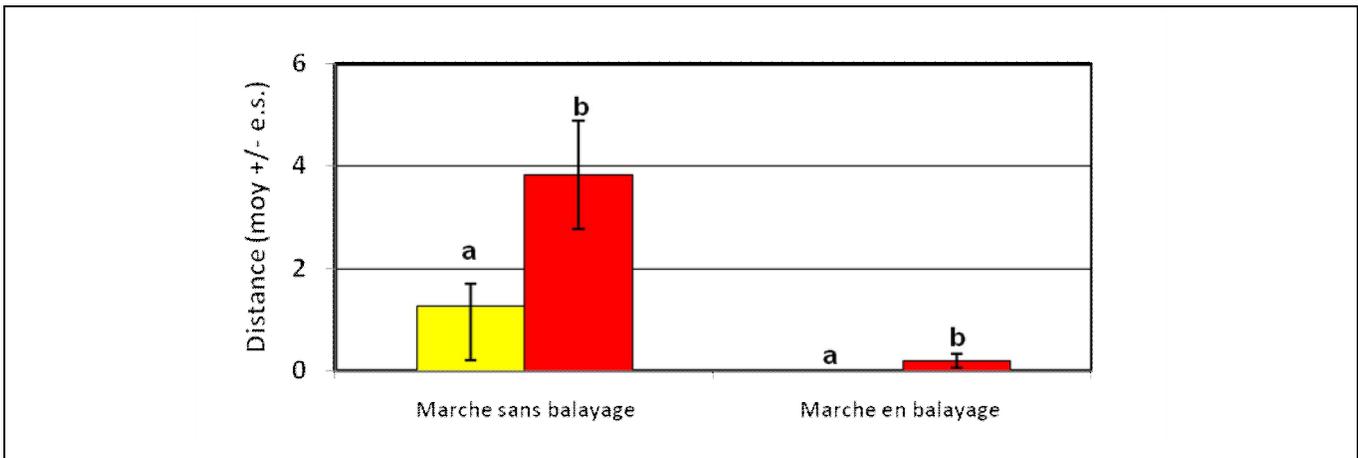


Figure 78 : Distance parcourue (cm) par les femelles qui n'ont pas pondu (Vol 1).

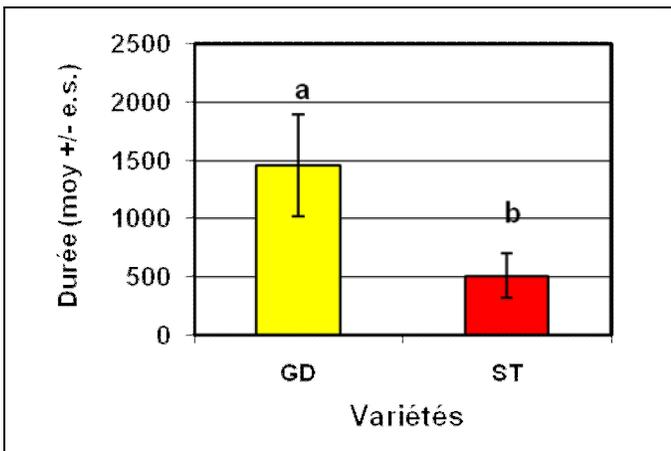


Figure 79 : Durée (sec) des arrêts chez les femelles qui n'ont pas pondu (Vol 1).

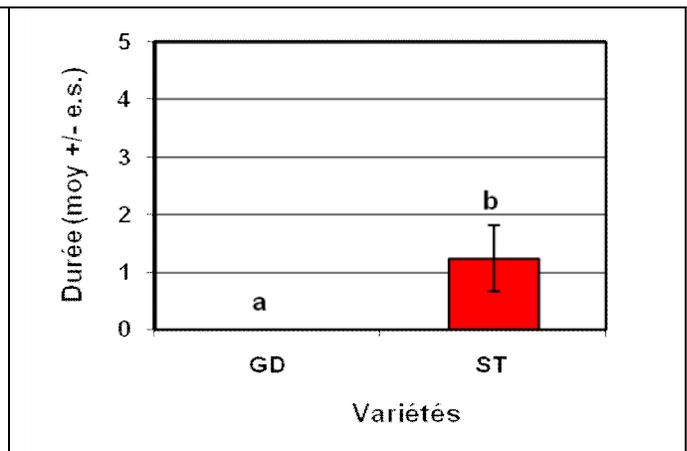


Figure 80 : Durée (sec) de balayage chez les femelles qui n'ont pas pondu (Vol 2).

Légende commune:

Golden Delicious (GD), Starkrimson (ST).

(Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes à $P = 0.05$; d'après le test-t de Student).

➤ **Troisième vol :**

Aucune différence significative n'a été observée au cours ce vol. À l'exception qu'on a enregistré l'absence du balayage avec l'ovipositeur des femelles qui ne pondent pas en marche et à l'arrêt sur Golden Delicious (Tableau annexe 4).

1.1.2.3 - Comparaison du comportement de ponte au sein de la variété Golden Delicious

➤ **Premier Vol :**

Les femelles qui pondent montrent une durée de marche sans balayage plus importante (38.36 ± 4.72) que celles qui n'ont pas pondu et (15.56 ± 5.70) (Figure 81). De même, les femelles pondeuses parcourent plus de distance (2.85 ± 0.32) que celles qui n'ont pas pondu (1.27 ± 0.43) (Figure 82). En plus, au moment où les femelles qui n'ont pas pondu ne balayent pas avec l'ovipositeur, les femelles pondeuses balayent plus avec l'ovipositeur en marche (7.73 ± 2.46) et parcourent plus de distance (0.80 ± 0.35), avec une vitesse de déplacement plus rapide (0.05 ± 0.01) (Figures 81, 82 et 83) (Tableau annexe 5).

➤ **Deuxième Vol :**

Pendant ce vol, les femelles pondeuses balayent plus avec l'ovipositeur en marche (14.33 ± 1.37) et à l'arrêt (13.44 ± 1.39) au moment où les femelles qui ne pondent pas balayent avec l'ovipositeur seulement en marche (0.50 ± 0.50) (Figure 84). En plus, les femelles pondeuses parcourent plus de distance lors de la marche sans balayage (5.91 ± 2.14) et même en balayant (1.28 ± 0.15) que les femelles qui n'ont pas pondu (0.75 ± 0.25) et (0.04 ± 0.04) respectivement (Figure 85). De même, les femelles qui pondent se déplacent plus rapidement lors de la marche sans balayage (0.34 ± 0.04) et en balayage (0.14 ± 0.01) que les femelles qui ne pondent pas (0.13 ± 0.04) et (0.01 ± 0.01) respectivement (Figure 86).

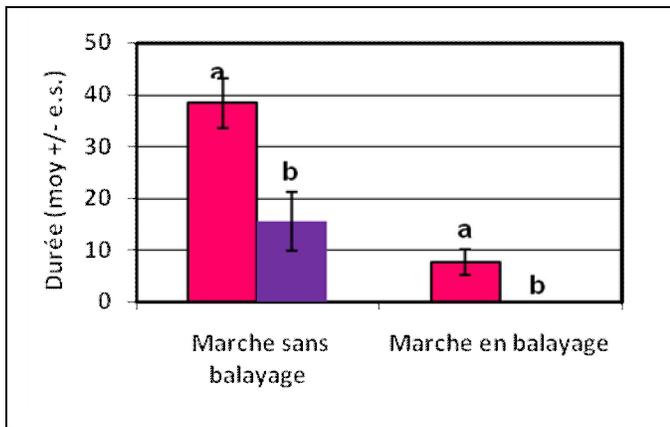


Figure 81 : Durée de balayage de l'ovipositeur sur la variété Golden Delicious (Vol 1).

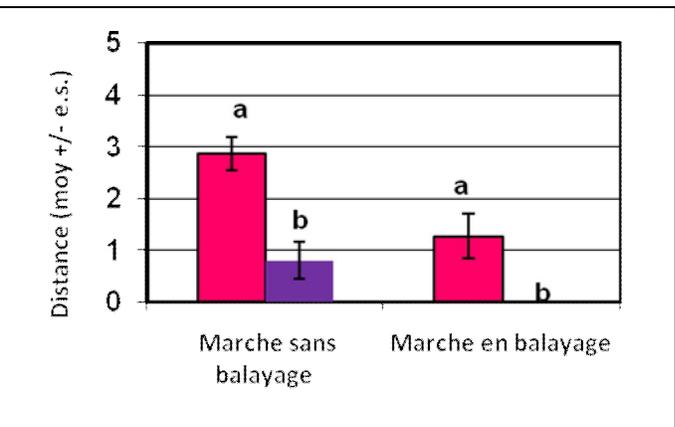


Figure 82 : Distance parcourue sur la variété Golden Delicious (Vol 1).

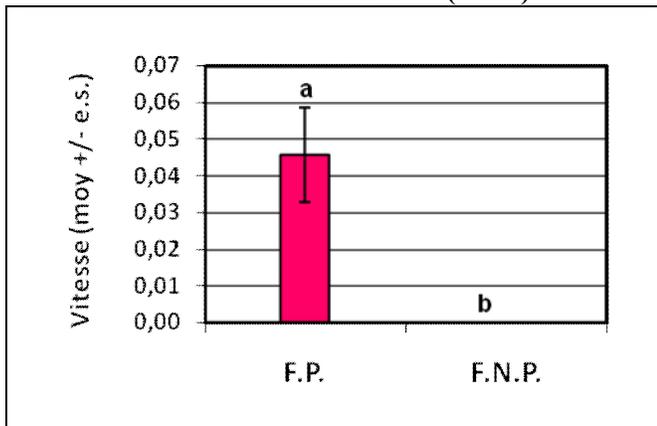


Figure 83 : Vitesse de déplacement (cm/sec) lors du balayage en marche sur Golden Delicious (Vol 1).

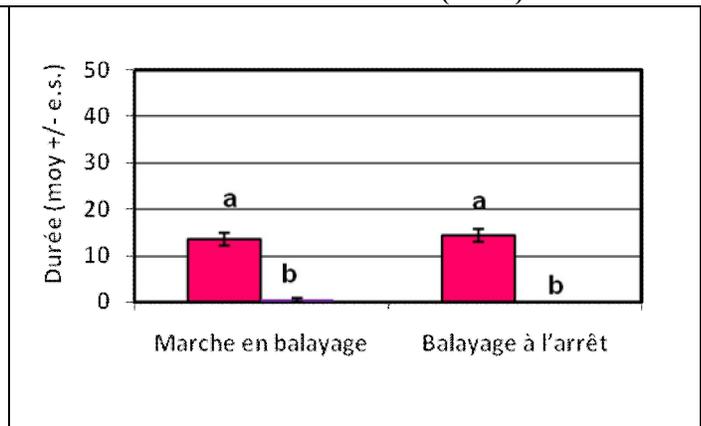


Figure 84 : Durée de balayage de l'ovipositeur sur la variété Golden Delicious (Vol 2).

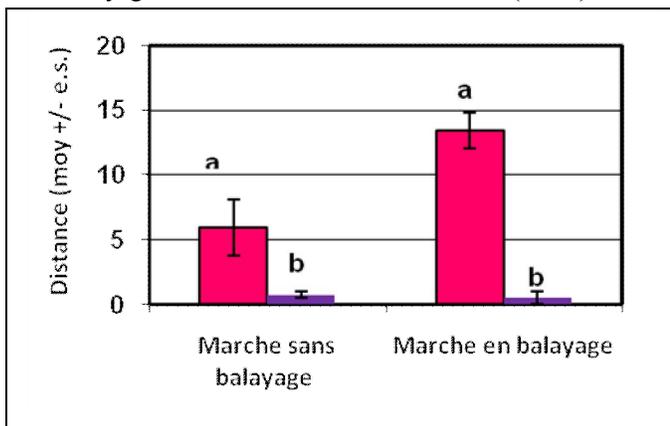


Figure 85 : Distance parcourue sur la variété Golden Delicious (Vol 2).

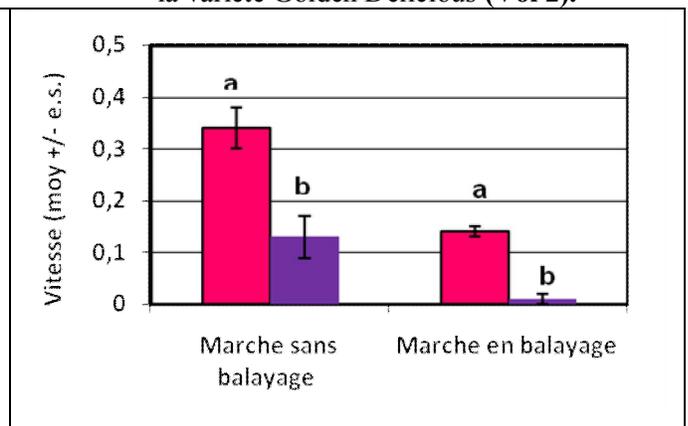


Figure 86 : Vitesse de déplacement sur la variété Golden Delicious (Vol 2).

Légende commune :

■ Femelles qui pondent (F.P.), ■ Femelles qui ne pondent pas (F.N.P.).

(Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes à $P = 0.05$; d'après le test-t de Student).

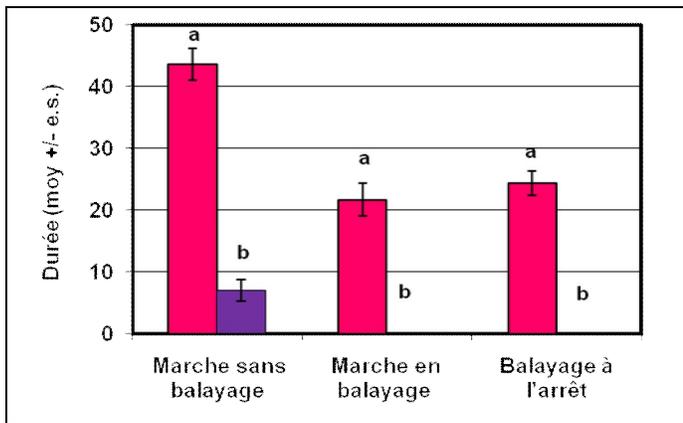


Figure 87 : Durée de balayage de l'ovipositeur sur Golden Delicious (Vol 3).

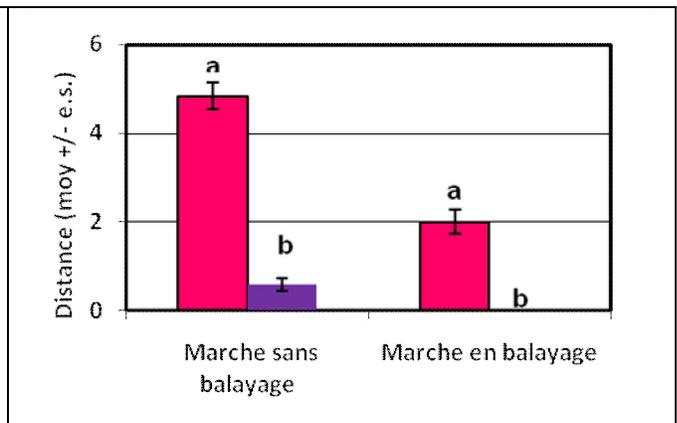


Figure 88 : Distance parcourue sur Golden Delicious (Vol 3).

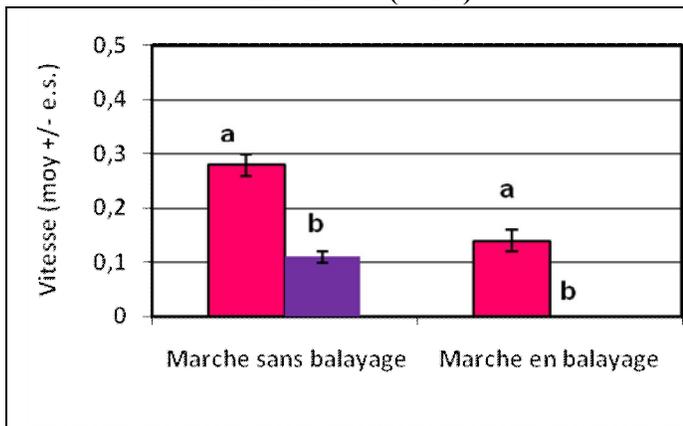


Figure 89: Vitesse de déplacement (cm/sec) sur Golden Delicious (Vol 3).

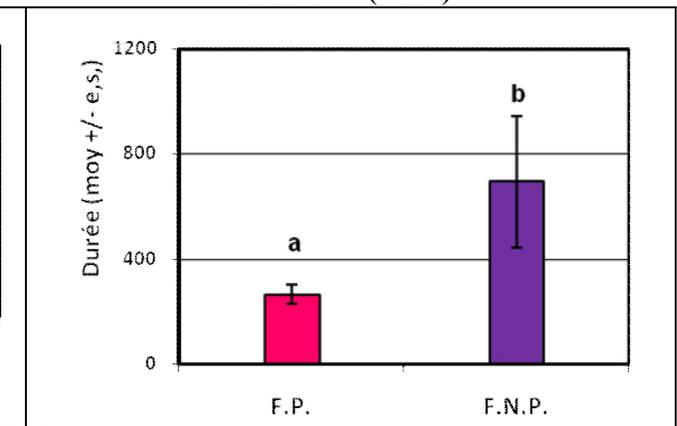


Figure 90 : Durée (sec) des arrêts sur Golden Delicious (Vol 3).

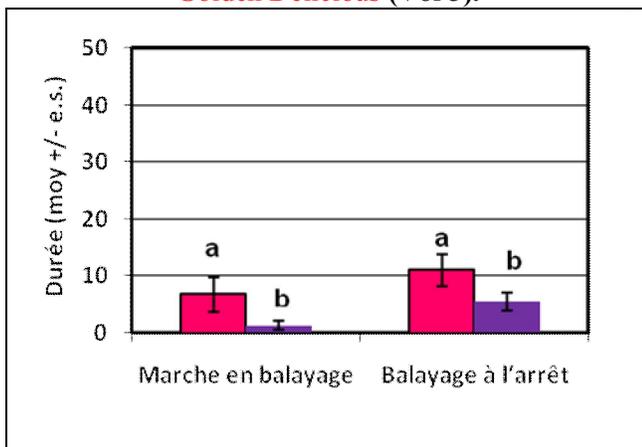


Figure 91 : Durée de balayage de l'ovipositeur sur Starkrimson (Vol 1).

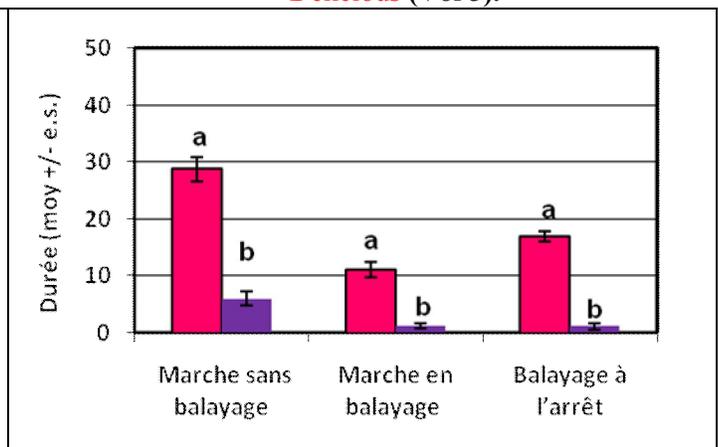


Figure 92 : Durée de balayage de l'ovipositeur sur Starkrimson (Vol 2).

Légende commune :

■ Femelles qui pondent (F.P.), ■ Femelles qui ne pondent pas (F.N.P.).

(Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes à $P = 0.05$; d'après le test-t de Student).

➤ **Troisième vol :**

Au cours de ce vol, la différence entre les femelles qui pondent et celles qui ne pondent pas est très significative et visible. Les femelles qui pondent ont une durée de marche sans balayage (43.52 ± 2.57) et en balayage (21.70 ± 21.60) plus importante que celles enregistrées par les femelles qui n'ont pas pondu (7 ± 1.79) et (0.00 ± 0.00) par ordre (Figure 87). De même, elles parcourent plus de distance lors de la marche sans balayage (4.84 ± 0.30) et en balayage (2.00 ± 0.28) que les femelles qui ne pondent pas (0.59 ± 0.14) et (0.00 ± 0.00) respectivement (Figure 88). Cette distance est parcourue en une vitesse très rapide par les femelles pondueuses en balayant (0.14 ± 0.02) et sans balayage (0.28 ± 0.02) que les femelles qui ne pondent pas (0.00 ± 0.00) et (0.11 ± 0.01) en ordre (Figure 89). Cependant, les femelles qui ne pondent pas ont une durée des arrêts (695 ± 251.86) beaucoup plus élevée que celles qui ont pondu (265.35 ± 37.09) (Figure 90).

1.1.2.4 - Comparaison du comportement de ponte **au sein de la variété Starkrimson**

➤ **Premier Vol :**

Les femelles qui pondent ont une durée de balayage en marche (6.89 ± 3.01) et à l'arrêt (11.11 ± 2.77) plus importantes que celles qui ne pondent pas (1.33 ± 0.77) et (5.53 ± 1.56) respectivement (Figure 91) (Tableau annexe 6).

➤ **Deuxième Vol :**

Les femelles qui pondent enregistrent une durée de marche sans balayage très élevée (28.83 ± 2.09) que celles qui ne pondent pas (6.12 ± 1.21). Comme elles balayent plus avec l'ovipositeur en marche et à l'arrêt (Figure 92), parcourent plus de distance (Figure 93), et se déplacent aussi vite que celles qui ne pondent pas (Figure 94).

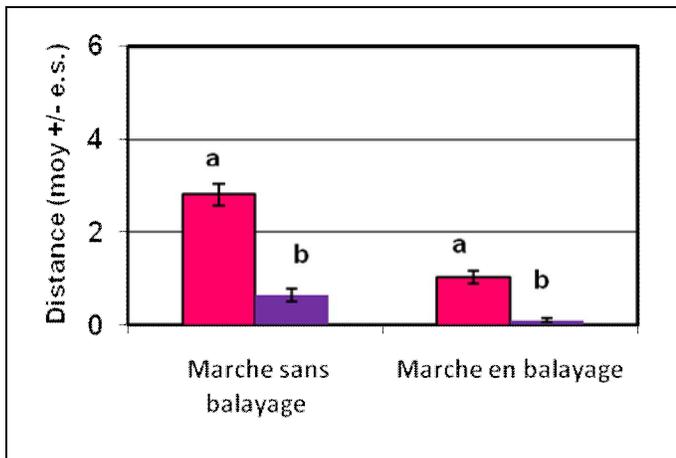


Figure 93 : Distance parcourue (cm) sur Starkrimson (Vol 2).

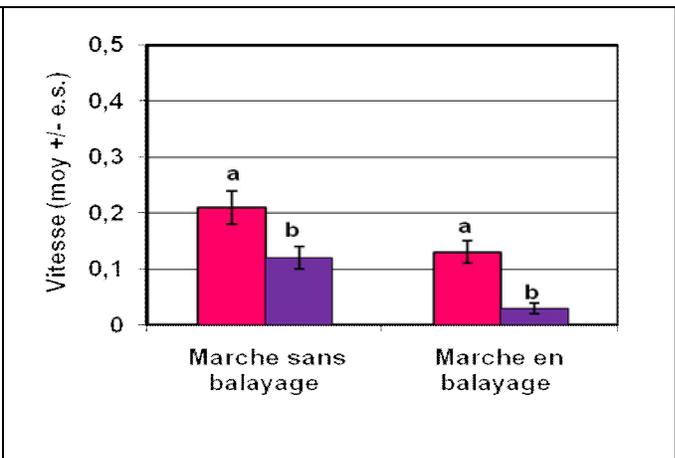


Figure 94 : Vitesse de déplacement (cm/sec) sur Starkrimson (Vol 2).

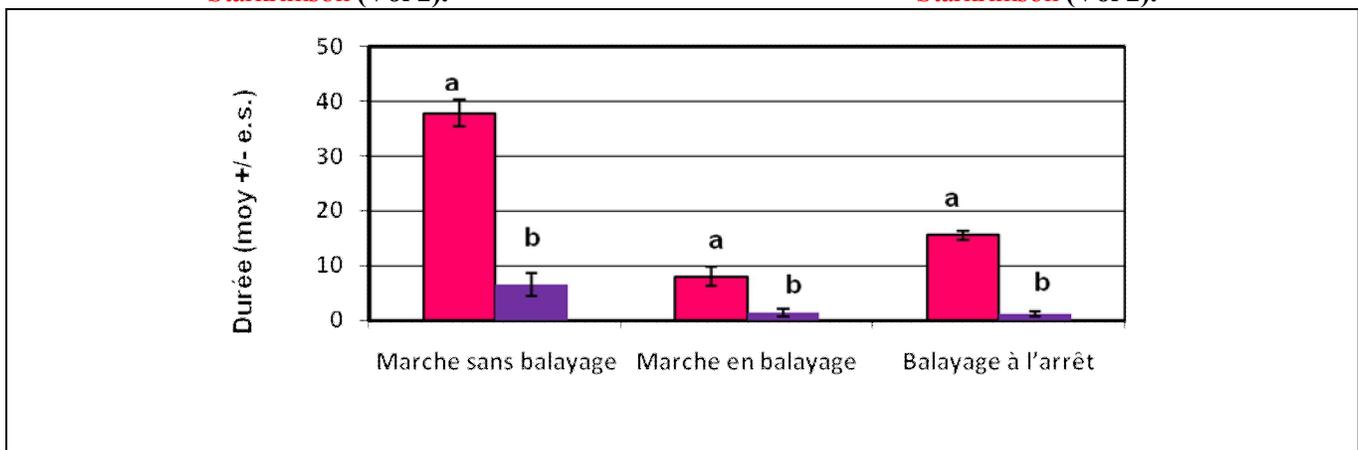


Figure 95 : Durée de balayage de l'ovipositeur sur Starkrimson (Vol 3).

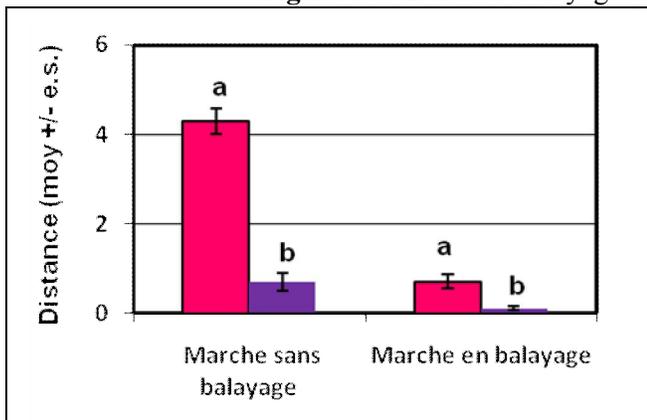


Figure 96 : Distance parcourue (cm) sur Starkrimson (Vol 3).

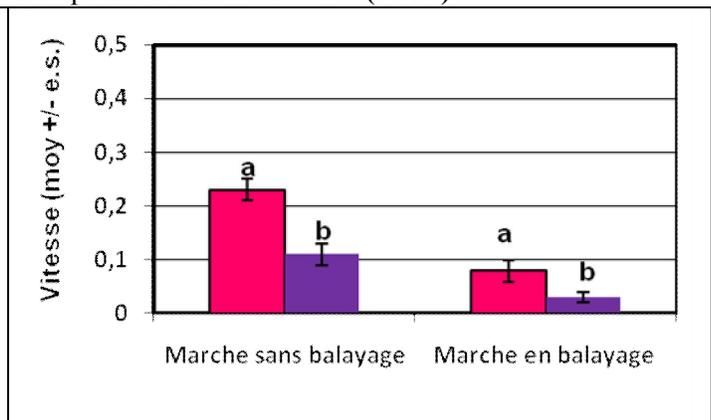


Figure 97 : Vitesse de déplacement (cm/sec) sur Starkrimson (Vol 3).

Légende commune :

■ Femelles qui pondent (F.P.), ■ Femelles qui ne pondent pas (F.N.P.).

(Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes à $P = 0.05$; d'après le test-t de Student).

➤ **Troisième vol :**

Les femelles qui pondent ont une durée de balayage à l'arrêt (15.54 ± 0.80) et en marche (8.00 ± 1.72) très importantes que celles qui ne pondent pas (1.24 ± 0.52) et (1.41 ± 0.62) par ordre (Figure 95). Ces femelles parcourent plus de distance en balayage (0.72 ± 0.16) et à l'arrêt (4.29 ± 0.29) que celles qui ne pondent pas (0.12 ± 0.05) et (0.70 ± 0.20) respectivement (Figure 96) et à une vitesse plus rapide avec respectivement (0.08 ± 0.02) et (0.03 ± 0.01) (Figure 97) (Tableau annexe 6).

1.1.2.5 - Comparaison du comportement de ponte au sein de la variété Golden Delicious et Starkrimson entre organe pour les femelles qui ont pondu

➤ **Premier Vol :**

Sur Golden Delicious, les femelles qui pondent ont une durée de marche sans balayage plus importante sur les feuilles ($29,82 \pm 5,99$) que sur les fruits ($1,73 \pm 1,45$) (Figure 98) et parcourent plus de distance sur les feuilles ($2,09 \pm 0,40$) que sur les fruits ($0,15 \pm 0,13$) (Figure 99), avec une vitesse de déplacement très rapide sur les feuilles ($0,19 \pm 0,09$) que sur les fruits ($0,01 \pm 0,01$) (Figure 100). Ces femelles balayent à l'arrêt et en marche seulement sur feuilles en enregistrant une durée de $14,00 \pm 2,87$ et $5,36 \pm 2,46$ par ordre (Figure 98), parcourent une distance (marche en balayage) ($0,65 \pm 0,37$) en une vitesse de déplacement égale à $0,03 \pm 0,01$ (Figures 99 et 100).

Les mêmes résultats ont été enregistrés sur Starkrimson, où les femelles qui pondent ont une durée de marche sans balayage plus importante sur les feuilles ($35,67 \pm 7,00$) que sur les fruits ($7,78 \pm 5,08$) (Figure 98) et parcourent plus de distance sur les feuilles ($2,8 \pm 0,53$) que sur les fruits ($0,59 \pm 0,32$) (Figure 99), avec une vitesse de déplacement très rapide sur les feuilles ($0,18 \pm 0,03$) que sur les fruits ($0,02 \pm 0,01$) (Figure 100). Ces femelles balayent à l'arrêt et en marche seulement sur feuilles en enregistrant une durée ($9,22 \pm 2,91$) et ($6,89 \pm 3,01$) par ordre (Figure 98), parcourent une distance (marche en balayage) ($0,15 \pm 0,24$) en une vitesse de déplacement égale à ($0,05 \pm 0,02$) (Figures 99 et 100).

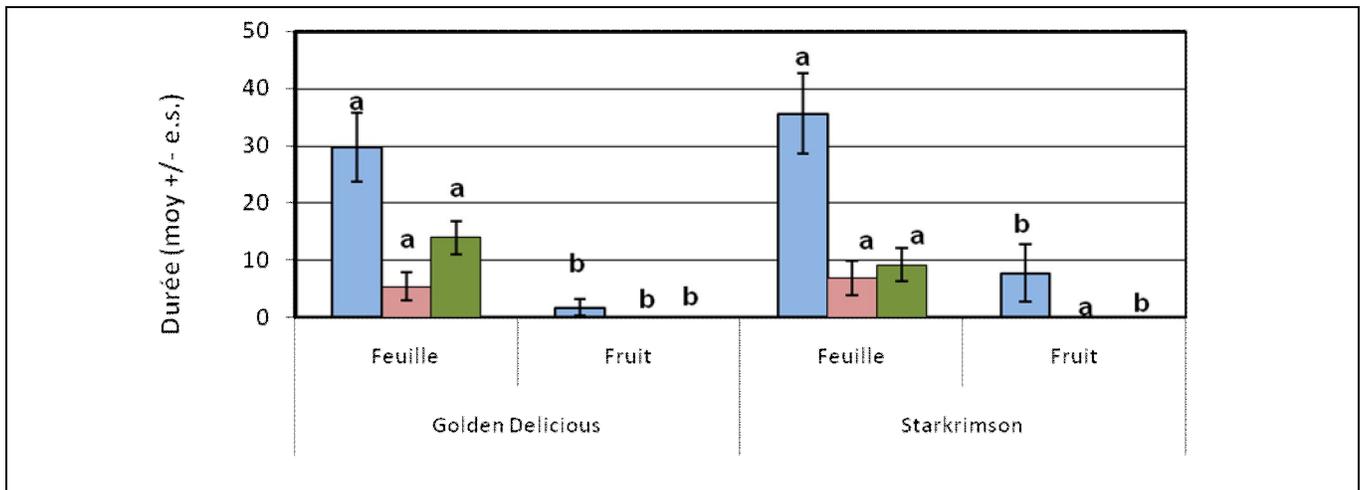


Figure 98 : Durée de balayage de l'ovipositeur chez les femelles qui pondent (Vol 1).

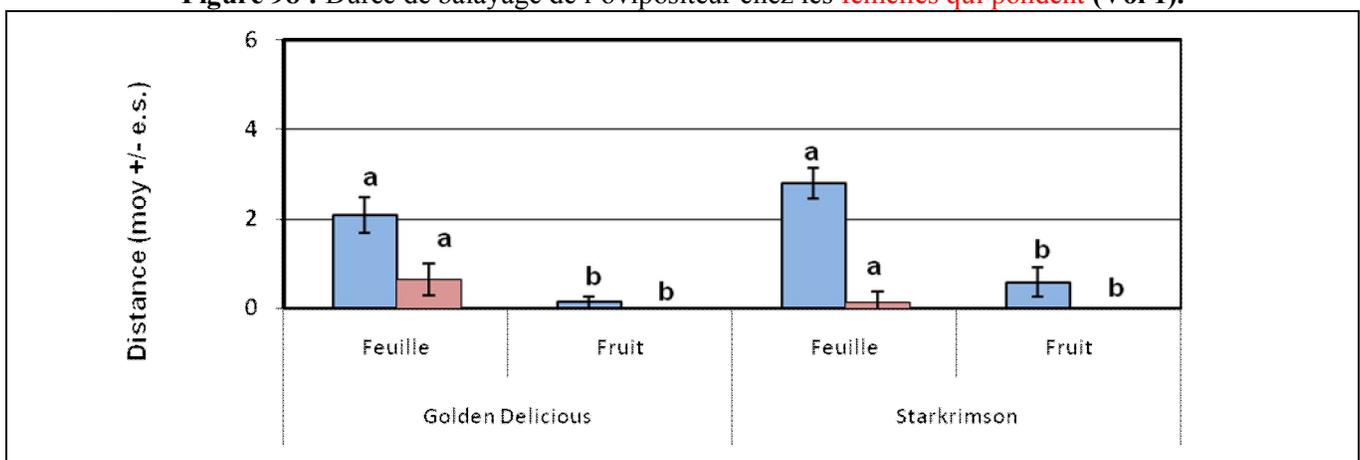


Figure 99 : Distance parcourue (cm) chez les femelles qui pondent (Vol 1).

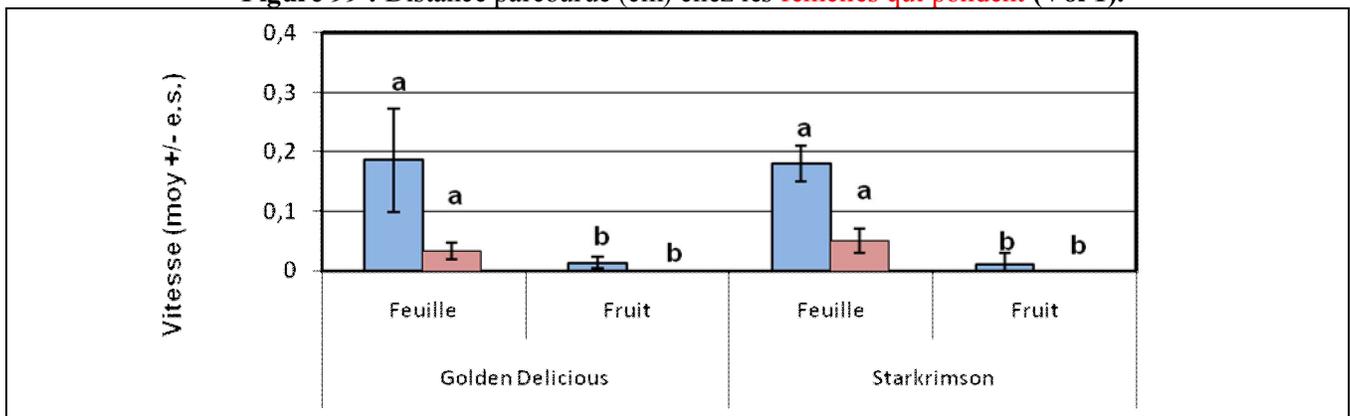


Figure 100 : Vitesse de déplacement (cm/sec) chez les femelles qui pondent (Vol 1).

Légende commune :

- Marche sans balayage ;
- Marche en balayage ;
- Balayage à l'arrêt.

(Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes à $P = 0.05$; d'après le test-t de Student).

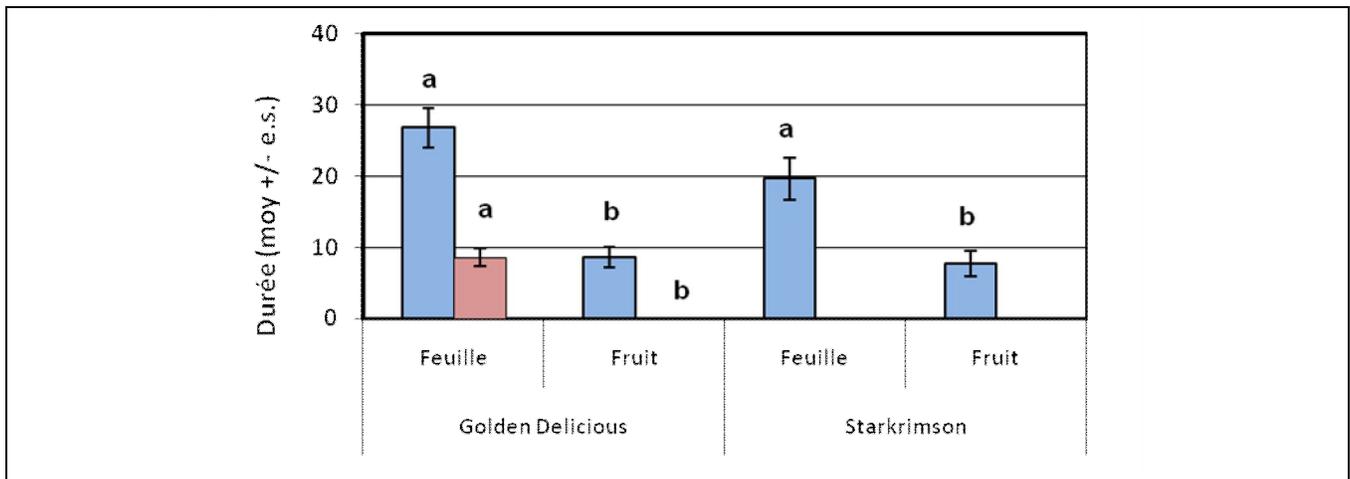


Figure 101 : Durée de balayage de l'ovipositeur chez les femelles qui pondent (Vol 2).

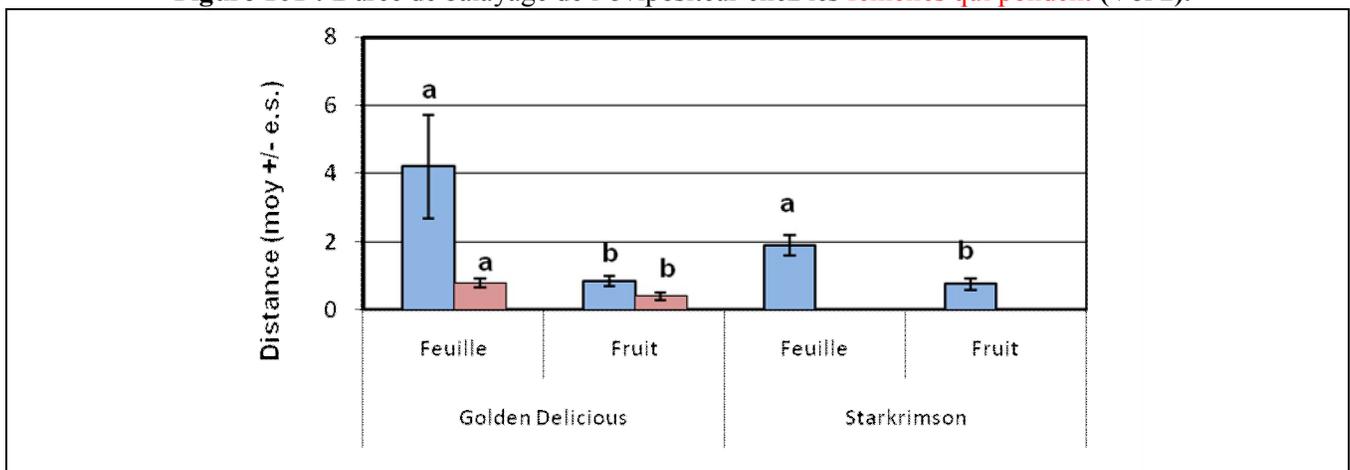


Figure 102 : Distance parcourue (cm) chez les femelles qui pondent (Vol 2).

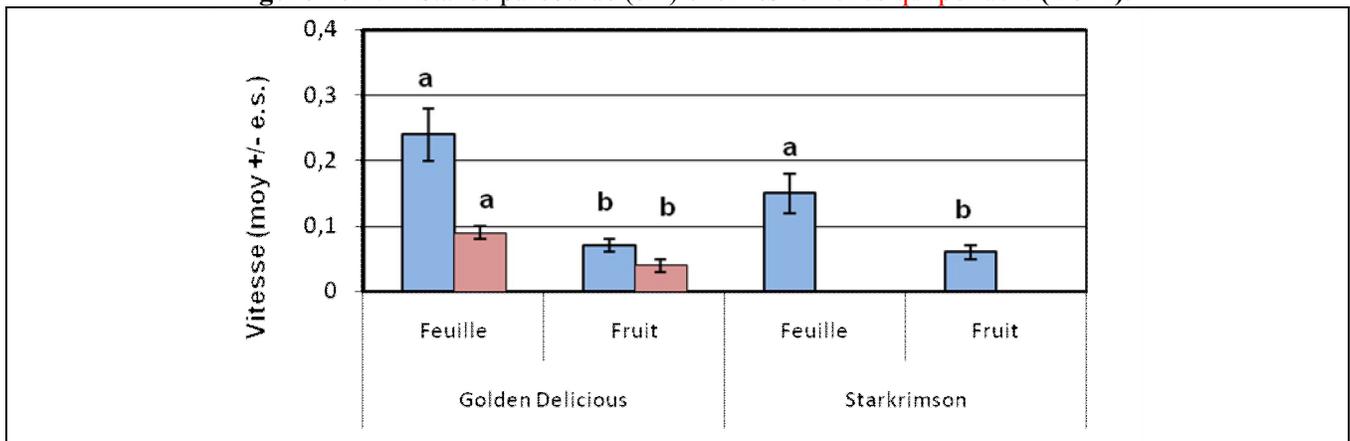


Figure 103 : Vitesse de déplacement (cm/sec) chez les femelles qui pondent (Vol 2).

Légende commune :

- Marche sans balayage ;
- Marche en balayage ;

(Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes à $P = 0.05$; d'après le test-t de Student au seuil de 0.05).

➤ **Deuxième Vol :**

Sur Golden Delicious, les femelles qui pondent ont une durée de marche sans balayage et en balayage plus importante sur les feuilles que sur les fruits (Figure 101) et parcourent plus de distance sur les feuilles (marche sans balayage et en balayage) que sur les fruits (figure 102), avec une vitesse de déplacement très rapide sur les feuilles que sur les fruits (Figure 103) (Tableau annexe 7b).

Sur Starkrimson, les femelles qui pondent ont une durée de marche sans balayage plus importante (Figure N°101), et parcourent plus de distance (Figure 102), en une vitesse très rapide (Figure N°103) sur les feuilles que sur les fruits (Tableau annexe 8b).

➤ **Troisième vol :**

Sur Golden Delicious, les femelles qui pondent balayent avec l'ovipositeur plus sur les fruits que sur les feuilles (Figure 104). Alors qu'elles ont une vitesse de déplacement très rapide sur les feuilles que sur les fruits (Figure 106). Comme, elles ont un nombre et une durée d'arrêt très importants sur les fruits que sur les feuilles (Figures 107 et 108) (tableau annexe 7c).

Sur Starkrimson, les femelles qui pondent ont une durée de balayage à l'arrêt et en marche plus élevées sur les fruits que sur feuilles (Figure 104). Elles parcourent plus de distance avec une vitesse très rapide sur les fruits que sur les feuilles (Figures 105 et 106). De même, elles ont un nombre et une durée d'arrêt très importants sur les fruits que sur les feuilles (Figures 107 et 108) (Tableau annexe 8c).

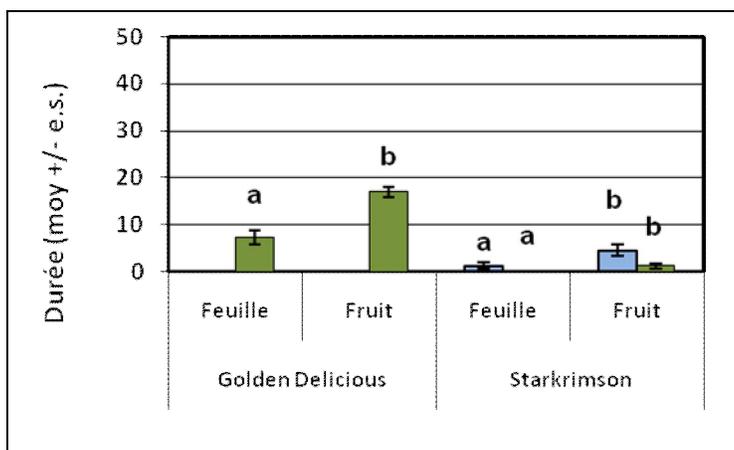


Figure 104 : Durée de balayage de l'ovipositeur chez les femelles qui pondent (Vol 3).

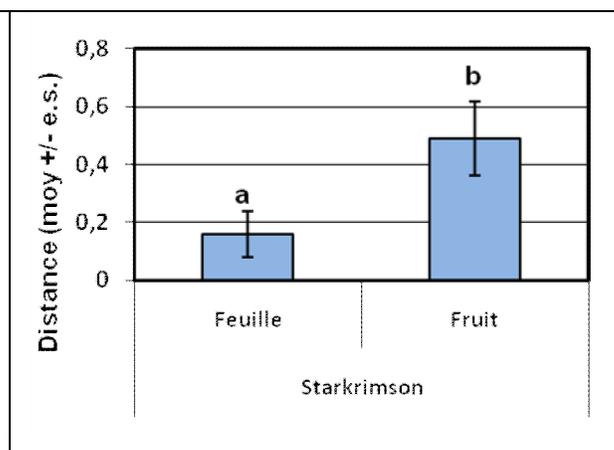


Figure 105 : Distance parcourue (cm) chez les femelles qui pondent (Vol 3).

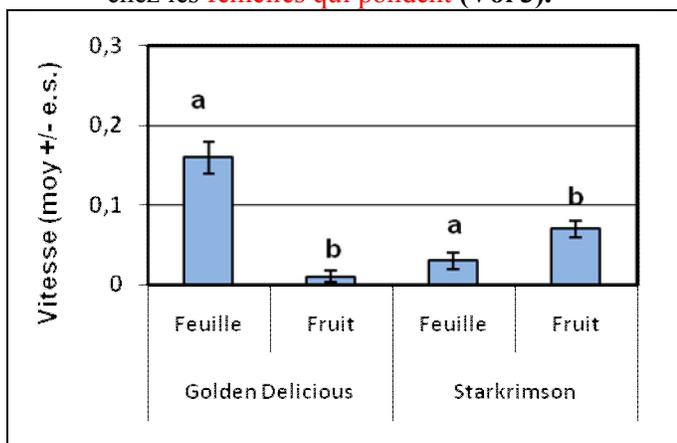


Figure 106 : Vitesse de déplacement (cm/sec) chez les femelles qui pondent (Vol 3).



Figure 107 : Nombre des arrêts chez les femelles qui pondent (Vol 3).

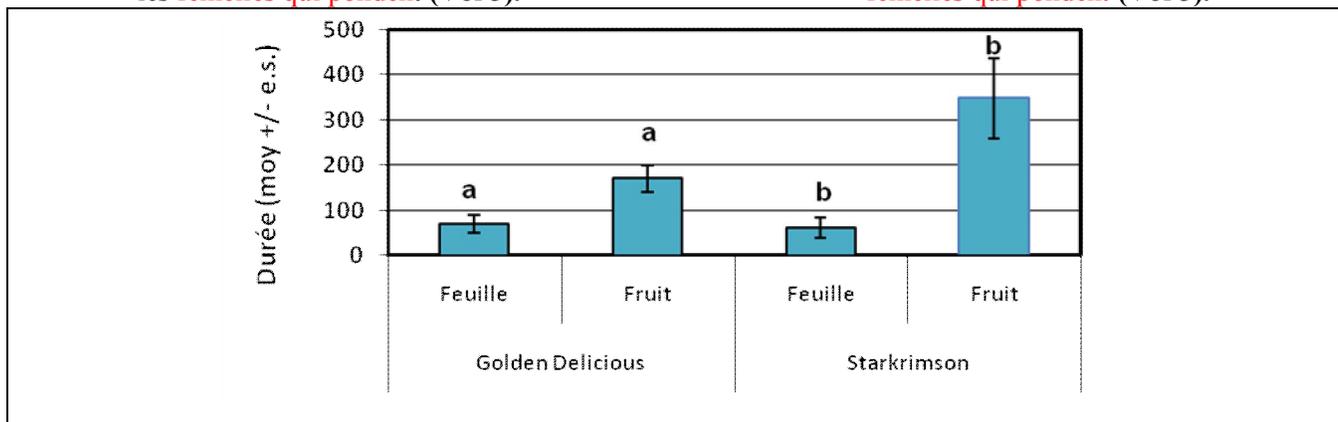


Figure 108 : Durée des arrêts chez les femelles qui pondent (Vol 3).

Légende commune :

- Marche sans balayage ;
- Balayage à l'arrêt ;
- Nombre des arrêts ;
- Durée des arrêts.

(Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes à $P = 0.05$; d'après le test-t de Student).

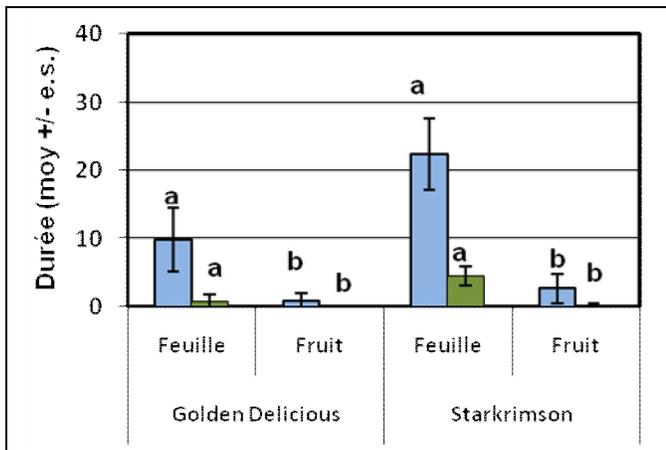


Figure 109 : Durée de balayage de l'ovipositeur chez les femelles qui ne pondent pas (Vol 1).

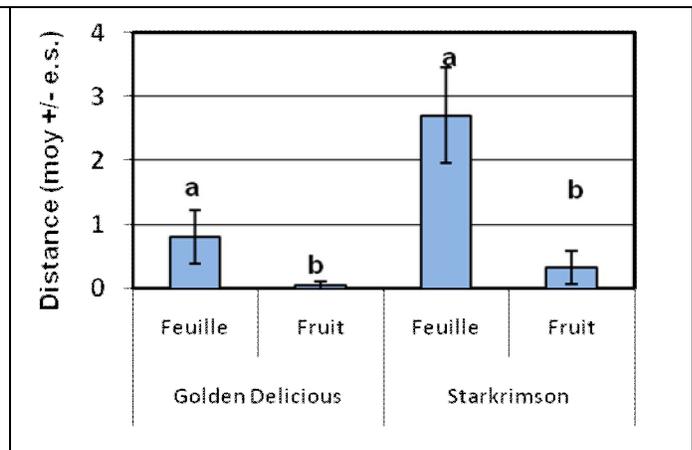


Figure 110 : Distance parcourue (cm) chez les femelles qui ne pondent pas (Vol 1).

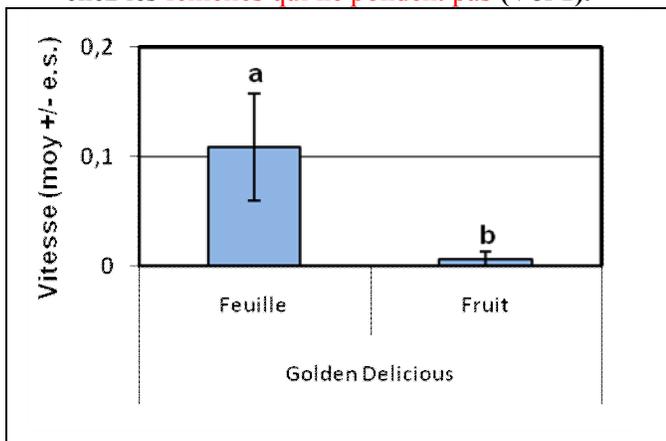


Figure 111 : Vitesse de déplacement (cm/sec) chez les femelles qui ne pondent pas (Vol 1).

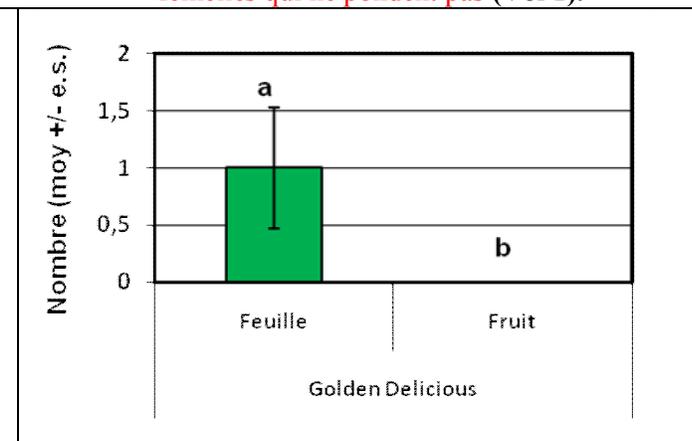


Figure 112 : Nombre des arrêts chez les femelles qui ne pondent pas (Vol 1).

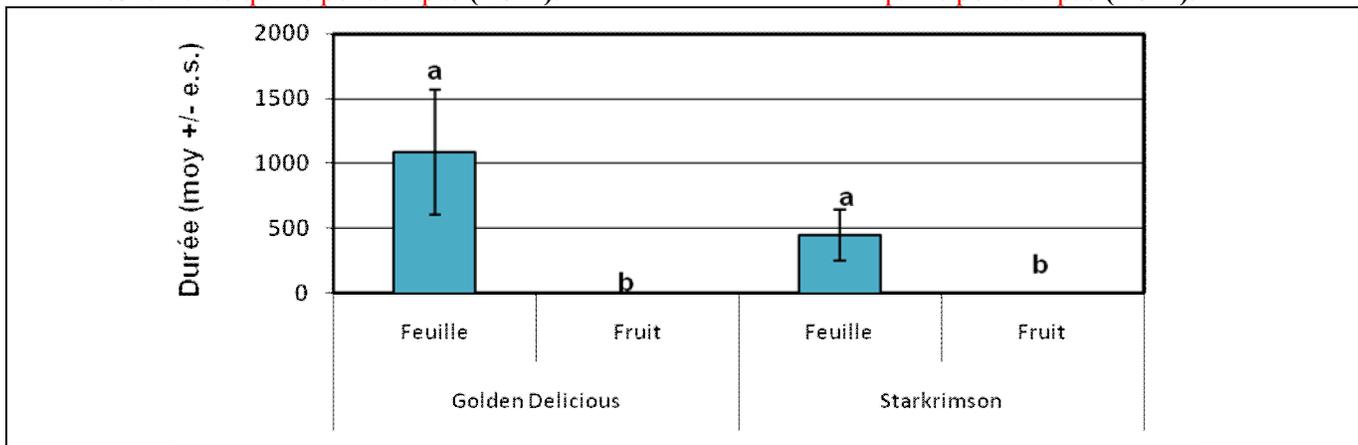


Figure 113 : Durée des arrêts chez les femelles qui ne pondent pas (Vol 1).

Légende commune :

- Marche sans balayage ;
- Balayage à l'arrêt ;
- Nombre des arrêts ;
- Durée des arrêts.

(Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes à $P = 0.05$; d'après le test-t de Student).

1.1.2.6 - Comparaison du comportement de ponte au sein de la variété Golden Delicious et Starkrimson entre organe pour les femelles qui ne pondent pas

➤ Premier Vol :

Sur Golden Delicious, les femelles qui ne pondent pas ont une durée de marche sans balayage très importante sur les feuilles ($9,89 \pm 4,69$) que sur les fruits ($1,00 \pm 1,00$), et parcourent une distance lors de la marche sans balayage ($0,81 \pm 0,42$) avec une vitesse de déplacement ($0,11 \pm 0,05$) plus importantes sur les feuilles que sur les fruits ($0,06 \pm 0,06$) et ($0,01 \pm 0,01$) par ordre (Figures 109, 110 et 111). Ces femelles balayent avec l'ovipositeur à l'arrêt seulement sur les feuilles ($0,89 \pm 0,89$) (Figure 109). De même, elles atterrissent seulement sur les feuilles en enregistrant un nombre d'arrêt égal à ($1,00 \pm 0,53$) et une durée de l'ordre de ($1088,44 \pm 481,59$) (Figures 112 et 113).

Sur Starkrimson, les femelles qui ne pondent pas balayent plus en marche ($22,40 \pm 5,19$) et à l'arrêt ($4,60 \pm 1,45$) sur feuilles que sur fruits avec respectivement ($2,73 \pm 2,13$) et ($0,27 \pm 0,27$) (Figure 109). Comme, elles ont une durée des arrêts plus importante sur les feuilles ($446,67 \pm 198,31$) que sur les fruits ($0,00 \pm 0,00$) (Figure 113).

➤ Deuxième Vol :

Sur Golden Delicious, les femelles qui ne pondent pas ont une vitesse de déplacement lors de la marche sans balayage plus importante sur les feuilles que sur les fruits (Figure 116). Avec un nombre et une durée d'arrêts très importants sur les feuilles que sur les fruits (Figures 117 et 118). Notons aussi l'absence du balayage à l'arrêt sur les deux organes et le balayage en marche seulement sur les fruits (Tableau annexe 7b)

Sur Starkrimson, les femelles qui ne pondent pas ont une durée de marche sans balayage et en balayage plus important sur les feuilles que sur les fruits (Figure 114) et parcourent plus de distance sur les feuilles (marche sans balayage et en balayage) que sur les fruits (Figure 115), avec une vitesse de déplacement très rapide sur les feuilles que sur les fruits (Figure 116). De même, le nombre et durée d'arrêts enregistrés sont très élevés sur les feuilles que sur les fruits (Figures 117 et 118) (Tableau annexe 8b).

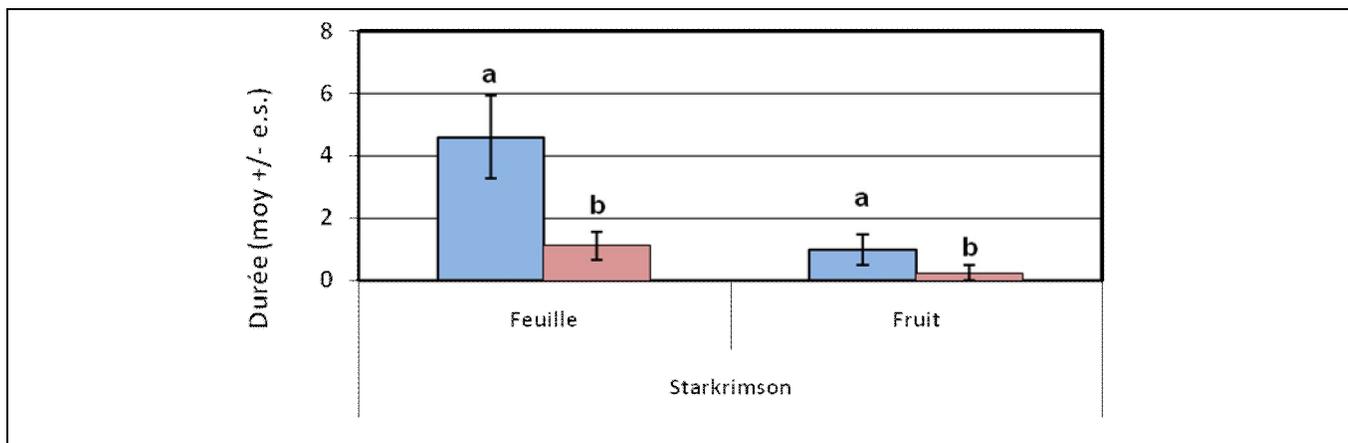


Figure 114 : Durée de balayage de l'ovipositeur chez les femelles qui ne pondent pas (Vol 2).

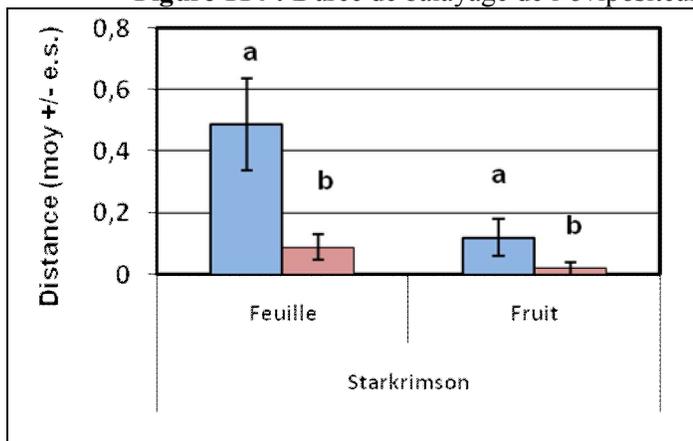


Figure 115 : Distance parcourue (cm) chez les femelles qui ne pondent pas (Vol2).

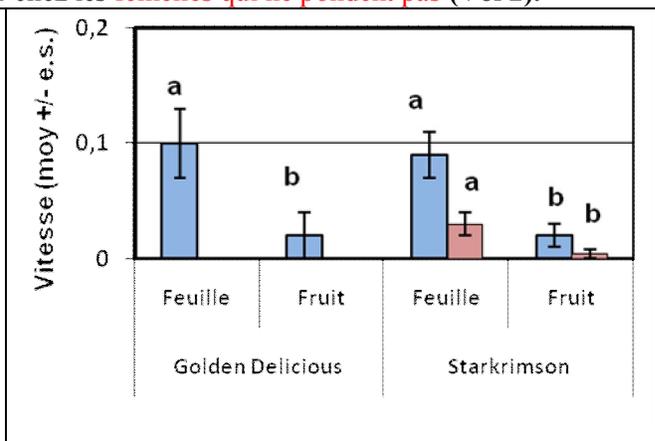


Figure 116 : Vitesse de déplacement (cm/sec) chez les femelles qui ne pondent pas (Vol2).

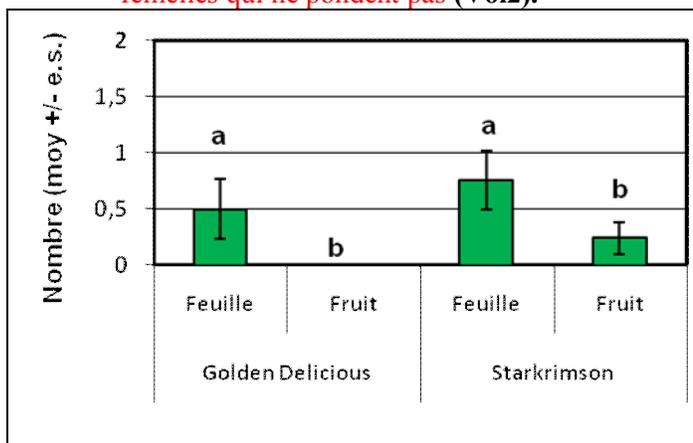


Figure 117 : Nombre des arrêts chez les femelles qui ne pondent pas (Vol2).

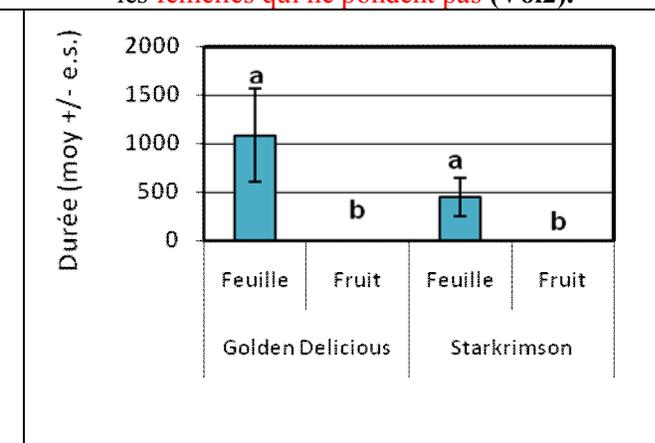


Figure 118 : Durée des arrêts chez les femelles qui ne pondent pas (Vol2).

Légende commune :

- Marche sans balayage ;
- Marche en balayage ;
- Nombre des arrêts ;
- Durée des arrêts.

(Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes à $P = 0.05$; d'après le test-t de Student).

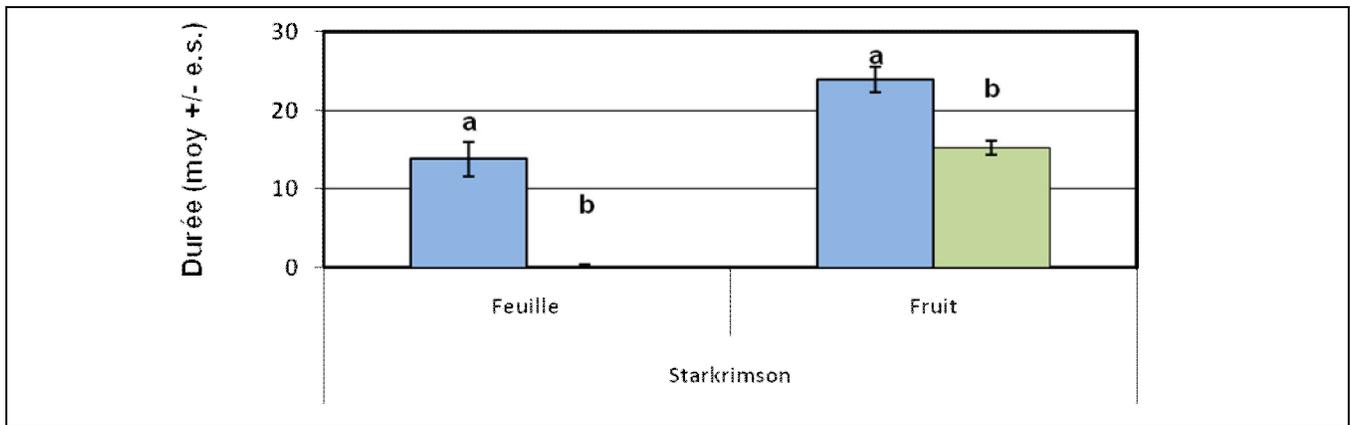


Figure 119 : Durée de balayage de l'ovipositeur chez les femelles qui ne pondent pas (Vol 3).

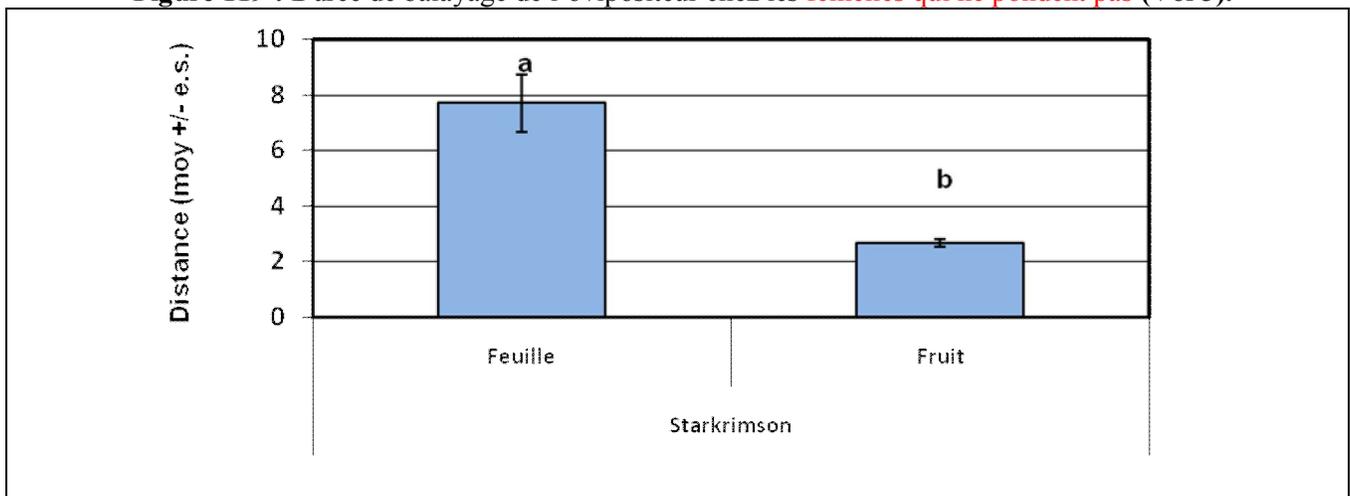


Figure 120 : Distance parcourue (cm) chez les femelles qui ne pondent pas (Vol 3).

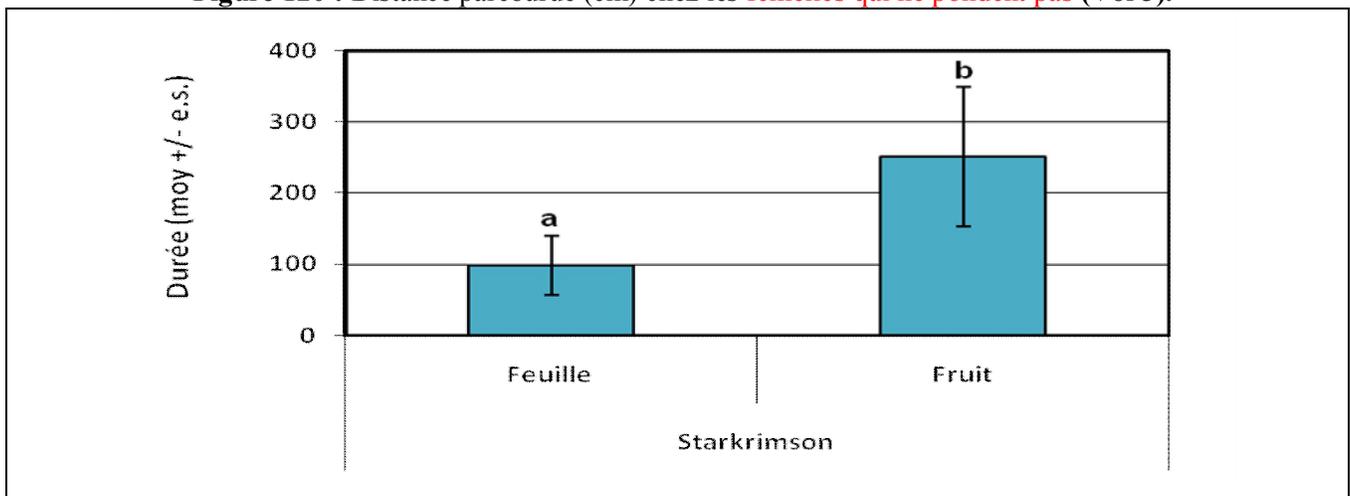


Figure 121 : Durée des arrêts chez les femelles qui ne pondent pas (Vol 3).

Légende commune :

- Marche sans balayage ;
- Balayage à l'arrêt ;
- Durée des arrêts.

(Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes à $P = 0.05$; d'après le test-t de Student).

➤ **Troisième vol :**

Aucune différence significative n'a été observée au cours de ce vol sur Golden Delicious par les femelles qui ne pondent pas. Mais, on enregistre l'absence du balayage à l'arrêt et en marche sur les deux organes (Tableau annexe 7c).

Sur Starkrimson, les femelles qui ne pondent pas ont une durée de balayage à l'arrêt et en marche plus importante sur les fruits que sur feuilles (Figure 119). Alors qu'elles parcourent plus de distance sur les feuilles (marche sans balayage) que sur les fruits (Figure 120). De même, ces femelles ont une durée d'arrêt très important sur les fruits que sur les feuilles (Figure 121) (Tableau annexe 8c).

1.1.2.7 - Temps mis pour pondre

Au cours des deux premiers vols, montrent que le temps mis pour pondre sur les deux variétés est identique. Alors qu'au troisième vol le temps mis pour pondre est très élevé sur Golden Delicious que sur Starkrimson (Figure 122).

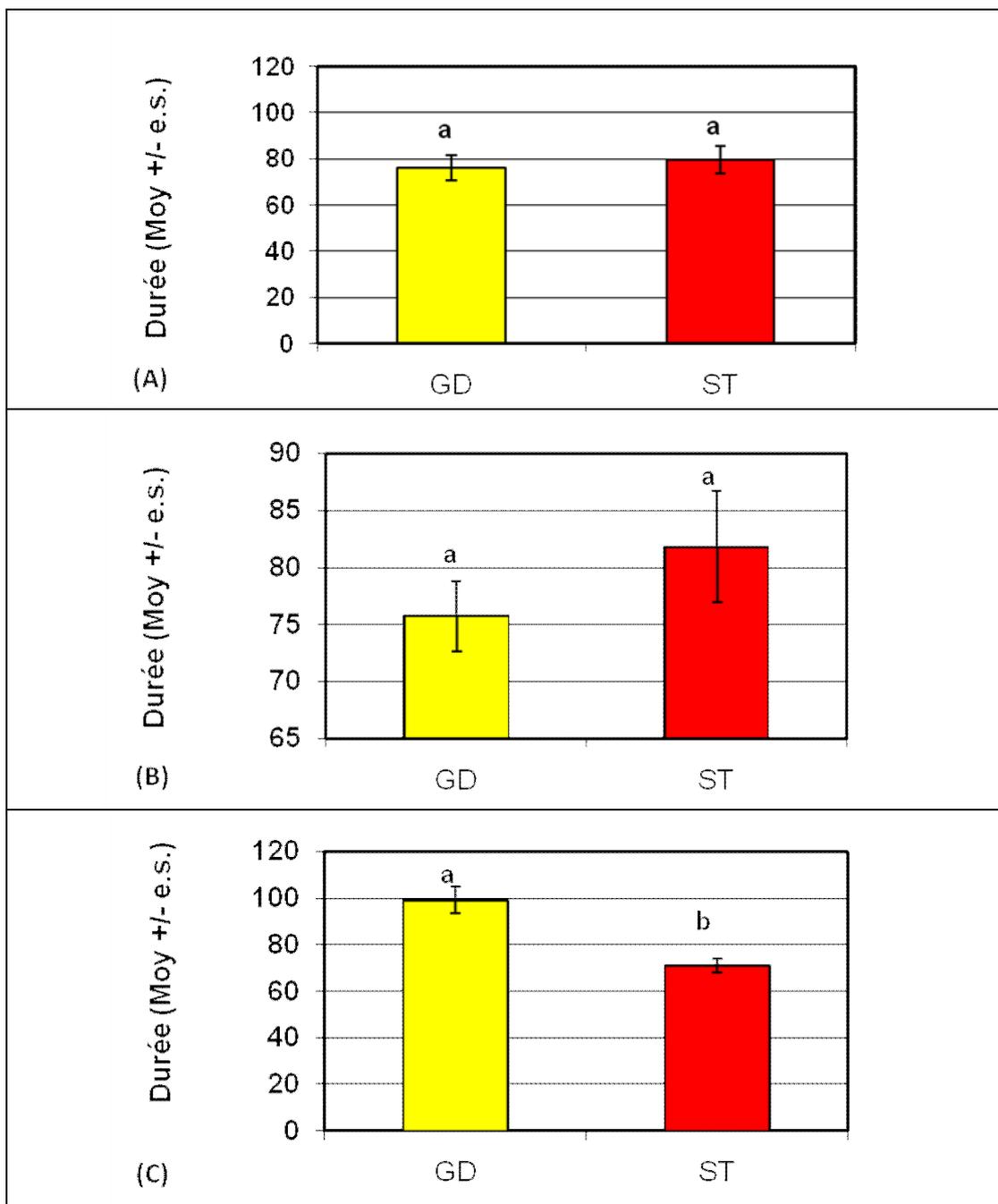


Figure 122 : le temps (sec) mis pour pondre sur les deux variétés au 1^{er} vol (A), 2^{ème} vol (B) et 3^{ème} vol (C).

Légende commune:

GD : Golden Delicious;

ST : Starkrimson ;

e.s. : Erreur standard = Ecart type / racine carrée de (n) ; Dont : **n** = Nombre de femelles utilisées pour l'observation ;

(Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes à $P = 0.05$; d'après le test-t de Student).

2 – Discussion-conclusion

Nous confirmons, en conditions de non-choix, que Golden Delicious est préférée à la ponte par rapport à Starkrimson.

Quatre étapes comportementales principales ont été observées lors de cette étude :

- Atterrissage à la surface du pommier ;
- Visite des différents sites ;
- Examen du site ;
- Acceptation ou refus de ponte.

En général, les femelles atterrissent sur plusieurs sites, mais les fruits et la face supérieure des feuilles de corymbe sont les organes d'atterrissage préférées par les femelles quelque soit la variété au cours du 2^{ème} et 3^{ème} vol. Par contre au 1^{er} vol les femelles atterrissent surtout sur la face inférieure des feuilles hors corymbes quelque soit la variété. Les différences observées pourraient être expliquées par la variation des informations physiques et chimiques à leur surfaces (facteurs visuels et/ou olfactifs) des pommiers qui pourraient être perçus par les femelles et les guider par la suite vers ces organes (Maher, 2002 ; Schoonhoven *et al.*, 1998).

Les sites de ponte sont en large majorité ceux sur lesquels les femelles ont atterri et même les plus visités, quelque soit la variété et le vol.

Sur Golden Delicious, les femelles qui ne pondent pas ne balayent pas le site ni en marche, ni à l'arrêt. Ce qui est l'inverse sur Starkrimson.

D'une part, quelque soit la variété et le vol, les femelles qui pondent examinent la surface de l'organe sur lequel ont atterri, par balayage de l'ovipositeur. D'autre part, la distance parcourue par les deux types de femelles est identique, alors qu'elles s'arrêtent beaucoup plus sur Golden Delicious que sur Starkrimson quelque soit le vol. Immédiatement après l'atterrissage, les stimuli tactiles pourraient être la première information perçue et évaluée par la femelle (Ramaswamy, 1988), peut être lors du balayage avec l'ovipositeur et lors de la visite du site par marche (Lombarkia, 2002). Il a été montré pour de nombreux insectes et en particulier chez les papillons nocturnes hétérocères que l'ovipositeur est impliqué avec d'autres organes comme les pattes et les antennes dans l'évaluation du site de ponte (Ramaswamy, 1988 ; Renwick et Chew, 1994).

Quelque soit le vol, la variété et même l'organe examiné ; des différences ont été enregistré dans les paramètres comportementaux examinés.

Les femelles qui pondent montrent une durée de marche sans balayage, parcourent plus de distance en une vitesse rapide sur feuilles que sur fruits, quelque soit la variété, au cours du 1^{er} et 2^{ème} vol. Au 3^{ème} vol, elles ont une durée de balayage plus élevée sur fruits que sur feuilles, ainsi qu'elles parcourent plus de distance et à une vitesse plus rapide. Comme elles ont un nombre d'arrêts et une durée très importants sur fruits que sur feuilles. Ces préférences de ponte pourraient être expliquées par une information chimique positive, incitant la ponte qui serait présente à la surface des sites acceptés. Les stimulants non-volatiles pourraient être à l'origine de la préférence et de la quantité des œufs déposés (Maher, 2002). De même, l'étude effectuée par Lombarkia (2002), montre que l'analyse des métabolites de surface des feuilles et fruits de pommier conduit à l'hypothèse que les polyols induiraient plus de marche et les sucres plus d'arrêts. Ce qui nous laisse supposer que la variété Golden Delicious est plus riche en sucres que Starkrimson, en se basant sur le nombre d'arrêts enregistré avec une légère ressemblance de point de vue quantité de polyols en se référant aux marches identiques sur les deux variétés.

Dès que l'insecte atterrit et touche la plante, il entre dans une phase d'évaluation avant la ponte. Elle est exprimée par la reconnaissance et l'acceptation de la plante puis le dépôt de l'œuf. Cependant, cette phase est peu étudiée chez les *Tortricidae*. Renwick et Chew (1994), ont précisé que chez les tordeuses, le comportement d'évaluation ou d'examen de la surface d'une plante-hôte par contact n'a pas été étudié comme il l'a été pour les *Papilionidae* (Ex. : *Papilio scuthus* (Nishida *et al.*, 1987). Cependant, des observations détaillées du comportement de ponte ont été conduites chez certaines espèces de tordeuses telles que : *Acrolepiosis assectella* (*Plutellidae*) (Thibout et Auger, 1996) ; *Etiella zinckenella* (*Pyralidae*) (Hattori, 1988), *Ostrinia nubilalis* (*Pyralidae*) (Foster et Howard, 1998), *Epiphyas postvittana* (*Tortricidae*) (Udayagiri et Masson, 1995), *Pieris brassicae* (*Pieridae*) (Romeis et Wäckers, 2002) et récemment chez le carpocapse *C. pomonella* (L.) (*Tortricidae*) (Lombarkia, 2002).

Le comportement de ponte de l'insecte dans les conditions naturelles est corrélé à la discrimination par les métabolites (Lombarkia et Derridj, 2002). Leur action sur la ponte de la pyrale du maïs, *Ostrinia nubilalis* a été démontrée, ainsi que pour la chrysomèle de maïs, *Diabrotica virgifera virgifera* (Derridj et Wu, 1995 ; Derridj *et al.*, 1989 ; 2001). Le sorbitol par exemple est un polyol spécifique aux *Rosaceae* ligneuses dont le pommier fait partie. Son rôle dans la connaissance de la plante-hôte par plusieurs insectes ravageurs des *Rosaceae* a été démontré (Albert, 1980 ; Drongelon, 1980 ; Bremner *et al.*, 1997 ; Panzuto et Albert, 1997 ; Roessingh *et al.*, 1999 ; Roessingh *et al.*, 2000).

Cette étude, nous a permis de montrer qu'en générale ; quelque soit la variété et le vol, la visite de la face inférieure des feuilles de corymbes n'induit pas la ponte. Cependant, les fruits induisent l'acceptation et la ponte sur les deux variétés. Ceci pourrait être expliqué par l'absence ou la présence en faible quantité des métabolites sur la face inférieure des feuilles de corymbe. Comparant aux résultats obtenus par Lombarkia (2002), qui montre que *Malus floribunda* (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/cm²), ce qui entraîne une dissuasion de ponte, cela nous laisse supposer que les deux variétés ont des concentrations en métabolites inférieures à 400 ng/cm² par rapport à celles présentes chez Baugène. De même, le nombre et le pourcentage des œufs pondus par le carpocapse sont liés à la concentration des métabolites nécessaires à la ponte. Où 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 et Derridj, 2008).

Les différences obtenues entre les femelles qui pondent et celles qui ne pondent pas, quelque soit le vol, montrées par l'absence total du balayage (en marche et à l'arrêt) de l'ovipositeur sur Golden Delicious et la différence est très visible sur Starkrimson. Ceci nous laisse supposer que la ponte chez *C. pomonella* nécessite un examen de la surface de l'organe par balayage de l'ovipositeur, ce qui est confirmé par Lombarkia (2002).

Quelque soit la variété et le vol, les mêmes séquences comportementales ont été enregistrés. La durée totale de contact de l'insecte est très importante sur Golden Delicious que sur Starkrimson où cette différence est très visible au cours du 3^{ème} vol.

La dernière étape après l'examen de la surface de l'organe, et selon l'information chimique, l'insecte accepte ou refuse de pondre. Le temps mis pour la ponte est très court et ne dépasse pas les 3 minutes. Selon Coutin (1960), le temps mis pour la ponte chez *C. pomonella* est de l'ordre d'une à deux minutes.

***Conclusion générale et
perspectives***

L'étude du comportement de ponte chez *C. pomonella* en conditions naturelles est peu étudiée à l'échelle internationale, et à nos connaissances aucune étude dans ce sens n'a été faite en Algérie. Notre travail apporte de nouveaux éléments permettant de mieux décrire les différentes séquences comportementales qui amènent la femelle à pondre sur deux variétés de pommiers sensibles vis-à-vis de l'insecte.

Les principaux résultats obtenus sont :

*** Dénombrement de ponte :**

- Les deux variétés étudiées, en conditions naturelles et en choix, sont sensibles au carpocapse ; avec une légère préférence pour la ponte de la variété Golden Delicious.
- Les feuilles reçoivent plus de pontes que les rameaux et les fruits quelque soit la variété, le vol et la région.
- La plupart des pontes sont localisées sur les feuilles hors corymbe, qui se montrent majoritairement au voisinage des fruits.
- Les deux faces des deux types de feuilles (hors corymbe et de corymbe) ont le même nombre moyen de ponte quelque soit la variété, le vol et la région ; avec une légère préférence pour les faces supérieures.
- Contrairement des deux premiers vols, les dégâts larvaires sont plus élevés sur Golden Delicious que sur Starkrimson au 3^{ème} dans la région de Tazoult. Cependant, les dégâts actifs à la récolte sont plus importants que les dégâts stoppés et cicatrisés dans la région de Limbiridi sur Golden Délicious.

*** Comportement de ponte :**

- Quatre étapes comportementales ont été observées sur les deux variétés étudiées en conditions naturelles et en non-choix: atterrissage à la surface du pommier, visite des différents sites, examen du site, acceptation ou refus de ponte.

- Les femelles qui pondent atterrissent sur différents sites, avec une préférence pour les fruits, la face supérieure des feuilles de corymbe et en second lieu la face inférieure des feuilles hors corymbe.
- Les sites de ponte sont en large majorité ceux sur lesquels les femelles ont atterri et même les plus visités, quelque soit la variété et le vol.
- La ponte est précédée par l'examen du site par balayage de l'ovipositeur ; probablement il existe une relation entre les stimuli présents à la surface des organes de pommier, le comportement de balayage chez les femelles et la décision de ponte.
- Les femelles du carpocapse s'arrêtent beaucoup plus sur Golden Delicious que sur Starkrimson. Ceci pourrait être dû à la richesse (quantité et/ou ratio) de cette variété en sucres surtout le glucose connu pour son effet arrêstant (Lombarkia, 2002).

Ces résultats ouvrent des perspectives intéressantes pour développer une stratégie de lutte basée sur la perturbation de comportement de ponte de l'insecte, par :

- la confirmation des résultats obtenus sur les mêmes variétés dans d'autres régions.
- l'extrapolation de l'étude sur d'autres variétés ou espèces de *Malus* de sensibilité différentes vis-à-vis du carpocapse.
- la quantification et qualification des sucres solubles et sucres alcools (polyols) dans les lessivâts de surface et leur influence sur le comportement de ponte du carpocapse.
- la recherche dans ce lessivât d'autres substances hydrosolubles qui stimulent la ponte du carpocapse.

Tous ces résultats ouvrent de nouvelles voies de lutte qui pourraient être utilisées pour perturber le comportement de ponte de l'insecte. Cependant, ces méthodes de protection du pommier doivent s'inscrire dans le cadre d'une protection intégrée.

*Références
Bibliographiques*

Références bibliographiques

Aguiar F.A.M. et Karsholt O., 2006 : Systematic catalogue of the entomofauna of the Madeira archipelago and Selvagens islands. *Lepidoptera*, Vol1. *Boletim do Municipal do Funchal (História Natural)*, N°9 : 5-139.

Alaoui S. B., 2005 : Référentiel pour la conduite technique du pommier (*Malus domestica* Borkh). Ed. Toubkal, pp : 113-125.

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.

Albert P.J., Cearly C., Hanson F.E. et Parisella S., 1982 : Behavioral responses of eastern spruce budworm larvae to sucrose and other carbohydrates. *Journal of Chemical Ecology*, **8** : 233- 239.

Albert P.J. et Guertin C., 1992 : La résistance des plantes hôtes à la tordeuse des bourgeons de l'épinette, *Choristoneura fumiferana* (Clem.) (*Lepidoptera, Tortricidae*). In : **Vincent Ch. et Corderre D.**, La lutte biologique. Ed. Gaëtan morin. Québec. Canada, pp : 409-418.

Alston D.G. et Reding M. E., 2008 : Codling moth (*Cydia pomonella*). Utah State University extension. Orchard IPM Series HG/Orchard/08. 7 P.

Angeli G., Rama F., Montà L. D. et Bellinazzo S., 1999 : Control of *Cydia pomonella* in walnuts by mating disruption. IOBC/WPRS Bulletin. **22** (9): 6 P.

Anonyme, 1989 : Création et conduite d'un verger de pommier. Guide technique. Projet : MAD-P.N.U-F.A.O. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, pp : 1-122.

Anonyme, 1998 : Plan directeur d'aménagement et urbanisme de la commune de Tazoult wilaya de Batna (aménagement national du territoire), 140 P.

Anonyme, 2001 : Comment choisir vos arbres fruitiers. Fiche conseil. Ed. Truffant. 6 P.

Anonyme, 2003 : Fiche technique de COO.P.S.P.E. (Coopérative de production et de service des petits élevages route de Khenchela. Tazoult, 4 P.

Anonyme, 2007 : Index des produits phytosanitaires a usage agricole. DPVCT, MADR, 252 p.

Ansebo L., Coracini M.D.A., Bengtsson M., Liblikas I., Ramirez M., Borg-Karlson A. K., Tasin M. et Witzgall P., 2004 : Antennal and behavioural response of codling moth *Cydia pomonella* to plant volatiles. *Journal of Applied Entomology*, **128** : 488-493.

Références bibliographiques

Aubertot J. N., Clerjeau M., David Ch., Debaeke Ph., Jeuffroy M.-H., Lucas P., Monfort F., Nicot P. et Sauphanor B., 2006 : Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA et CEMAGREF. France, pp : 4-104.

Audemard H., 1976 : Etude demoeologique du carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) en verger de pommier de la basse Vallée du Rhône. Possibilités d'organisation d'une lutte intégrée. Thèse d'état. Université F. Rabelais, Tours, 365 P.

Audemard H., 1977 : Dynamique des populations de carpocapse (L. P. L.) en verger de pommier. Bulletin. Ecologique. INRA, France, pp : 144-150.

Audemard H., 1979 : Méthodologie mise en œuvre dans l'étude quantitative des populations de carpocapse (L. P. L.) en verger de pommier. INRA. Station de zoologie. MontFavet, pp : 29-54.

Ayral H., 1969 : Zoologie agricole. Volume 1. Ed. J. B. Baillière et fils. Paris, 81 P.

Bailly R., 1990 : Guide pratique de défense des cultures, 4^{ème} Ed. Paris, 557 P.

Balachowsky A. et Mesnil L., 1935 : Les insectes nuisibles aux plantes cultivées, leurs mœurs, leur destruction. T1. Ed. Busson, Paris, pp : 298-469.

Balachowsky A., 1966 : Traité d'entomologie appliquée à l'agriculture. T2, Lépidoptères, Vol.1 Ed. Masson, Paris, pp : 456 – 893.

Bengtsson M., Backman A.C., Liblikas I., Ramirez M.I., BorgKarlson A.K., Ansebo L., Anderson P., Lofqvist J. et Witzgall P., 2001 : Plant odor analysis of apple : Antennal response of codling moth females to apple volatiles during phonological development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **49** : 3736-3741.

Benhassir A. W., 2009 : Passibilité d'utilisation des sucres exogènes dans un programme pour lutter contre le carpocapse (*Cydia pomonella* L.) dans la région de Ain djasser (Batna). Mémoire d'Ingénieur. Institut d'Agronomie, Batna, 105 P.

Bernays E.A. et Chapman R.F., 1994 : Host plant selection by phytophagous insect. Ed. Chapman et Hall, New York, London, 312 P.

Bessin R., 2003 : Codling moth. Cooperative extension service. University of Kentucky- College of Agriculture, 2 P.

Bidon Y., 1993 : Influence des sucres solubles et de l'azote sur la croissance, le développement et l'utilisation de la nourriture par la tordeuse des bourgeons de l'épinette

Références bibliographiques

(*Choristoneura fumiferana* (Clem.)). Thèse de Maîtrise ès Science. Université Laval, Ste-Foy (Québec), Canada, 63 P.

Bidon Y., 1999 : Interactions entre la qualité du substrat nutritif et le *Bacillus thuringiensis* (B.t.) sur le comportement, les performances et l'utilisation de la nourriture par les larves de tordeuse de bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* (Clem.)). Thèse de doctorat, Université Laval, St-Foy, Canada, 180 P.

Blomfield T.L., Pringle K.L. et Sadie A., 1997 : Field observation on oviposition of codling moth, *Cydia pomonella* (Linnaeus) (*Lepidoptera* : *Oleutreutidae*), in an unsprayed apple orchard in South Africa. *African Entomology*, **5** : 319-336.

Boevé J.L., Lengwiler U., Tollsten L., Dorn S. et Turlings T.C.J., 1996 : Volatiles emitted by apple fruitlets infested by larvae of the European apple sawfly. *Phytochemistry*, **42** : 373-381.

Bonnemaïson M., 1962 : Les ennemis animaux des plantes cultivées et des forêts. T 1. Ed. S.E.P., Paris, 605 P.

Boré J.M. et Fleckinger J., 1997 : Pommier à cidre. Variétés de France. Ed. INRA, 771 P.

Bouanane M.R., 2008 : le carpocapse des pommes et des poires. Fiche technique Syngenta, 23 P.

Bovey P., 1966 : *Tortricidae*. pp : 456-693. In **Balachowsky A. S., 1966** : Traité d'entomologie appliquée à l'agriculture. Tome 2. Lépidoptères. Vol. 1. Masson et Cie. Paris, pp : 697-704.

Bovey R., Baggiolini M., Bolay A., Bovay E., Corbaz R., Matays G., Meylan A., Myrabach R., Peillet F., Savary A. et Trivell G., 1972 : La défense des Plantes cultivées. Traité pratique de phytopathologie et zoologie agricole. Ed. Payot. Lausanne, Paris, 863 P.

Bremner E., Hora K.H. et Roessingh P., 1997 : Oviposition in *Yponomeuta cagnagellus* : When, where and why there ? *Proceeding Experimental and Applied Entomology*, **8** : 183-188.

Bretaudeau J., 1975 : Atlas d'arboriculture fruitière. Vol 1. Ed. Tec et Doc. Lavoisier. Paris, 245 P.

Bretaudeau J., 1978 : Atlas d'arboriculture fruitière. Vol. 02. Ed. J.B. Baillièrre et Fils, Paris, 173 P.

Bretaudeau J. et Faure F., 1991 : Atlas d'arboriculture fruitière. Ed. Lavoisier « Tec et Doc », Paris, 459 P.

Références bibliographiques

Brewer W., Capinera J.L., Deshon R.E. et Walmsley M.L., 1985 : Influence of foliar nitrogen levels on survival, development and reproduction of western spruce budworm, *Choristoneura occidentalis* (Lepidoptera: Tortricidae). *Canadian Entomologist*, **117** : 23-32.

Bringe K., Schumacher Ch.F.A., Schmitz-Eiberger M., Steiner U. et Oerke E.-Ch., 2006 : Ontogenetic variation in chemical and physical characteristics of adaxial apple leaf surfaces. *Phytochemistry*. **67** : 161-170.

Cabanat I., 1999 : Etude 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.

Calatayud P. A., Ahuya P.O., Wanjoya A., Le Rü B., Silvain J.-F. et Frérot B., 2008 : Importance of plant physical cues in host acceptance for oviposition by *Busseola fuxa*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **126** : 233-243.

Cameau A., 1992 : La résistance aux pucerons : Aspects théoriques et pratiques. In : **Vincent Ch. et Corderre D.**, La lutte biologique. Ed. Gaëtan morin. Québec. Canada, pp : 433-449.

Caprile J. et Vossen P., 2005 : Codling moth. Integrated Pest Management for Home Gardeners. Pest notes. Agriculture Division and Natural Resources. Ed. IPM Education et Publications, UC Statewide IPM Project, University of California, Davis, 6 P.

Cartre M. et Feeny P., 1999 : Host-plant chemistry influences oviposition choice of the spicebush swallowtail butterfly. *Journal of Chemical Ecology*, **25** : 1999-2009.

Casado D. G., 2007 : *Cydia pomonella* (L.) behavior and responses to host volatiles. Thèse Doctorat. Universitat de Lleida. Departament de Química. Spain, 150 P.

Chafaa S., 2008 : Contribution à l'étude bioécologique d'un bio agresseur du pommier (*Cydia pomonella* L.) (Lepidoptera : Tortricidae) et estimation des dégâts dans la région de AinTouta (w. Batna). Thèse Magistère. Institut National Agronomique EL-Harrach. Alger, 86 P.

Chambon J.P., 1986 : Etude des possibilités d'application de la lutte par la technique de confusion contre le carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.), les tordeuses nuisibles en arboriculture fruitière. Ed .J .B. Baillière, Paris, 173 P.

Champagne T., 2003 : Les pommes de la Colombie Britannique...bibette interrompues. Vancouver, pp : 1-3.

Références bibliographiques

Charmillot P. J., 2002 : Le carpo fait de la résistance... résistant !. *Revue Suisse Viticulture Arboriculture Horticulture*, **34** (2), pp : 83.

Charmillot P.J. et Höhn H., 2004 : Carpocapse des pommes et des poires *Cydia pomonella* L. Agroscope RAC et FAW Wädenswil. Confédération suisse. Fichier : 101. Suisse. 3 P.

Charmillot P. J., Mayor P., Keimer C. et Schmid A., 1984 : Efficacité et rémanence de quelques insecticides et d'un virus appliqué contre le carpocapse *Cydia pomonella* L. *Revue Suisse Viticulture Arboriculture Horticulture*, **16** (4) : 223-230.

Charmillot P. J. et Pasquier D., 2002 a : Combinaison de la technique de confusion et du virus de la granulose contre les souches résistantes de carpocapse. *Cydia pomonella*. *Revue Suisse Viticulture Arboriculture Horticulture*, **33** (3) : 119-124.

Charmillot P. J. et Pasquier D., 2002 b : Progression de la résistance du carpocapse *Cydia pomonella* aux insecticides. *Revue Suisse Viticulture Arboriculture Horticulture*, **34** (2) : 95-100.

Charmillot P. J. et Pasquier D., 2003 : Stratégie de lutte contre le carpocapse résistant. *Revue Suisse Viticulture Arboriculture Horticulture*, **35** (1) : 69-70.

Charmillot P. J., Perrot J. et 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.

Charton E., 1992 : Pommes et pommiers. Ed. S.A.E.P., 100 P.

Chevreau E. et Morisot D., 1985 : Variabilité génétique d'une collection d'espèces des genres *Malus* et *Pyrus* : Analyse botanique et enzymatique. Mémoire D.E.A. INRA., *Station d'arboriculture fruitière*, pp : 1-8.

Coracini M.D.A., Bengtsson M., Cichón L. et Witzgall P., 2004 : Attraction of codling moth males *Cydia pomonella* to apple volatiles. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **100** : 1- 10.

Cormier D., Pelletier F. et Chouinard G., 2006 : Attirance fatale : Nouvelles stratégies contre le carpocapse et la mouche. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement Saint-Hyacinthe. 6 P.

Corroyer N. et Chevelon M., 1998 : Les lépidoptères (les tordeuses). Ed. Tec et Doc. Lavoisier, pp : 93-96.

Coutanceau M., 1962 : Arboriculture fruitière. Technique et économie des cultures de rosacées fruitières ligneuse. Ed. Baillière et fils, Paris, pp : 46-47.

Références bibliographiques

Coutin R., 1960 : Le carpocapse des pommes et des poires (*Laspeyresia pomonella* L.). A.C.T.A., Paris, 48 P.

Coutin R., 1974 : Parasite du carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.). Bulletin OILB/SROP Les organismes auxiliaires en verger de pommiers. II, les principaux ravageurs et leurs ennemis. Brochure N° 3, 242 P.

Coutin R. et Grison P., 1951 : Biologie du Carpocapse et avis de traitement. Le Bulletin Horticole. VI. N° 4 : 99-102.

Curtis C.E., Tebbets J.S. et Clark J.D., 1990 : Ovipositional behaviour of the codling moth (*Lepidoptera, Tortricidae*) on stone fruit in the field and an improved oviposition cage for use in the laboratory. *Journal of Economic Entomology*, **83** : 131-134.

Dajoz R., 1985 : Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 500 P.

Damiano A., 1964 : Contribo alla conoscenza della *Carpocapsa pomonella* L. in Tripolitania. *Review of Agriculture Subtropical & Tropical*, **58** : 214-227.

Debras J. F., 2007 : Rôles fonctionnels des haies dans la régulation des ravageurs : Le cas de Psylle *Cacopsylla pyri* L. dans les vergers du Sud-est de la France. Thèse de Doctorat en science de vie. Université d'Avignon, pays de Vaucluse, 240 P.

De Kouassi M., 2001 : Les possibilités de la lutte microbiologique. Emphase sur le champignon entomopathogène *B. bassiana*, *VertigO- La revue en science de l'environnement*, **2** (2) : 13-23.

Degen T. et Städler E., 1998 : Oviposition of carrot fly (*Psila rosae*) in response to foliage and leaf surface extrats of host plants. *Chemoecology*, **80** : 39-49.

Delanghe J. E., Delvosalle L., Duvignon J., Lambinon J., Vanden B. et Bergen C., 1983 : Nouvelle flore de la Belgique, du grand duché du Luxembourg, du nord de la France et des régions voisines. 3^{ème} édition. 15 P.

Delgado M., 1996 : Carpocapse, des outils pour piloter la lutte. *L'arboriculture fruitière*, **495** : 21-24.

De Linñan C., 1998 : Entomologia Agroforestal. Agrotécnicas S.L., Madrid (Spain).

Dent D.R., 1993 : The use of *Bacillus thuringiensis* as an insecticide. In **Chapman C. et Hall A.** : Exploitation of Microorganisms. Ed. Jones D.G. London, pp : 19-43.

Références bibliographiques

De Oliveira D., 1992 : La lutte biologique contre le doryphore de la pomme de terre. In : **Vincent Ch. et Corderre D.,** La lutte biologique. Ed. Gaëtan morin. Québec. Canada, 205-219.

Deraison C. M., 2002 : Isolement, caractérisation et cibles de nouveaux inhibiteurs de protéases pour la création de plantes transgéniques résistantes aux pucerons. Thèse Doctorat. Université. Paris-XI ORSAY. 173 P.

Derridj S., 2007 : Comment les femelles d'insectes sélectionnent-elles les plantes pour pondre ? Recherche d'un site de ponte par un insecte (lépidoptère). Alimentation, Agriculture et Environnement (Communication). Institut National de la Recherche Agronomique. Versailles, Grignon. 1 P.

Derridj S., Arnault I. et Muller F., 2001 : Influence of biochemicals present on maize leaf surface on *Diabrotica virgifera virgifera* egg-laying. *Proceedings XXI IWGO Conference*, Oct. 2001, 5 P.

Derridj S., Boutin J.P., Fiala V. et 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.

Derridj S., Cabanat I., Cochet E., Couzi P., Lombarkia N. et Wu B.R., 1999 : Incidence des métabolites présents à la surface des organes du pommier sur le comportement de *Cydia pomonella* (Lepidoptera, Tortricidae) ; A.N.P.P. 5^{ème} conférence internationale sur les ravageurs en agriculture. Montpellier, 7-8-9 décembre, II, pp : 279-286.

Derridj S. et Fiala V., 1983 : Sucres solubles des feuilles de maïs (*Zea mays L*) et Oviposition de la pyrale (*Ostrinia nubilalis Hbn.*) C. R. Académie d'agriculture de France 69, pp : 465-472.

Derridj S., Fiala V. et Boutin J.P. 1991 : Host-plant preference of the European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) and biochemical explanation. In **Szentesi A. et Jermy T.** (eds.) Proceedings of the 7th International Symposium on Insect-Plant Relationships, Symposia Biologica Hungarica, 1989, Budapest, pp : 1-6.

Derridj S. , Gregoire V., Boutin J.P. et Fiala V., 1989 : Plant growth stages in the interspecific oviposition preference of the European corn borer and relation with chemicals present on the leaf surface. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **53** : 267-276.

Derridj S. et Wu B.R., 1995 : Informations biochimiques présentes à la surface des feuilles. Implications dans la sélection de la plante hôte par un insecte. In : **Calatayud P.-A. et Vercambre B.,** Interactions insectes-plantes. Actes des 5^{èmes} journées du groupe de travail relations insectes-plantes. 26-27 oct 1995, Montpellier, France, pp : 43-51.

Références bibliographiques

Dethier V.G., Barton Browne L. et Smith C.N., 1960 : The designation of chemicals in terms of the responses they elicit from insects. *Journal of Economic Entomology*, **53** : 134-136.

Drongelon W., 1980 : Behavioural responses of two small ermine moth species (*Lepidoptera* : *Yponomeutidae*) to plant constituents. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **28** : 54-58.

Direction des statistiques agricoles (D.S.A.), 2007 : Le pommier, wilaya de Batna.

Direction des statistiques agricoles (D.S.A.), 2008 : Le pommier, wilaya de Batna.

Direction des statistiques agricoles (D.S.A.), 2009 : Le pommier, wilaya de Batna.

Doumandji-Maitich B. et Doumandji S., 1979 : La lutte biologique contre les prédateurs des cultures. Ed. Office des publications universitaires. Alger, 71 P.

Duffield G. E., Gibson R.C., Gilhooly P.H., Hesse A.J., Inley C.R., Gilbert F.S. et Bernard C.J., 1993 : Choice of flowers by foraging honey bees (*Apis mellifera*). Possible morphological cues. *Ecological entomology*, **18** : 191-197.

Durel C. E., Calenge F., Laurens F., Parisi L., Brisset M. N., Paulin J. P. et Lespinasse Y., 2002 : Organisation génomique des facteurs de résistance aux bioagresseurs chez le pommier. 12^{ème} colloque sur les recherches fruitières. Les aspects de la biologie moléculaire en arboriculture fruitière. Bordeaux, pp : 30-31.

Dynphy G.-B. et Tibelius K. H., 1992 : Les progrès biotechnologiques augmentant l'efficacité de *Bacillus thuringiensis* et de *Bacillus Sphaericus* entant qu'insecticides microbiens. pp : 305-322. In : **Vincent Ch. Et Coderre D., 1992** : La lutte biologique. Ed. Gaëtan morin. Tec et DOC. Lavoisier. Québec, Canada, 671 P.

Eigenbrode S.D., 1996 : Plant surface waxes and insect behavior. In : **Kerstien G., Plant cuticul** : an integrated functional approach. Ed. Oxford (GBR). Bios Scientific Publishers, 337 P.

Eigenbrode S.D. et Espelie K.E., 1995 : Effects of plant epicuticular lipids on insect herbivores. *Annual Review of Entomology*, **40** : 171-194.

Elmer A., Hagley C., Bronskill J.F. et Ford E.J., 1980 : Effect of the physical nature of leaf and fruit surfaces on oviposition by the codling moth, *Cydia pomonella* (*Lepidoptera* : *Tortricidae*). *Canadian Entomologist*, **112** (5): 503-510.

Emberger L., 1963 : Essai d'une classification des groupements végétaux. *Revue Générale de Botanique*, 643 P.

Références bibliographiques

Erlandson M. et Goettel M., 2004 : Agents microbiens pour le contrôle des insectes ravageurs. pp : 6-14. In : **Anonyme , 2004 :** Biocontrôle des ravageurs de cultures canadiennes. N° 3. *Bulletin de l'Institut de biotechnologie des plantes (IBP)*. Canada, 19 P.

F.A.O., 2007 : Productions agricoles, cultures primaires. Banques de données statistiques, FAO. STAT. [Http:// www.Fao.org.com](http://www.Fao.org.com).

F.A.O., 2009 : Productions agricoles, cultures primaires. Banques de données statistiques, FAO. STAT. [Http:// www.Fao.org.com](http://www.Fao.org.com).

Ferrandon M. et Chamel A., 1989 : Foliar uptake and translocation of iron, zinc, manganese. Influence of chelating agents. *Plant Physiology and Biochemistry*, **27** (5) : 713-722.

Ferre G., Martineau C. et Tronel C., 1991 : Le pommier dans le midi méditerranéen. Ed. C.E.H.M., France. 118 P.

Ferron P., 1993 : Vivre avec les insectes. Dominos. Flammarion.122 P.

Ferron P., Fargues J. et Riba G., 1993 : Les champignons agents de lutte microbiologique contre les ravageurs. In **Fravel A. :** La lutte biologique. Ed. Dossier de la cellule environnement de l'INRA. N° 5, 65-93.

Foster S.P. et Harris M.O., 1992 : Foliar chemicals of wheat and related grasses influencing oviposition by Hessian fly, *Mayetiola destructor* (Say) (Diptera : Cecidomyiidae). *Journal of Chemical Ecology*, **18** : 1965-1980.

Foster S.P. et Harris M.O., 1997 : Behavioral manipulation methods for insect pest-managment. *Annual Review of Entomology*, **42** : 123-146.

Foster S.P. et Haward A.J., 1998 : Adult female and neonate larval plant preferences of the generalist herbivore, *Epiphyas postvittana*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **92** : 53-62.

Fraenkel G.S., 1958 : The raison d'être of secondary plant substances. *Science*, **129** : 1466-1470.

Frah G. N., 2009 : Entomofaune, Impact économique et bio-écologie des principaux ravageurs du pommier dans la région des Aurès. Thèse doctorat. Institut National d'Agronomie, Batna, 166 P.

Frankie Lam W. K., 2000 : Light Brown Apple Moth and Related Species in California. University of California Cooperative Extension. Monterey County, 30 P.

Références bibliographiques

François J., 2003 : Les ennemis et maladies des pommiers. Rocheteau et Régis Bordes dossier du plant mag. N° (19). Disponible sur : www.planyfolia.com.

Franz J. M. et Vogel J., 1974 : Les trichogrammes en vergers. Bulletin OILB/SROP. Les organismes auxiliaires en verger de pommiers. Brochure N° 3, pp : 201-210.

Gallais A. et Bannerot H., 1995 : Amélioration des espèces végétales cultivées : Objectifs et critères de sélection. Ed. INRA, France, pp : 578-594.

García de Otazo J., Sió J., Torà R. et Torà M., 1992 : Peral, control integrado de plagas y enfermedades. Agrolatino, Barcelona (Spain), 12 P.

Gautier M., 1987 : La culture fruitière. Volume 1, l'arbre fruitier. Ed. J.B. Baillière, Paris, 492 P.

Gautier M., 1988 : La culture fruitière. Volume 2, les productions fruitières. Ed. J.B. Baillière, Paris, 452 P.

Gautier M., 1993 : La culture fruitière, vol. I - L'arbre fruitier. Eds. Lavoisier Tec et Doc, 594 P.

Gautier M., 2001 : La culture fruitière. Les productions fruitières. Volume 2. Ed. Tec et Doc. Paris, 665 P.

Geier P.W., 1963 : The life history of codling moth, *Cydia pomonella* L. (*Lepidoptera* : *Tortricidae*), in the Australian Capital Territory. *Australian Journal of Zoology*, **11** : 323-367.

Geier P.W., 1964 : Population dynamics of codling moth, *Cydia pomonella* L. (*Lepidoptera* : *Tortricidae*), in the Australian Capital Territory. *Australian Journal of Zoology*, **12** : 381-416.

Georget M. et Scheromm P., 1995 : Lutte contre les insectes ravageurs des cultures : Les apports de la biologie. INRA. France, 42 P.

Gillot C., 2005 : Entomology. Ed. Springer. Dordrecht, 834 P.

Google Earth, 2009 : Cartes, téléchargement gratuits de Google earth version B. Disponible sur : <http://www.google.com>.

Goonewardene H. F., 1987: E11-24, E14-32 and E36-7, apple germplasm with multiple pest resistance. *HortScience*, **22** (6) : 1346-1348.

Goonewardene H. F. et Howard P. H., 1989 : E7-47, E7-54, E29-56, and E31-10, apple germplasm with multiple pest resistance. *HortScience*, **24** (1) : 167-169.

Références bibliographiques

Goonewardene H. F., Pliego G., McCarbe G. P., Howard P. H. et Olivier P. H., 1989 : Control of arthropods on apple, *Malus x domestica* (Borkh.), Selection of scab (*Ascomycetes : Mycosphaerellaceae*) and apple maggot (*Diptera : Tephritidae*) resistance in an orchard in Indiana. *Journal of Economic Entomology*, **85** (5) : 1426-1436.

Hanover J.W., 1975 : Physiology of tree resistance to insects. *Annual Review of Entomology*, **20** : 75-95.

Hattori M., 1988 : Host plant factors responsible for oviposition behaviour in the limabean pod borer *Etiella zinckenella* Treitschke. *Journal of Insect Physiology*, **34** : 191-196.

Hern A. et Dorn S., 1999 : Sexual dimorphism in the olfactory orientation of adult *Cydia pomonella* in response to α -farnesene. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **92** : 63-72.

Hern A. et Dorn S., 2001a : Statistical modelling of insect behavioural responses in relation to the chemical composition of test extracts. *Physiological Entomology*, **26** : 351-390.

Hern A. et Dorn S., 2001b : Incidence emissions of apple fruit volatiles by codling moth : changing patterns with different time periods after infestation and different larval instars. *Phytochemistry*, **57** : 409-416.

Honda K., 1995 : Chemical basis of differential oviposition by lepidopterous insects. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, **30** : 1-23.

Hora K.H. et Roessingh P., 1999 : Oviposition in *Yponomeuta cagnagellus* : The importance of contact cues for host plant acceptance. *Physiological Entomology*, **24** : 109-120.

Hugard Z., 1974 : Importance des facteurs climatiques pour le choix variétal chez les rosacées fruitières. Conséquences dans le domaine de la recherche et du développement. Séminaire INA, EL HARRACH, Alger, 10 P.

Hughes W.o. h., Gailey D. et Knapp J. J., 2002 : Host location by adult and larval codling moth and the potential for its dispersion by the application of kairomones. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **106** : 147-153.

Hulle M., Terpeau E., Leclant F. et Rahn M., 1998 : Les pucerons des arbres fruitiers. Cycle biologique et activités de vol : Ed. ACTA et INRA. Paris, pp : 37-61.

Hurpin B., 1974 : Organismes entomopathogènes. Les organismes auxiliaires en verger de pommiers VI Les autres facteurs limitants naturels. Bulletin OILB/SROP, N° 3, pp : 215-220.

International Atomic Energy Agency, 2000 : Working material. Consultations group meeting. Improvement of codling moth SIT to facilitate expansion of field application. 16-20 October. Vienna, Austria, 29 P.

Références bibliographiques

Ioriatti C. et Angeli G., 2002 : Control of codling moth by attract and kill. IOBC/WPRS Bulletin, **25** : 1-9.

Jakson M., 1979 : Codling moth egg distribution on unmanaged apple trees. *Annals Entomological Society of America*, **72** : 361-368.

Jeffree C.E., 1986 : The cuticule, epicuticular waxes and trichomes of plants, with reference to their structure, functions and evolution. In : **Juniper B.E. et Southwood T.R.E. (eds)**, Insects and plant surfaces. Edward Arnold, London, pp : 23-46.

Jones W. E., Brunner J. F. et Faubion D., 2004 : Guide to Codling Moth Damage Identification. Washington state university, 2 P.

Knigh A. et Norton G.W., 1989 : Economics of agricultural pesticide resistance in arthropods. *Annual Review of Entomology*, **34** : 293-313.

Knosfield D.W., 2000 : Agriculture notes : Codling moth. State of Victoria, Departement of Primary Industries, 2 P.

Korban S. S. et Skirvin R. M., 1984 : Nomenclature of the cultivated apple. *HortScience*, **19** : 177-180.

Kumbashi M., 2005 : Etude sur les composés polyphénoliques en relation avec l'alimentation de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Christoneura funiferana* Clem.). Thèse doctorat en sciences forestières, 115 P.

Laamari M. et 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. Université Hadj Lakhdar. Batna. N° 00 : 19-22.

Lafon J. P., Tharaud-Payer C. et Levy G., 1996 : Biologie des plantes cultivées. 2^{ème} Edition. Tome 1. Organisation et physiologie de la nutrition. Ed. Lavoisier. Tec et Doc. Paris. France, 227 P.

Lamonarca F., 1985 : La culture des arbres fruitiers. Ed. Dec. VECCHI, 213 P.

Landolt P.J., Brumley J.A., Smithhisler C.L., Biddick L.L. et Hofstetter R.W., 2000 : Apple fruit infested with codling moth are more attractive to neonate codling moth larvae and possess increased amount of (E-E)- α -farnasene. *Journal of Chimical Ecology*, **26** : 1685-1699.

Lendzian K.J., 1982 : Gas permeability of plant cuticules. Oxygen permeability. *Planta*, **155**: 310-315.

Références bibliographiques

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*. Mémoire de maîtrise. 30 P.

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.

Lombarkia N. et Derridj S., 2002 : Incidence of apple fruit and leaf surface metabolites on *Cydia pomonella* oviposition. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **104** : 79-87.

Lombarkia N. et Derridj S., 2008 : Resistance of apple trees to *Cydia pomonella* egg-laying due to leaf surface metabolites. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **128** : 57-65.

Luttge U., 1971 : Structure and function of plant glands. *Annual Review of Plant Physiology*, **22** : 23-44.

MacLellan C.R., 1962 : Mortality of codling moth egg and young larvae in an integrated control orchard. *The Canadian Entomologist*, **92** : 469-479.

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 2. 124 P.

Mainardi F., 1996 : Le jardin, le potager, les arbres fruitiers. Guide complet pour tous. Ed. devecchi S.A., Paris, pp : 413-414.

Mani E., Wildbolz T. et Riggenschach 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.

Marchel P., 1912 : Rapports sur les travaux accomplis par la mission d'étude de la cochyliis et de l'eudémis pendant l'année 1911. Eds. C. Béranger, Paris et Liège, 326 P.

Massonnet C., 2004 : Variabilité architecturale et fonctionnelle du système aérien chez le pommier (*Malus domestica* Borkh.) : Comparaison de quatre cultivars par une approche de modélisation structure-fonction. Thèse Doctorat. Développement et Adaptation des Plantes. Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier. France, 184 P.

Mattsson W.A., 1980 : Herbivory in relation to plant nitrogen content. *Annual reviews of ecology*, **11** : 19-38.

Références bibliographiques

McNeill S. et Southwood T.R.E., 1978 : The role of nitrogen in the development of insect/plant relationships. Biochemical aspects of plant and animal coevolution, Ed. J.B. Harborne, Academic Press, London, pp : 77-98.

Meena H. et Renwick J.A.A., 1998 : Differential post-alignment oviposition behavior of monarch butterflies on *Asclepias species*. *Journal of Insect Behavior*, **11** (4) : 507-538.

Mehri S., 1995 : Etude du rôle des cations du phylloplan dans le choix du site de ponte d'*Ostrinia nubilalis* Hbn. (*Lepidoptera, Pyralidae*). Mémoire d'Études Approfondies. Institut National Agronomique. Paris-Grignon. France, 28 P.

Myers J.H., Monro J. et Murray N., 1981 : Egg clumping host plant selection and population regulation in *Cactoblastis cactorum* (*Lepidoptera*). *Oecologia*, **51** : 7-13.

Nicole M.-C., 2002 : Les relations des insectes phytophages avec leurs plantes hôtes. *Antennae*, **9** (1) : 1-6.

Nishida R., Ohsugi T., Kokubo S. et Fukami H., 1987 : Oviposition stimulants of a *Citrus*-feeding swallowtail butterfly, *Papilio xuthus* L. *Experientia*, **43** : 342-344.

Nordlund D.A., 1981 : Semiochemical : a review of the terminology. In : **Nordlund D.A., Jones R.L. et Lewis W.J.** Semiochemicals. Their role in pest control. Ed. New York, Chichester, Brisbane, Toronto : John Wiley & Sons, pp : 13-25.

Olivier A., 2007 : Lutte attracticide et lâchers inondatifs de trichogramme contre le carpocapse de la pomme *Cydia pomonella* (*Lepidoptera, Tortricidae*). Disponible sur : <http://www.er.uqam.ca/nobel/luttebio/Etudiants%20maitrise.htm>.

Oukabli A., 2004 : Le pommier : une culture de terroir en zones d'altitudes. Ed. INRA. Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA. Institut, Agronomique et Vétérinaire. Hassan II. Rabat. Maroc, 04 P.

Painter R. H., 1951 : Insect resistance in crop plantes. MacMillan Co., New York. 520 P.

Panzuto M. et Albert P.J., 1997 : Different sensitivities of the sugar receptor of the lateral styloconic sensillum in fourth and sixth-instar larvae of the spruce budworm *Christoneura fumiferana*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **82** : 335-340.

Picimbon J.-F., 2002 : Les péri-récepteurs chimiosensoriels des insectes. *Revue médecine Science*, **18** (11) : 46-56.

Pignot P., 1998 : Etude de la perméabilité au sorbitol de cuticules isolées de Laurier-cerise (*Prunus laurocerasus* L.) de Houx (*Ilex aquafolium* L.), de Poirier (*Purus communis* L.) et de pommier (*Malus sp.*). Mémoire de DEA, 20 P.

Références bibliographiques

Pimentel D., 1991 : Diversification of biological control strategies in agriculture. *Crop Protection*, **10** : 243-253.

Pitrat M. et Lecoq H., 1996 : Comment créer des plantes résistantes aux pucerons. *Revue Horticole*, **369** : 35-36.

Ploudre D.F., Goonewardene H.F. et Kwelk W.F., 1985 : Pubescence as a factor in codling moth, oviposition, and fruit entry in five apple selections. *HortScience*, **20** : 82-84.

Price E. C., 1982 : A review of the factors influencing the penetration of pesticides through plant leaves. In : The plant cuticle. Ed. Culter D.F., Alvin K.L. & Price C.E., Academic Press, London, pp : 237-252.

Pszozokowski M.A. et Brown J.J., 2005 : Signal experience learning of host fruit selection by lepidoptera larvae. *Physiology and Behaviour*, **86** : 168-175.

Ramade F., 1984 : Elément d'écologie- Ecologie fondamentale. Ed. Mc Graw- Hill, Paris, 397 P.

Ramaswamy S.B., 1988 : Host finding and feeding in adult phytophagous insects. *Journal of Insect Physiology*, **34** : 151-268.

Ramaswamy S.B., 1994 : Physiological basis of feeding and oviposition behavior in moth. In : *Functional dynamics of phytophagous insects*. Eds. Ananthakrishnan T.N. Delhi, Bombay Calcutta : Oxford & IBH publishing Co. PVT, Ltd., pp : 55-78.

Regnault-Roger C., 2002 : De nouveaux phyto-insecticides pour le troisième millénaire ?. pp : 19-39. In : **Regnault-Roger C., Philogène B. J.-R. et Vincent C., 2002** : Biopesticides d'origines végétale. Ed. Tec et Doc. Lavoisier. Paris, 337 P.

Regnault-Roger C., Philogène B. J.-R. et Vincent C., 2002 : Biopesticides d'origines végétale. Ed. Tec et Doc. Lavoisier. Paris, 337 P.

Reiderer M. et Schreiber L., 1995 : Waxes- The transport barriers of plant cuticles. In : Waxes : chemistry, molecular biology and functions. Ed. Hamilton R.J., the Oily Press, Dundee, pp : 131-156.

Remend, 1996 : Pommier-Poirier. CTIFEL Protection intégrée, 277 P.

Renwick J.A.A. et Chew F.S., 1994 : Oviposition behavior in *Lepidoptera*. *Annual Review of Entomology*, **39** : 377-400.

Riba G. et Silvy C., 1989 : Combattre les ravageurs des cultures : Enjeux et perspectives. Ed. INRA. Paris, 230 P.

Références bibliographiques

Ricci B., Lavigne C., Frank P., Sauphanor B., Toubon J.- F. et 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.

Robert P.C., 1986 : Les relations plantes-insectes phytophages chez les femelles pondueuses : Le rôle des stimuli chimiques et physiques. Une mise au point bibliographique. *Agronomie*, **6** : 127-142.

Roessingh P., Hora K.H., Fung S.Y., Peltenburg A. et Menken S.B.J., 2000 : Host acceptance behavior of the small ermine moth *Yponomeuta cagnagellus* : larvae and adults use different stimuli. *Chemoecology*, **10** : 41-47.

Roessingh P., Hora K.H., Van Loon J.J.A. et 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 A*, **184** : 119-126.

Roessingh P., Städler E., Baur R., Hurtre J. et Ramp T., 1997 : Tarsal chemoreceptors and oviposition behavior of cabbage root fly (*Delia radicum*) sensitive to fractions and new compounds of host-leaf surface extracts. *Physiological Entomology*, **22** : 140-148.

Romeis J. et Wäckers F.L., 2002 : Nutritional suitability of individual carbohydrates and amino acids for adult *Pieris brassicae*. *Physiological Entomology*, **27** : 148-156.

Ryan J.d., Gregory P. et Tingey W.M., 1982 : Phenolic oxidase activities in glandular trichomes of *Solanum berthaultii*. *Phytochemistry*, **21** : 1885-1887.

Sapin P., 1977 : L'arboriculture fruitière en Algérie (Pommier/ poirier). Cours polycopiés, I.N.A. El Harrach, Alger, 228 P.

Sauphanor B., Brosse V., Bouvier J-C., Speich P., Micoud A. et Martinet C., 2000 : Monitoring resistance to diflubenzuron and deltamethrin in French codling moth populations (*Cydia pomonella* L.). *Pest Management Science*, **56** : 74-82.

Seltzer P., 1946 : Climat de l'Algérie. Institut Météorologique et Physique du Globe. Université d'Alger, 219 P.

Semadi A., 1976 : Etude du comportement des principales variétés de pommier cultivées en Algérie dans différentes situation climatique. Essai de définition de zones à vocation « pommier ». Thèse d'Ingénieur. Institut National d'Agronomie El-Harrach, Alger, 99 P.

Schoonhoven L. M., 1982 : Biological aspects of antifeedants. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **31** : 57-69.

Références bibliographiques

Schoonhoven L.M., Jermy T. et Van Loon J. J. A., 1998 : Host-plant selection : When to accept a plant. In : *Insect-plant Biology. From physiology to evolution.* Ed. Chapman & Hall, pp : 156-193.

Schönherr J., 1976 : Water permeability of isolated cuticular membranes : the effect of cuticular waxes on diffusion of water. *Planta*, **131** : 159-164.

Smith C.M., 1989 : Plant resistance to insects. A fundamental Approach. Ed. Wiley J. & sons, 286 P.

Smith R. F., Hardman J. M., Webster D. H., Craig W., et Rogers R., 1991 : Guide sur la production de pommes biologiques en nouvelle-écosse. La culture du pommier dans l'est du Canada. Publications d'Agriculture Canada. N° 1975. 31 p.

Soldaat L.L., Boutin J.-P. et Derridj S., 1996 : Species-specific composition of free amino acids on the leaf surface of four *Senecio* species. *Journal of Chemical Ecology*, **22** : 1-11.

Soltani N., Semir H., et 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.

Spencer J.L., 1996 : Waxes enhance *Plutella xylostella* oviposition in response to sinigrin and cabbage homogenates. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **80** : 165-173.

Städler E., 1984 : Contact chemoreception. *Chemical Ecology of Insects.* Ed. Bell W.J. et Cadré R.T., Chapman & Hall, London, UK, 1-35.

Städler E., 1986 : Oviposition and feeding stimuli in leaf surface waxes. In : **Juniper B.E. & Southwood T.R.E. (eds)**, *Insects and plant surfaces.* Edward Arnold, London, pp : 105-121.

Städler E., 2002 : Plant chemical cues important for oviposition of herbivorous insects. In : **Hilker M. et Meiners T., 2002** : *Chemoecology of insect eggs and egg deposition.* Eds. Blackwell, 416 P.

Städler E., Baur R., et Jong R., 2002 : Sensory basis of host-plant selection : in search of the "fingerprints" related to oviposition of the cabbage root fly. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, **48** : 265-280.

Stammitti L., 1995 : Etude de la composition en métabolites primaires du phylloplan et des compartiments foliaires sources, l'apoplaste et le milieu intracellulaire. Importance de la barrière cuticulaire dans le passage des métabolites vers la surface foliaire. Thèse de doctorat de l'université Henri Poincaré, Nancy, 172 P.

Références bibliographiques

Stammitti L., Garrec J.P. & Derridj S., 1995 : Permeability of isolated cuticules of *Prunus laurocerasus* to soluble carbohydrates. *Plant Physiology and Biochemistry*, **33** : 319-326.

Starmes R. L., Liu C. L. et Morone P. G., 1993 : History, use and future of microbial insecticides. *American Entomologist*, **39** : 83-91.

Strebler G., 1989 : Les médiateurs chimiques : Leur incidence sur la bioécologie des animaux. Ed. Tec et Doc-Lavoisier. Paris, 246 P.

S.R.P.V. d'Ain-Touta, 2008 : Station régionale de la protection des végétaux.

Thibout E. et Auger J., 1996 : Oviposition stimulants from the leek for the specialist moth *Acrolepiosis assectella*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **80** : 101-104.

Trillot M., Masseron A. et Tronel C., 1993 : Pommes – les variétés. Ed. CTIFL et INRA, pp : 1-179.

Tukey J. H.B., 1970 : The leaching of substances from plants. *Annual Review of Plant Physiology*, **21** : 305-324.

Udayagiri S. et Masson C.E., 1995 : Host-plant constituents as oviposition stimulants for a generalist herbivore : European corn borer. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **76** : 59-65.

Viret O., 2003 : Des fruits sains et écologiques : Réalité, paradoxe ou illusion ?. *Revue Suisse Viticulture Arboriculture Horticulture*, **35** (1) : 7 P.

Viret O., Schaub L., Linder C. et 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.

Vrieling K. et Derridj S., 2003 : Pyrrolizidine alkaloids in and on the leaf surface of *Senecio jacobaea* (L.). *Phytochemistry*, **64** : 1223-1228.

Vuchot C., 2001 : Confusion sexuelle contre carpocapse. *Cultures spécialisées – Arboriculture*. N° 561. Disponible sur : <http://ja.web-agri.fr/moteur/561/560P30A.html>.

Wearing C. H., Cannor P. J. et 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.

Wearing C.H., Hansen J.D., Whyte C., Miller C.E. et Brown J., 2001 : The potential for spread of codling moth (*Lepidoptera* : *Tortricidae*) via commercial sweet cherry fruit : a critical review and risk assessment. *Crop Protection*, **20** : 465-488.

Références bibliographiques

Wearing C.H. et Hutchins R.F.N., 1973 : α -farnesene, a naturally occurring oviposition stimulant for the codling moth, *Laspeyresia pomonella*. *Journal of Insect Physiology*, **19**: 1251-1256.

Wildbolz T., 1958 : Über die Orientierung des Apfelwicklers bei der Eiablage. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, **31** : 25-34.

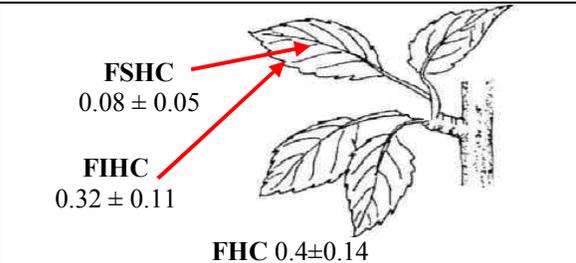
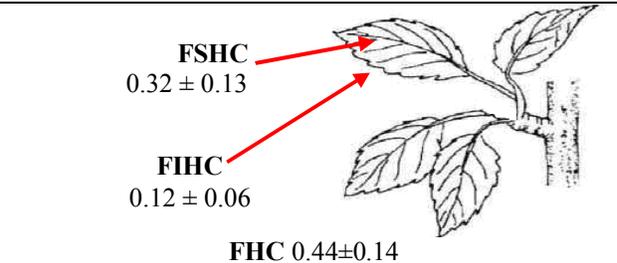
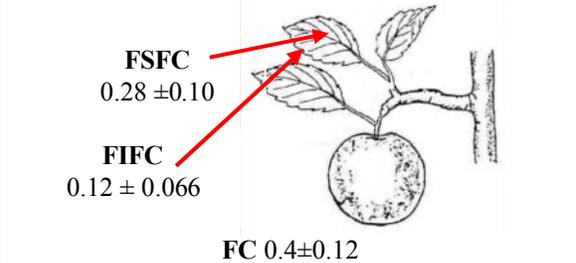
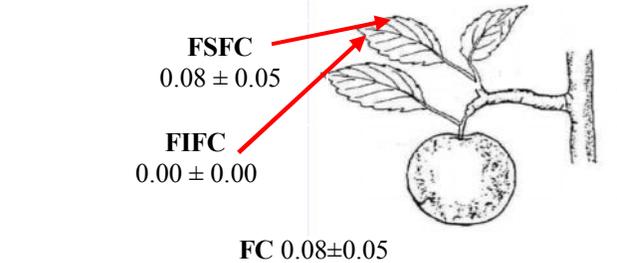
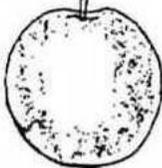
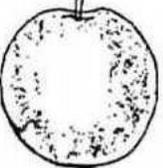
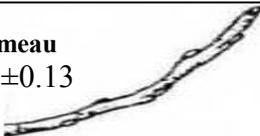
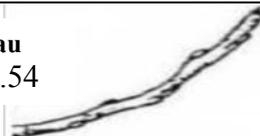
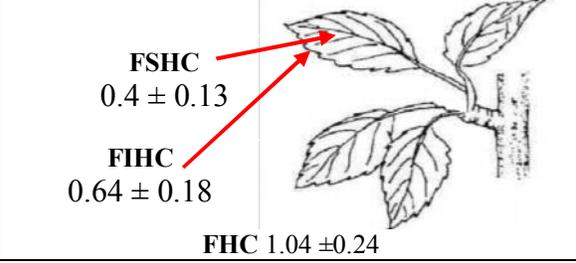
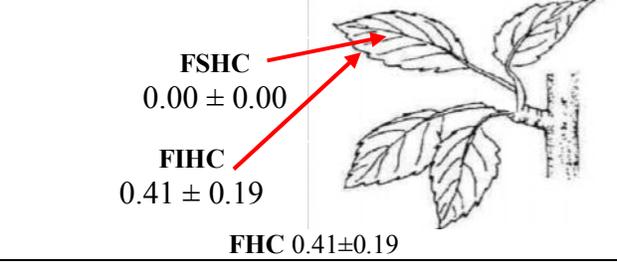
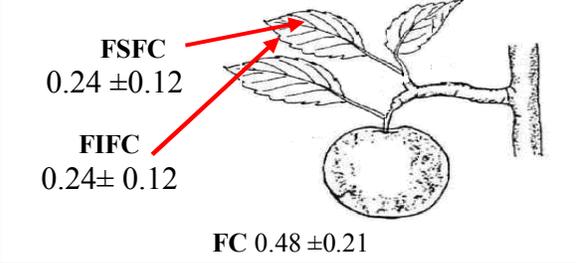
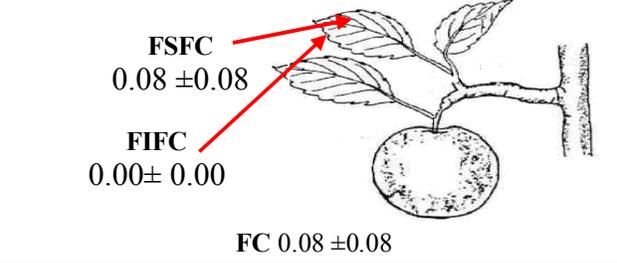
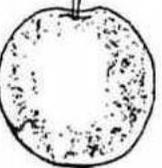
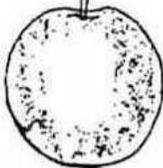
Woodhead S., 1983 : Surface chemistry of *Sorghum bicolor* and its importance in feeding by *Locusta migratoria*. *Journal of Physiology and Entomology*, **8** : 345-352.

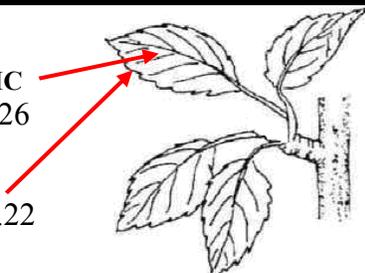
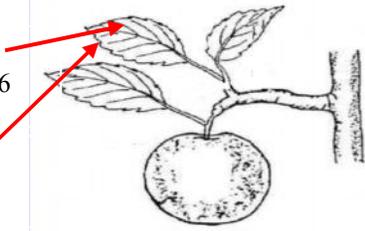
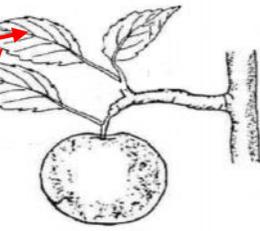
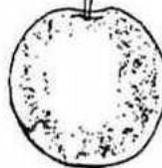
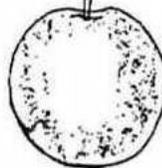
Yan F., Bengtsson M. et Witzgall P., 1999 : Behavioral response of female Codling moths, *Cydia pomonella*, to apple volatiles. *Journal of Chemical Ecology*, **15** (6) : 1343-1351.

Zaidi L., 1985 : Influence de l'âge et du type d'organe fruitier de quelques variétés de pommier sur la récolte et la qualité des fruits. Thèse Magister. INA EL-HARRACH, Alger, 133 P.

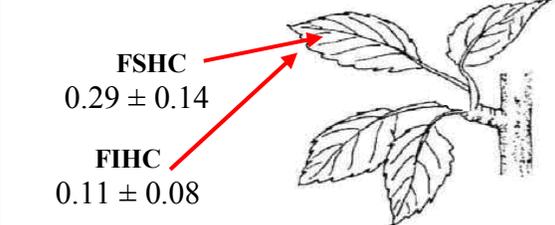
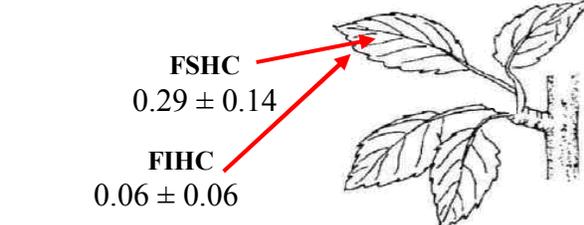
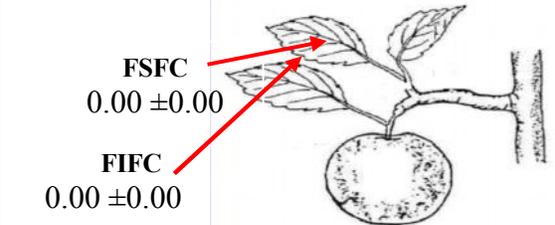
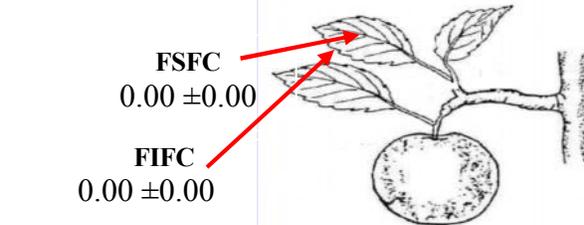
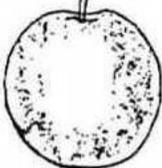
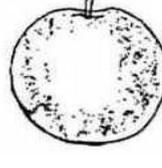
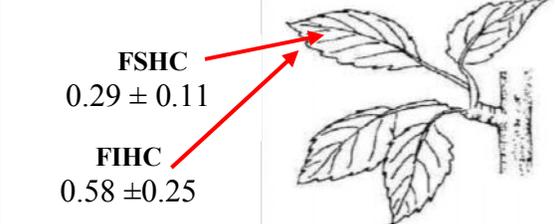
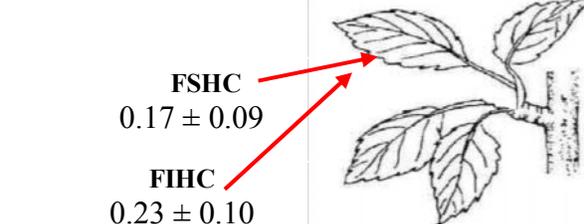
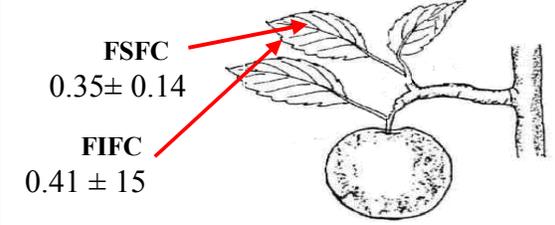
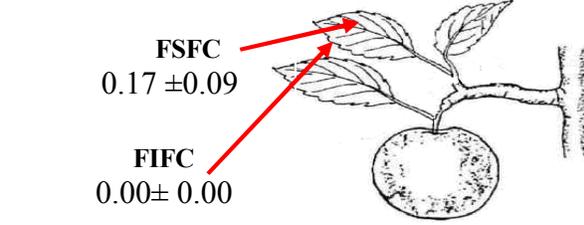
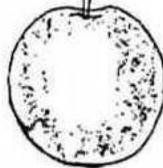
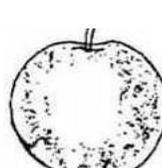
Annexes

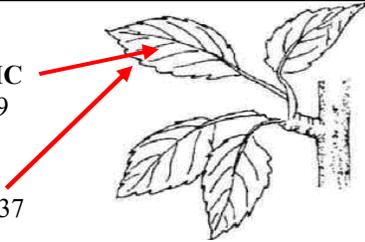
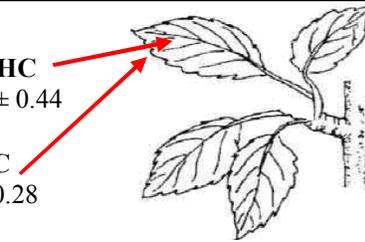
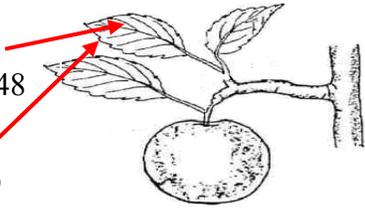
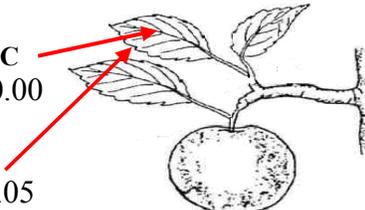
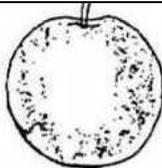
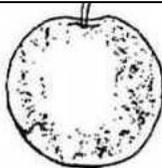
- Annexe 1 : Pontes dans la région de **Limbiridi** (moyennes \pm e.s.)

	Golden Delicious	Starkrimson
Vol 1	 <p>FSHC 0.08 ± 0.05</p> <p>FIHC 0.32 ± 0.11</p> <p align="center">FHC 0.4 ± 0.14</p>	 <p>FSHC 0.32 ± 0.13</p> <p>FIHC 0.12 ± 0.06</p> <p align="center">FHC 0.44 ± 0.14</p>
	 <p>FSFC 0.28 ± 0.10</p> <p>FIFC 0.12 ± 0.066</p> <p align="center">FC 0.4 ± 0.12</p>	 <p>FSFC 0.08 ± 0.05</p> <p>FIFC 0.00 ± 0.00</p> <p align="center">FC 0.08 ± 0.05</p>
	<p align="center">Pomme 0.16 ± 0.9</p> 	<p align="center">Pomme 0.00 ± 0.00</p> 
	<p align="center">Rameau 0.32 ± 0.13</p> 	<p align="center">Rameau 1.68 ± 0.54</p> 
Vol 2	 <p>FSHC 0.4 ± 0.13</p> <p>FIHC 0.64 ± 0.18</p> <p align="center">FHC 1.04 ± 0.24</p>	 <p>FSHC 0.00 ± 0.00</p> <p>FIHC 0.41 ± 0.19</p> <p align="center">FHC 0.41 ± 0.19</p>
	 <p>FSFC 0.24 ± 0.12</p> <p>FIFC 0.24 ± 0.12</p> <p align="center">FC 0.48 ± 0.21</p>	 <p>FSFC 0.08 ± 0.08</p> <p>FIFC 0.00 ± 0.00</p> <p align="center">FC 0.08 ± 0.08</p>
	<p align="center">Pomme 0.24 ± 0.10</p> 	<p align="center">Pomme 0.00 ± 0.00</p> 

	<p>Rameau 0.36±0.20</p> 	<p>Rameau 0.17±0.11</p> 
Vol 3	<p>FSHC 0.8 ± 0.26</p> <p>FIHC 0.64 ± 0.22</p> <p>FHC 1.44±0.41</p> 	<p>FSHC 0.56 ± 0.25</p> <p>FIHC 0.52 ± 0.32</p> <p>FHC 1.08±0.54</p> 
	<p>FSFC 0.36 ± 0.16</p> <p>FIFC 0.2 ± 0.12</p> <p>FC 0.56±0.25</p> 	<p>FSFC 0.08 ± 0.05</p> <p>FIFC 0.04 ± 0.04</p> <p>FC 0.12±0.08</p> 
	<p>Pomme 0.08±0.06</p> 	<p>Pomme 0.12±0.07</p> 
	<p>Rameau 0.08±0.06</p> 	<p>Rameau 0.24±0.13</p> 

- Annexe 2 : Pontes dans la région de **Tazoult** (moyennes \pm e.s.)

	Golden Delicious	Starkrimson
Vol 1	 <p>FSHC 0.29 \pm 0.14</p> <p>FIHC 0.11 \pm 0.08</p> <p align="center">FHC 0.40 \pm 0.15</p>	 <p>FSHC 0.29 \pm 0.14</p> <p>FIHC 0.06 \pm 0.06</p> <p align="center">FHC 0.35 \pm 0.15</p>
	 <p>FSFC 0.00 \pm 0.00</p> <p>FIFC 0.00 \pm 0.00</p> <p align="center">FC 0.00 \pm 0.00</p>	 <p>FSFC 0.00 \pm 0.00</p> <p>FIFC 0.00 \pm 0.00</p> <p align="center">FC 0.00 \pm 0.00</p>
	<p>Pomme 0.11 \pm 0.11</p> 	<p>Pomme 0.00 \pm 0.00</p> 
	<p>Rameau 0.57 \pm 0.36</p> 	<p>Rameau 0.59 \pm 0.24</p> 
Vol 2	 <p>FSHC 0.29 \pm 0.11</p> <p>FIHC 0.58 \pm 0.25</p> <p align="center">FHC 0.87 \pm 0.26</p>	 <p>FSHC 0.17 \pm 0.09</p> <p>FIHC 0.23 \pm 0.10</p> <p align="center">FHC 0.40 \pm 0.12</p>
	 <p>FSFC 0.35 \pm 0.14</p> <p>FIFC 0.41 \pm 0.15</p> <p align="center">FC 0.76 \pm 0.27</p>	 <p>FSFC 0.17 \pm 0.09</p> <p>FIFC 0.00 \pm 0.00</p> <p align="center">FC 0.17 \pm 0.09</p>
	<p>Pomme 0.18 \pm 0.10</p> 	<p>Pomme 0.00 \pm 0.00</p> 

	<p>Rameau 0.29 ± 0.17</p> 	<p>Rameau 0.06 ± 0.06</p> 
Vol 3	<p>FSHC 3.29 ± 0.9</p> <p>FIHC 1.05 ± 0.37</p> <p>FHC 4.34 ± 1.25</p> 	<p>FSHC 0.94 ± 0.44</p> <p>FIHC 0.47 ± 0.28</p> <p>FHC 1.41 ± 0.72</p> 
	<p>FSFC 0.94 ± 0.48</p> <p>FIFC 0.17 ± 0.09</p> <p>FC 1.11 ± 0.54</p> 	<p>FSFC 0.00 ± 0.00</p> <p>FIFC 0.05 ± 0.05</p> <p>FC 0.05 ± 0.05</p> 
	<p>Pomme 0.18 ± 0.13</p> 	<p>Pomme 0.00 ± 0.00</p> 
	<p>Rameau 0.00 ± 0.00</p> 	<p>Rameau 0.00 ± 0.00</p> 

- Annexe 3 : Comparaison du comportement de ponte entre variétés pour les femelles qui ont pondu

Vol	Vol1		Vol 2		Vol 3	
Comportements (moyenne ± e.s.)	GD	ST	GD	ST	GD	ST
Durée (sec) de marche sans balayage	38.36 ± 4.72 (a)	49.11 ± 11.07 (a)	37.89 ± 2.76 (a)	28.83 ± 2.09 (b)	43 ± 2.57 (a)	37.85 ± 2.74 (a)
Distance parcourue (cm) lors de la marche sans balayage	2.85 ± 0.32 (a)	3.92 ± 0.58 (a)	5.91 ± 2.14 (a)	2.82 ± 0.23 (a)	4.48 ± 0.30 (a)	4.29 ± 0.29 (a)
Vitesse de déplacement (cm/sec) lors de la marche sans balayage	0.24 ± 0.08 (a)	0.25 ± 0.04 (a)	0.34 ± 0.04 (a)	0.21 ± 0.03 (b)	0.28 ± 0.02 (a)	0.23 ± 0.02 (a)
Durée (sec) de balayage à l'arrêt	17.27 ± 2.14 (a)	11.11 ± 2.77 (b)	14.33 ± 1.37 (a)	16.94 ± 0.94 (a)	24.39 ± 1.93 (a)	15.54 ± 0.80 (b)
Durée (sec) de marche en balayage	7.73 ± 2.46 (a)	6.89 ± 3.01 (a)	13.44 ± 1.39 (a)	11.17 ± 1.29 (a)	21.70 ± 2.60 (a)	8.00 ± 1.72 (b)
Distance parcourue (cm) lors de la marche en balayage	0.80 ± 0.35 (a)	0.51 ± 0.24 (a)	1.28 ± 0.15 (a)	1.04 ± 0.13 (a)	2.00 ± 0.28 (a)	0.72 ± 0.16 (b)
Vitesse de déplacement (cm/sec) lors de la marche en balayage	0.05 ± 0.01 (a)	0.05 ± 0.02 (a)	0.14 ± 0.01 (a)	0.13 ± 0.02 (a)	0.14 ± 0.02 (a)	0.08 ± 0.02 (b)
Nombre des arrêts	1.27 ± 0.41 (a)	1.11 ± 0.75 (a)	1.52 ± 0.25 (a)	1.11 ± 0.33 (a)	2.52 ± 0.30 (a)	2.54 ± 0.51 (a)
Durée (sec) des arrêts	718.00 ± 264.4 (a)	750.33 ± 351.41 (a)	733.11 ± 171.94 (a)	726.44 ± 172.63 (a)	265.35 ± 37.49 (a)	381.38 ± 88.98 (a)

- Annexe 4 : Comparaison du comportement de ponte **entre variétés** pour les femelles qui **n'ont pas pondu**

Vol	Vol1		Vol 2		Vol 3	
Comportements (moyenne \pm e.s.)	GD	ST	GD	ST	GD	ST
Durée (sec) de marche sans balayage	15.56 \pm 5.70 (a)	31.87 \pm 7.43 (b)	6.25 \pm 2.47 (a)	6.12 \pm 1.21 (a)	7 \pm 1.79 (a)	6.53 \pm 2.06 (a)
Distance parcourue (cm) lors de la marche sans balayage	1.27 \pm 0.43 (a)	3.82 \pm 1.07 (b)	0.75 \pm 0.25 (a)	0.66 \pm 0.14 (a)	0.59 \pm 0.14 (a)	0.70 \pm 0.20 (a)
Vitesse de déplacement (cm/sec) lors de la marche sans balayage	0.16 \pm 0.05 (a)	0.65 \pm 1.07 (a)	0.13 \pm 0.04 (a)	8.01 \pm 1.08 (a)	0.11 \pm 0.01 (a)	0.11 \pm 0.02 (a)
Durée (sec) de balayage à l'arrêt	0.89 \pm 0.89 (a)	5.53 \pm 1.56 (b)	1.24 \pm 0.57 (a)	0.00 \pm 0.00 (b)	0.00 \pm 0.00 (a)	1.24 \pm 0.52 (a)
Durée (sec) de marche en balayage	0.00 \pm 0.00 (a)	1.33 \pm 0.77 (b)	0.5 \pm 0.5 (a)	1.35 \pm 0.46 (a)	0.00 \pm 0.00 (a)	1.41 \pm 0.62 (a)
Distance parcourue (cm) lors de la marche en balayage	0.00 \pm 0.00 (a)	0.18 \pm 0.13 (a)	0.04 \pm 0.04 (a)	0.12 \pm 0.04 (a)	0.00 \pm 0.00 (a)	0.12 \pm 0.05 (a)
Vitesse de déplacement (cm/sec) lors de la marche en balayage	0.00 \pm 0.00 (a)	0.04 \pm 0.03 (a)	0.01 \pm 0.01 (a)	0.03 \pm 0.01 (a)	0.00 \pm 0.00 (a)	0.03 \pm 0.01 (a)
Nombre des arrêts	1.22 \pm 0.49 (a)	1.40 \pm 0.31 (a)	0.75 \pm 0.41 (a)	1.47 \pm 0.33 (a)	2.71 \pm 0.52 (a)	2.18 \pm 0.43 (a)
Durée (sec) des arrêts	1455.78 \pm 437.80 (a)	510.07 \pm 192.21 (b)	507.75 \pm 274.87(a)	1005.82 \pm 249.54 (a)	559.429 \pm 251.072 (a)	408.18 \pm 93.61 (a)

- Annexe 5 : Comparaison du comportement de ponte au sein de la variété Golden Delicious

Vol	Vol1		Vol 2		Vol 3	
Comportements (moyenne ±e.s.)	FP	FNP	FP	FNP	FP	FNP
Durée (sec) de marche sans balayage	38.36 ± 4.72 (a)	15.56 ± 5.70 (b)	37.89 ± 2.76 (a)	6.25 ± 2.47 (a)	43.52 ± 2.57 (a)	7 ± 1.79 (b)
Distance parcourue (cm) lors de la marche sans balayage	2.85 ± 0.32 (a)	1.27 ± 0.43 (b)	5.91 ± 2.14 (a)	0.75 ± 0.25 (b)	4.84 ± 0.30 (a)	0.59 ± 0.14 (b)
Vitesse de déplacement (cm/sec) lors de la marche sans balayage	0.24 ± 0.08 (a)	0.16 ± 0.05 (a)	0.34 ± 0.04 (a)	0.13 ± 0.04 (b)	0.28 ± 0.02 (a)	0.11 ± 0.01 (b)
Durée (sec) de balayage à l'arrêt	17.27 ± 2.14 (a)	0.89 ± 0.89 (a)	14.33 ± 1.37 (a)	0.00 ± 0.00 (b)	24.39 ± 1.93 (a)	0.00 ± 0.00 (b)
Durée (sec) de marche en balayage	7.73 ± 2.46 (a)	0.00 ± 0.00 (b)	13.44 ± 1.39 (a)	0.50 ± 0.50 (b)	21.70 ± 2.60 (a)	0.00 ± 0.00 (b)
Distance parcourue (cm) lors de la marche en balayage	0.80 ± 0.35 (a)	0.00 ± 0.00 (b)	1.28 ± 0.15 (a)	0.04 ± 0.04 (b)	2.00 ± 0.28 (a)	0.00 ± 0.00 (b)
Vitesse de déplacement (cm/sec) lors de la marche en balayage	0.05 ± 0.01 (a)	0.00 ± 0.00 (b)	0.14 ± 0.01 (a)	0.01 ± 0.01 (b)	0.14 ± 0.02 (a)	0.00 ± 0.00 (b)
Nombre des arrêts	1.27 ± 0.41 (a)	1.22 ± 0.49 (a)	1.52 ± 0.25 (a)	0.75 ± 0.41 (a)	2.52 ± 0.30 (a)	2.71 ± 0.50 (a)
Durée (sec) des arrêts	718 ± 264.41 (a)	1455.78 ±427.30(a)	733.11 ± 171.94 (a)	5077.75 ±274.87(a)	265.35 ± 37.09 (a)	695 ± 251.86 (b)

- Annexe 6 : Comparaison du comportement de ponte au sein de la variété Starkrimson

Vol	Vol1		Vol 2		Vol 3	
Comportements (moyenne ±e.s.)	FP	FNP	FP	FNP	FP	FNP
Durée (sec) de marche sans balayage	49.11 ± 11.07 (a)	31.87 ± 7.43 (a)	28.83 ± 2.09 (a)	6.12 ± 1.21 (b)	37.85 ± 2.74 (a)	6.53 ± 2.06 (b)
Distance parcourue (cm) lors de la marche sans balayage	3.92 ± 0.58 (a)	3.82 ± 1.07 (a)	2.82 ± 0.23 (a)	0.66 ± 0.14 (b)	4.29 ± 0.29 (a)	0.70 ± 0.20 (b)
Vitesse de déplacement (cm/sec) lors de la marche sans balayage	0.25 ± 0.04 (a)	0.65 ± 0.36 (a)	0.21 ± 0.03 (a)	0.12 ± 0.02 (b)	0.23 ± 0.02 (a)	0.11 ± 0.02 (b)
Durée (sec) de balayage à l'arrêt	11.11 ± 2.77 (a)	5.53 ± 1.56 (b)	16.94 ± 0.94 (a)	1.24 ± 0.57 (b)	15.54 ± 0.80 (b)	1.24 ± 0.52 (b)
Durée (sec) de marche en balayage	6.89 ± 3.01 (a)	1.33 ± 0.77 (b)	11.17 ± 1.29 (a)	1.35 ± 0.46 (b)	8.00 ± 1.72 (b)	1.41 ± 0.62 (b)
Distance parcourue (cm) lors de la marche en balayage	0.51 ± 0.24 (a)	0.18 ± 0.13 (a)	1.04 ± 0.13 (a)	0.12 ± 0.04 (b)	0.72 ± 0.16 (b)	0.12 ± 0.05 (b)
Vitesse de déplacement (cm/sec) lors de la marche en balayage	0.05 ± 0.02 (a)	0.04 ± 0.03 (a)	0.12 ± 0.02 (a)	0.03 ± 0.01 (b)	0.08 ± 0.02 (a)	0.03 ± 0.01 (b)
Nombre des arrêts	1.11 ± 0.75 (a)	1.40 ± 0.31 (a)	1.11 ± 0.33 (a)	1.47 ± 0.33 (a)	2.54 ± 0.51 (a)	2.71 ± 0.52 (a)
Durée (sec) des arrêts	750.33 ± 351.41 (a)	510.07 ± 192.21 (a)	726.44 ± 172.63 (a)	1005.82 ± 249.54 (a)	381.38 ± 88.98 (a)	408.18 ± 93.61 (a)

- Annexe 7a : Comparaison du comportement de ponte au sein de la variété Golden Delicious entre organe pour les femelles qui ont pondu et qui n'ont pas pondu

Vol1	FP		FNP	
	Feuille	Fruit	Feuille	Fruit
Durée (sec) de marche sans balayage	29.82 ± 5.99 (a)	1.73 ± 1.45 (b)	9.89 ± 4.69 (a)	1.00 ± 1.00 (b)
Distance parcourue (cm) lors de la marche sans balayage	2.09 ± 0.40 (a)	0.15 ± 0.13 (b)	0.81 ± 0.42 (a)	0.06 ± 0.06 (b)
Vitesse de déplacement (cm/sec) lors de la marche sans balayage	0.19 ± 0.009 (a)	0.01 ± 0.01 (b)	0.11 ± 0.05 (a)	0.01 ± 0.01 (b)
Durée (sec) de balayage à l'arrêt	14.00 ± 2.87 (a)	0.00 ± 0.00 (b)	0.89 ± 0.89 (a)	0.00 ± 0.00 (b)
Durée (sec) de marche en balayage	5.36 ± 2.46 (a)	0.00 ± 0.00 (b)	0.00 ± 0.00 (a)	0.00 ± 0.00 (a)
Distance parcourue (cm) lors de la marche en balayage	0.65 ± 0.37(a)	0.00 ± 0.00 (b)	0.00 ± 0.00 (a)	0.00 ± 0.00 (a)
Vitesse de déplacement (cm/sec) lors de la marche en balayage	0.03 ± 0.01 (a)	0.00 ± 0.00 (b)	0.00 ± 0.00 (a)	0.00 ± 0.00 (a)
Nombre des arrêts	0.64 ± 0.31 (a)	0.27 ± 0.14 (a)	1.00 ± 0.53 (a)	0.00 ± 0.00 (b)
Durée (sec) des arrêts	143.55 ± 74.33 (a)	242.09 ± 205.59 (a)	1088.44 ± 481.59 (a)	0.00 ± 0.00 (b)

- Annexe 7b : Comparaison du comportement de ponte au sein de la variété Golden Delicious entre organe pour les femelles qui ont pondu et qui n'ont pas pondu

Vol2	FP		FNP	
	Feuille	Fruit	Feuille	Fruit
Durée (sec) de marche sans balayage	26.85 ± 2.72 (a)	8.67 ± 1.45 (b)	4.38 ± 2.46 (a)	1.38 ± 1.38 (a)
Distance parcourue (cm) lors de la marche sans balayage	4.21 ± 1.52 (a)	0.86 ± 0.16 (b)	0.5 ± 0.24 (a)	0.18 ± 0.18 (a)
Vitesse de déplacement (cm/sec) lors de la marche sans balayage	0.24 ± 0.04 (a)	0.07 ± 0.01 (b)	0.10 ± 0.03 (a)	0.02 ± 0.02 (b)
Durée (sec) de balayage à l'arrêt	7.41 ± 1.45 (a)	5.39 ± 1.45 (a)	0.00 ± 0.00 (b)	0.00 ± 0.00 (a)
Durée (sec) de marche en balayage	8.59 ± 1.27 (a)	4.59 ± 1.19 (b)	0.5 ± 0.5 (a)	0.00 ± 0.00 (a)
Distance parcourue (cm) lors de la marche en balayage	0.80 ± 0.12 (a)	0.42 ± 0.11 (b)	0.04 ± 0.04 (a)	0.00 ± 0.00 (a)
Vitesse de déplacement (cm/sec) lors de la marche en balayage	0.09 ± 0.01 (a)	0.04 ± 0.01 (b)	0.01 ± 0.01 (a)	0.00 ± 0.00 (a)
Nombre des arrêts	0.81 ± 0.20 (a)	0.44 ± 0.14 (a)	0.50 ± 0.27 (a)	0.00 ± 0.00 (b)
Durée (sec) des arrêts	434.74 ± 160.24 (a)	219.48 ± 97.90 (a)	334.13 ± 178.52 (a)	0.00 ± 0.00 (b)

- Annexe 7c : Comparaison du comportement de ponte au sein de la variété Golden Delicious entre organe pour les femelles qui ont pondu et qui n'ont pas pondu

Vol3	FP		FNP	
	Feuille	Fruit	Feuille	Fruit
Durée (sec) de marche sans balayage	22.74 ± 3.12 (a)	20.09 ± 1.56 (a)	3.57 ± 1.53 (a)	2.86 ± 1.18 (a)
Distance parcourue (cm) lors de la marche sans balayage	2.52 ± 0.33 (a)	2.23 ± 0.17 (a)	0.29 ± 0.12 (a)	0.26 ± 0.10 (a)
Vitesse de déplacement (cm/sec) lors de la marche sans balayage	0.16 ± 0.02 (a)	0.10 ± 0.007 (b)	0.05 ± 0.02 (a)	0.05 ± 0.02 (a)
Durée (sec) de balayage à l'arrêt	7.35 ± 1.55 (a)	17.04 ± 1.16 (b)	0.00 ± 0.00 (a)	0.00 ± 0.00 (a)
Durée (sec) de marche en balayage	10.04 ± 2.13 (a)	11.56 ± 1.63 (a)	0.00 ± 0.00 (a)	0.00 ± 0.00 (a)
Distance parcourue (cm) lors de la marche en balayage	0.95 ± 0.21 (a)	1.04 ± 0.16 (a)	0.00 ± 0.00 (a)	0.00 ± 0.00 (a)
Vitesse de déplacement (cm/sec) lors de la marche en balayage	0.07 ± 0.01 (a)	0.07 ± 0.01 (a)	0.00 ± 0.00 (a)	0.00 ± 0.00 (a)
Nombre des arrêts	0.96 ± 0.22 (a)	1.43 ± 0.18 (b)	1.57 ± 0.37 (a)	1.14 ± 0.34 (a)
Durée (sec) des arrêts	70.13 ± 18.72 (a)	170.96 ± 29.17 (b)	559.43 ± 251.07 (a)	135.57 ± 64.99 (a)

- Annexe 8a : Comparaison du comportement de ponte au sein de la variété Starkrimson entre organe pour les femelles qui ont pondu et qui n'ont pas pondu

Vol1	FP		FNP	
	Feuille	Fruit	Feuille	Fruit
Durée (sec) de marche sans balayage	35.67 ± 7.00 (a)	7.78 ± 5.08 (b)	22.40 ± 5.19 (a)	2.73 ± 2.13 (b)
Distance parcourue (cm) lors de la marche sans balayage	2.8 ± 0.53 (a)	0.59 ± 0.32 (b)	2.71 ± 0.75 (a)	0.33 ± 0.26 (b)
Vitesse de déplacement (cm/sec) lors de la marche sans balayage	0.18 ± 0.03 (a)	0.02 ± 0.01 (b)	0.54 ± 0.37 (a)	0.02 ± 0.01 (a)
Durée (sec) de balayage à l'arrêt	9.22 ± 2.91 (a)	0.00 ± 0.00 (b)	4.60 ± 1.45 (a)	0.27 ± 0.27 (b)
Durée (sec) de marche en balayage	6.89 ± 3.01 (a)	0.00 ± 0.00 (b)	1.2 ± 0.67 (a)	0.13 ± 0.13 (a)
Distance parcourue (cm) lors de la marche en balayage	0.15 ± 0.24 (a)	0.00 ± 0.00 (b)	0.15 ± 0.10 (a)	0.03 ± 0.03 (a)
Vitesse de déplacement (cm/sec) lors de la marche en balayage	0.05 ± 0.02 (a)	0.00 ± 0.00 (b)	0.02 ± 0.01 (a)	0.02 ± 0.02 (a)
Nombre des arrêts	0.78 ± 0.78 (a)	0.00 ± 0.00 (a)	8.27 ± 1.14 (a)	0.00 ± 0.00 (a)
Durée (sec) des arrêts	283.44 ± 283.44 (a)	0.00 ± 0.00 (a)	446.67 ± 198.31 (a)	0.00 ± 0.00 (b)

- Annexe 8b : Comparaison du comportement de ponte au sein de la variété Starkrimson entre organe pour les femelles qui ont pondu et qui n'ont pas pondu

Vol2	FP		FNP	
	Feuille	Fruit	Feuille	Fruit
Durée (sec) de marche sans balayage	19.67 ± 3.00 (a)	7.83 ± 1.78 (b)	4.59 ± 1.33 (a)	1.00 ± 0.49 (b)
Distance parcourue (cm) lors de la marche sans balayage	1.91 ± 0.29 (a)	0.77 ± 0.18 (b)	0.49 ± 0.15 (a)	0.12 ± 0.06 (b)
Vitesse de déplacement (cm/sec) lors de la marche sans balayage	0.15 ± 0.03 (a)	0.06 ± 0.01 (b)	0.09 ± 0.02 (a)	0.02 ± 0.01 (b)
Durée (sec) de balayage à l'arrêt	9.61 ± 1.82 (a)	7.33 ± 2.00 (a)	0.53 ± 0.36 (a)	0.71 ± 0.49 (a)
Durée (sec) de marche en balayage	6.06 ± 1.39 (a)	5.11 ± 1.37 (a)	1.12 ± 0.44 (a)	0.24 ± 0.24 (b)
Distance parcourue (cm) lors de la marche en balayage	0.56 ± 0.12 (a)	0.48 ± 0.13 (a)	0.09 ± 0.04 (a)	0.02 ± 0.02 (b)
Vitesse de déplacement (cm/sec) lors de la marche en balayage	0.07 ± 0.02 (a)	0.06 ± 0.01 (a)	0.03 ± 0.01 (a)	0.004 ± 0.004 (b)
Nombre des arrêts	0.50 ± 0.19 (a)	0.56 ± 0.25 (a)	0.76 ± 0.26 (a)	0.24 ± 0.14 (b)
Durée (sec) des arrêts	202.17 ± 97.12 (a)	489.83 ± 181.91 (a)	453.56 ± 181.58 (a)	183.47 ± 99.82 (a)

- Annexe 8c : Comparaison du comportement de ponte au sein de la variété Starkrimson entre organe pour les femelles qui ont pondu et qui n'ont pas pondu

Vol3	FP		FNP	
	Feuille	Fruit	Feuille	Fruit
Durée (sec) de marche sans balayage	1.35 ± 0.68 (a)	4.59 ± 1.20 (b)	13.85 ± 2.20 (a)	24.00 ± 1.64 (b)
Distance parcourue (cm) lors de la marche sans balayage	0.16 ± 0.08 (a)	0.49 ± 0.13 (b)	7.71 ± 1.03 (a)	2.67 ± 0.15 (b)
Vitesse de déplacement (cm/sec) lors de la marche sans balayage	0.03 ± 0.01 (a)	0.07 ± 0.01 (b)	0.12 ± 0.02 (a)	0.11 ± 0.01 (a)
Durée (sec) de balayage à l'arrêt	0.00 ± 0.00 (a)	1.24 ± 0.52 (b)	0.23 ± 0.23 (a)	15.31 ± 0.87 (b)
Durée (sec) de marche en balayage	0.24 ± 0.24 (a)	1.18 ± 0.61 (a)	3.77 ± 1.30 (a)	4.23 ± 1.56 (a)
Distance parcourue (cm) lors de la marche en balayage	0.02 ± 0.02 (a)	0.10 ± 0.05 (a)	0.31 ± 0.11 (a)	0.42 ± 0.16 (a)
Vitesse de déplacement (cm/sec) lors de la marche en balayage	0.01 ± 0.01 (a)	0.02 ± 0.01 (a)	0.04 ± 0.01 (a)	0.03 ± 0.01 (a)
Nombre des arrêts	0.71 ± 0.22 (a)	1.47 ± 0.30 (b)	1.23 ± 0.41 (a)	1.23 ± 0.43 (a)
Durée (sec) des arrêts	60.41 ± 22.68 (a)	347.76 ± 88.84 (b)	99.31 ± 41.59 (a)	251.08 ± 98.22 (b)

Résumé

Le carpocapse, *Cydia pomonella* L. (*Lepidoptera* : *Tortricidae*) est le majeur ravageur des pommes et des poires dans notre région. L'intérêt croissant pour la protection intégrée en pommerai est favorable à l'élaboration de méthodes de lutte respectueuses de l'environnement, alternative au contrôle par les insecticides seuls, intensives et suite à l'apparition des résistances. Perturber le comportement de ponte de l'insecte ravageur est une voie intéressante dans le domaine de la lutte biologique.

Dans ce travail, nous avons tout d'abord comparé deux variétés de pommier (Golden Delicious et Starkrimson), de point de vue ponte en conditions naturelles et en choix. Puis, décrire en conditions de non choix, les étapes comportementales qui amènent la femelle à pondre sur l'arbre des deux variétés.

Le dénombrement de ponte sur les deux variétés, en conditions naturelles et en choix, a montré que les deux variétés sont sensibles au carpocapse ; avec une légère préférence pour la ponte de la variété Golden Delicious. La plupart des pontes sont localisées sur les feuilles hors corymbes, qui se montrent majoritairement au voisinage des fruits quelque soit la variété, le vol ou la région étudiée. Les dégâts larvaires sont également identiques sur les deux variétés quelque soit le vol et la région à l'exception au 3^{ème} vol dans la région de Tazoult où la variété Golden Delicious est plus attaquée par rapport à Starkrimson. Les dégâts à la récolte actifs sont les plus dominants sur la variété Golden Delicious vs. Starkrimson dans la région de Limbiridi.

L'observation du comportement de ponte du carpocapse sur arbre, en milieu naturel et en conditions de non-choix, confirme que la variété Golden Delicious est plus préférée à la ponte que Starkrimson. Différentes étapes comportementales sont observées sur les deux variétés étudiées: atterrissage à la surface du pommier, visite des différents sites, examen du site, et l'acceptation ou le refus de ponte. La ponte est accompagnée par l'examen du site par balayage de l'ovipositeur. Généralement, les sites de ponte correspondent aux sites d'atterrissage sur les deux variétés.

Ces résultats ouvrent de nouvelles voies de recherche de méthodes de protection efficaces des pommiers, moins polluantes et durables contre le carpocapse basées sur la connaissance du comportement de ponte.

Mots clés : *Lepidoptera*, *Tortricidae*, *Cydia pomonella*, Carpocapse, Golden Delicious, Starkrimson, comportement de ponte.

Abstract:

The codling moth, *Cydia pomonella* L. (*Lepidoptera: Tortricidae*) is the major pest of apples and pears in several countries. The growing interest, in apple-orchards is conducive to the development of environment friendly control methods, alternative to control by insecticides alone, intensive, and following the emergence of resistance. Disrupting the host-plant selection behavior by the insect pest is an interesting path in the biological control field.

In this work, we first compared the egg-laying on two apple tree varieties (Golden Delicious and Starkrimson) in choice conditions. Then, describe the behavioral steps that lead the female to lay eggs on the tree of both varieties under non-choice conditions.

Enumeration of eggs on both varieties in natural choice conditions showed that both varieties are susceptible to codling moth egg-laying, with a slight preference of Golden Delicious. Most eggs are located on the distal leaves, which show mostly in the vicinity of fruits whatever the variety, flight or study area. The larval damage are also identical on both varieties whatever the flight and the region except the 3rd flight in Tazoult region where Golden Delicious is more damaged compared to Starkrimson. Active damages are more dominants on Golden Delicious vs. Starkrimson in Limbiridi region.

The observation of oviposition behavior of codling moth on trees in natural and non-choice conditions, confirmed that Golden Delicious variety is more preferred for egg-laying than Starkrimson. Different behavioural steps are observed on both studied varieties: landing on the surface of apple, tree visiting different sites, site examination and acceptance or refusal of egg-laying. The egg-laying is accompanied by an examination of the site by scanning of the ovipositor. Generally, ovipositing sites are the landing ones on the two varieties.

These results open new ways of research for effective apple protection methods against codling moth based on the knowledge of the oviposition behavior.

Keywords : *Lepidoptera, Tortricidae, Cydia pomonella*, Codling moth, Golden Delicious, Starkrimson, oviposition behavior .

المخلص

تعتبر دودة التفاح (*Cydia pomonella* L. (Lepidoptera : Tortricidae)) العدو الأكبر للتفاح و الايجاص في منطقتنا. أصبح الاهتمام المتزايد للحماية الكاملة مهما من اجل إيجاد طرق تحترم المحيط و مغايرة لتلك التي تعتمد على المبيدات فقط بصورة مكثفة إضافة إلى ظهور مقاومة من طرف الحشرة. من الوسائل التي تدخل ضمن الحماية البيولوجية ; تشويش سلوك الحشرة الضارة أثناء التبييض.

في هذا العمل نحن بصدد المقارنة بين صنفين من التفاح (Golden Delicious et Starkrimson) من حيث التبييض في ظروف طبيعية و اختيارية. ثم وصف المراحل التي تؤدي بالأنثى للتبييض فوق الشجرة عند الصنفين في ظروف غير اختيارية. اظهر عد البيض في ظروف طبيعية و اختيارية أن كلا الصنفين هما حساسين لدودة التفاح مع تفضيل صغير لصنف Golden Delicious. جل البيض يتمركز على الأوراق غير المتوضعة في الباق و التي في الأغلب تكون قريبة من الثمار مهما كان الصنف، الجيل أو المنطقة المدروسة. الأضرار متشابهة هي الأخرى مهما كان الصنف، الجيل أو المنطقة المدروسة؛ ماعدا الجيل الثالث في منطقة تازولت أين صنف Golden Delicious أكثر تعرضا للهجوم من Starkrimson. كما أن الأضرار النشطة عند الجني هي الغالبة عند صنف Golden Delicious مقارنة بصنف Starkrimson في منطقة لمبريدي.

متابعة سلوك وضع البيض عند دودة التفاح على الشجرة في ظروف طبيعية و غير اختيارية تؤكد أن صنف Golden Delicious هو المفضل للتبييض. مراحل مختلفة لوحظت على كلا الصنفين : 1- النزول على سطح شجرة التفاح 2- زيارة عدة مواقع 3- اختبار الموقع 4- قبول أو رفض وضع البيض. هذا الأخير يكون عامة مصاحبا بتحسس الموقع عن طريق أرجحة عضو التبييض. تقابل مواقع وضع البيض مع مواقع النزول على كلا الصنفين.

تفتح هذه النتائج طرق جديدة للبحث على وسائل الحماية الفعالة و الأقل تلويثا و الدائمة لشجرة التفاح المستندة على معرفة سلوك وضع البيض لديه.

الكلمات المفتاحية : *Lepidoptera* , *Tortricidae* , *Cydia pomonella* , دودة التفاح , Golden Delicious , Starkrimson , سلوك وضع البيض.