

UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA

Faculté des Sciences Agro-Vétérinaires

Département des Sciences Agronomiques

MEMOIRE DE MAGISTER

en Sciences Agronomiques

Spécialité : Biopesticides et gestion phytosanitaire

ETUDE DE L'ACTIVITE DE TROIS RAVAGEURS DES AGRUMES VIS-A-VIS DE
LA QUANTITE EN TANNINS DE L'ORANGER SOUS L'EFFET D'UN STRESS
PAR PIEGEAGE DANS UN VERGER EN MITIDJA CENTRALE

Par

Sihem CHOUIH

Devant le jury composé de :

A. GUENDOUZ - BENRIMA	Professeur, U. S.D.B.	Présidente
A. BOUTEKRABT	Professeur, U.S.D.B.	Examineur
F. BOUNACEUR	MCB., U. M.K.B.	Examineur
L. ALLAL- BENFEKIH	MCA., U. S.D.B.	Promotrice
Z.E. DJAZOULI	MCA., U.S.D.B.	Co-promoteur

Blida, juin 2012

REMERCIEMENTS

Avant tout, je remercie **Dieu** de m'avoir donné la chance, la volonté, les moyens, la force et le courage nécessaire pour réaliser ce travail.

Je tiens à exprimer mes remerciements et mes respects aux membres du jury d'avoir accepté d'honorer et d'enrichir mon travail. Pour cela, je leur exprime ma profonde reconnaissance.

Toute ma gratitude à Mme le docteur ALLAL-BENFEKIH L. et Mr. le docteur DJAZOULI Z. E. pour leur encadrement, leurs nombreux conseils et leur soutien constant tout au long de la réalisation de ma thèse.

J'exprime ma gratitude à tous mes enseignants tout au long de mon parcours universitaire, pour leur formation.

Je tiens particulièrement à remercier Mr Deriassa et Mr Mazari de m'avoir donné l'opportunité de réaliser mon travail au sein de la ferme pilote « Mohamed Ben Abdelkader » à Mouzaia (wilaya de Blida).

J'aimerais remercier toutes les personnes qui m'ont accompagnées et soutenues, mes parents, ma sœur, mes frères, mon beau frère, ma belle sœur et tous mes amis.

DEDICACES

Je dédie ce travail :

- Aux êtres les plus chères dans ma vie, mes parents, en témoignage de l'amour, du respect et de mes profondes et éternelles gratitude et reconnaissance ;
- A mon adorable sœur Amina et mes chères frères : Ahmed, Abdelghani et Sofiane ;
- A mon beau frère Karim et ma belle sœur Amel ;
- Aux deux poussins de la famille : Lyna et Mohamed Rayan ;
- A tous mes amis et mes collègues ;

Sihem

RESUME

Les vergers agrumicoles algériens sont attaqués par plusieurs ravageurs, qui contribuent tous d'une manière directe ou indirecte à la chute de la production par l'affaiblissement de la plante hôte et à la détérioration de la qualité des fruits produits. Dans le but de mettre en pratique une lutte intégrée qui prend en considération les ravageurs comme un ensemble, nous avons essayé, à travers cette étude, de cerner le comportement des ravageurs dans nos vergers et sous nos conditions biotiques, abiotiques et anthropiques. Nos résultats ont montré que le piégeage massif contre la mineuse des feuilles, l'aleurode, et la cératite dans un verger peut contribuer à la diminution des effectifs de ces ravageurs surtout s'il est renforcé par une phéromone spécifique, en plus de son intérêt sur la surveillance des stades ailés. De plus, la présence de pièges au niveau de la parcelle constitue une source de stress pour les insectes, une chose qui les a poussés à changer de comportement.

Les ravageurs qui cohabitent dans un biotope donné développent une relation de compétition surtout pour la mineuse et l'aleurode qui sont obligés de partager le compartiment feuille comme étant une source de nourriture et un habitat commun. Les ravageurs étudiés sont directement influencés par les facteurs climatiques auxquels ils sont affrontés surtout la température et la pluviométrie. La plante hôte, sujette à différentes agressions, mobilise ses moyens de défense en augmentant la pression osmotique et en produisant des substances de défenses tels que les tannins ; les résultats ont montré que les compartiments attaqués contenaient des teneurs élevées en tannins par rapport aux compartiments sains.

Mot clés :

Mineuse, aleurode, cératite, verger, piégeage, compétition, défense, tannins, stress.

SUMMARY:

Algerian citrus orchards are attacked by several pests, all of which contribute to a directly or indirectly to the fall in production by the weakening of the host plant and to the deterioration of fruit quality products. In the order to apply an integrated pest management that takes into account the pest as a whole, we have tried, through this study to identify the behavior of pests in our orchards and under our biotic, abiotic and anthropogenic. Our results showed that the mass trapping against the leaf miner, the whitefly, and the fruit fly, in an orchard may help reduce the numbers of pests especially if reinforced by a specific pheromone, and more interest on the monitoring of winged stages. In addition, the presence of traps in the plot is a source of stress for insects, something that led them to change their behavior. Pests that live in a given biotope develop a relationship of competition especially for leafminer and whitefly that are forced to share the bay leaf as a food source and a common habitat. Pests considered are directly influenced by climatic factors which they competed primarily temperature and rainfall.

The host plant, subject to various attacks, mobilizes its defenses by increasing the osmotic pressure and producing substances defenses such as tannins and the results showed that attacked compartments contained high levels of tannins compared to healthy sub- .

Key words:

Leafminers, whiteflies, fruit fly, orchard, trapping, competition, defense, tannins, stress.

ملخص :

بساتين الحمضيات الجزائرية تتعرض للهجوم من قبل العديد من الآفات ، وكلها تساهم بطريقة مباشرة أو غير مباشرة في انخفاض الإنتاج عن طريق إضعاف النبات المضيف ، مما يؤدي الى تدهور نوعية الفواكه المنتجة.

من أجل تطبيق الإدارة المتكاملة للآفات التي تأخذ بعين الاعتبار هذه الآفة ككل، حاولنا من خلال هذه الدراسة إلى التعرف على سلوك الآفات في بساتين تحت تأثير عدة عوامل.

أظهرت النتائج أن المحاصرة بكمية ضد حفارة الأوراق ، والذبابة البيضاء ، وذبابة الفاكهة ، في بستان قد يساعد في خفض أعداد هذه الحشرات خاصة إذا عززت من قبل فرمون محددة ، وأكثر من ذلك ، فان فائدة المحاصرة تساعد على رصد مراحل المرنج. بالإضافة إلى ذلك، وجود الفخاخ في المؤامرة هي مصدر للإجهاد للحشرات، الأمر الذي قادهم إلى تغيير سلوكهم.

الآفات التي تعيش فيمنطقة معينة تساعد الحشرات على تطوير علاقة خاصة بالنسبة للمنافسة والذبابة البيضاء حفارة الأوراق الذين يجبرون على حصة رقة الغار كمصدر للغذاء وموطن المشترك.

وتتأثر الآفات التي نظرت فيها مباشرة بالعوامل المناخية التي تنافست في درجة الحرارة وهطول الأمطار في المقام الأول.

المحطة المضيئة ، عرضة لهجمات مختلفة ، وتعبئة دفاعاتها من خلال زيادة الضغط الأسموزي وانتاج المواد الدفاعات مثل العفص والنتائج أظهرت أن المقصورات هاجم تحتوي على مستويات عالية من العفص مقارنة صحية فرعية .

الكلمات المفتاح :

حفارة الأوراق، الذبابة البيضاء، ذبابة الفاكهة ، بستان ، محاصرة ، والمنافسة، والدفاع ، والعفص ، والإجهاد.

TABLE DE MATIERES

RESUME	
ABSTRACT	
ملخص	
REMERCIEMENTS	
DEDICACES	
TABLE DES MATIERES	
LISTE DES ILLUSTRATIONS ET GRAPHIQUES ET DES TABLEAUX	
INTRODUCTION.....	20
CHAPITRE 1 : DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES.....	24
1.1. Présentation de la plante hôte : <i>Citrus sinensis</i>	24
1.1.1. Importance et répartition géographique des agrumes	24
1.1.2. Présentation de l'oranger : <i>Citrus sinensis</i>	26
1.1.2.1. Description botanique.....	26
1.1.2.2. Position systématique	27
1.1.2.3. Phénologie	27
1.1.2.3.1. Cycle végétatif annuel de l'oranger.....	27
1.1.2.3.2. L'oranger et le milieu.....	28
1.1.2.3.3. Les pratiques culturales.....	28
1.2. La mouche des fruits : <i>Ceratitis capitata</i> Wiedemann 1824 (<i>Diptera</i> : <i>Tephritidae</i>).....	30
1.2.1. Répartition géographique, Importance économique et plante-hôtes.....	30
1.2.2. Taxonomie	30
1.2.3. Description.....	30

1.2.3.1. L'adulte	30
1.2.3.2. L'œuf	31
1.2.3.3. La larve.....	31
1.2.3.4. La pupe	31
1.2.4. Biologie et dégâts	33
1.2.5. Moyens de lutte.....	36
1.2.5.1. La lutte chimique.....	36
1.2.5.2. La lutte biologique	36
1.2.5.3. La technique des insectes stériles.....	37
1.2.5.4. Le piégeage massif	37
1.2.5.5. La stérilisation chimique	38
1.3. La mineuse des feuilles : <i>Phyllocnistis citrella</i> Stainton 1856 (Lipidoptera, Gracillariidae).....	38
1.3.1. Répartition géographique, importance économique et plante- hôtes	38
1.3.2. Taxonomie et description	39
1.3.3. Description.....	39
1.3.3.1. L'adulte.....	39
1.3.3.2. L'œuf et la ponte	39
1.3.3.3. La larve.....	40
1.3.4. Biologie et dégâts Biologie.....	42
1.3.5. Moyens de lutte	45
1.3.5.1. Lutte culturale	45
1.3.5.2. Lutte chimique.....	45
1.3.5.3. Lutte biologique.....	46
1.3.5.4. Lutte par piégeage.....	46
1.4. L'aleurode Floconneux des agrumes : <i>Aleurothrixus floccosus</i> Maskell 1895	47

1.4.1. Répartition géographique, importance économique et plante-hôtes	47
1.4.2. Taxonomie	47
1.4.3. Description.....	47
1.4.3.1. L'adulte.....	47
1.4.3.2. L'œuf et la ponte.....	48
1.4.3.3. La larve.....	49
1.4.4. Biologie et dégâts	50
1.4.5. Moyens de lutte.....	52
1.4.5.1. Contrôle biologique.....	52
1.4.5.2. Lutte Chimique.....	53
1.4.5.3. Mesures prophylactiques.....	53
CHAPITRE 2 : LES INTERACTIONS TROPHIQUES DANS UN AGRO-ECOSYSTEME.....	54
2.1. Interactions biotiques et dynamiques des systèmes écologiques.....	54
2.2. La communication dans un agro-écosystème.....	58
2.2.1. La chimioréception.....	59
2.2.2. La défense chimique.....	61
2.2.3. Interactions insectes-insectes	61
2.3. Interactions plantes-insectes	61
CHAPITRE 3 : LES MECANISMES DE DEFENSE CHEZ LA PLANTE.....	66
3.1. La résistance des plantes.....	66
3.2. Les métabolites secondaires.....	68
3.2.1. Les différentes classes de métabolites secondaires	68
3.2.2. Leurs différents rôles défensifs.....	68
3.3 Les stimulateurs de défenses naturelles.....	69

3.3.1. Les résistances constitutives.....	69
3.3.2. Les stress inducteurs de résistance.....	70
3.3.3. Les messagers moléculaires	70
3.4. Le génie métabolique chez les végétaux.....	72
3.5. Les tanins dans la relation plante-insecte.....	72
3.5.1. Définition des « tanins ».....	72
3.6. Les mécanismes de défense chez les agrumes	73
CHAPITRE 4 : MATERIEL ET METHODES.....	75
4.1. Introduction	75
4.2. Objectifs.....	76
4.3. Présentation de la région d'étude.....	76
4.3.1. Présentation de la région de la Mitidja.....	76
4.3.1.1. Situation géographique.....	76
4.3.1.2. Caractéristiques climatiques.....	78
4.3.1.2.1. Pluviométrie.....	78
4.3.1.2.2. Température.....	78
4.3.1.2.3. Vents.....	79
4.3.1.2.4. Hygrométrie.....	79
4.3.1.2.5. Gelée.....	79
4.3.1.3. Synthèse climatique.....	80
4.3.1.3.1. Climagramme d'Emberger.....	80
4.3.1.3.2. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен	82
4.3.2. Présentation du site d'étude.....	84

4.3.3. Présentation de la station d'étude.....	85
4.3.4. Présentation du dispositif expérimental.....	87
4.4. Travail sur terrain.....	89
4.4.1. Matériel utilisé.....	89
4.4.2. Période d'échantillonnage.....	89
4.4.2.1. Le piégeage massif.....	89
4.4.2.2. Les pièges utilisés.....	91
4.4.2.2.1. Le piège delta.....	91
4.4.2.2.2. Le piège à phéromone.....	91
4.4.2.3. La phéromone	92
4.4.3. Méthode d'échantillonnage.....	94
4.5. Le travail au laboratoire.....	97
4.5.1. Matériel biologique	97
4.5.2. Méthodes de travail.....	97
4.5.2.1. Le comptage.....	97
4.5.2.2. Les analyses phytochimiques.....	98
4.5.2.2.1. Extraction et dosage des tanins condensés.....	98
4.5.2.2.2. Matériel utilisé	98
4.6. Les analyses statistiques.....	100
4.6.1. Corrélations-régressions (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009 et Excel™).....	101
4.6.2. Analyse multivariée (PAST vers. 1.37).....	101
CHAPITRE 5 : RESULTATS.....	103
5.1. Evaluation du système de piégeage appliqué par les taux de captures des ravageurs étudiés.....	103

5.1.1. Evaluation du piège delta par les taux de captures de la mineuse, l'aleurode et la cératite.....	103
5.1.2. Evaluation du piège à phéromone par les taux de captures de la cératite.....	105
5.1.3. Ordre d'arrivée des trois ravageurs selon les captures des pièges.....	109
5.1.4. Etude comparée des captures des différents ravageurs par les deux types de pièges	112
5.1.4.1. Etude comparée des captures effectuées par le piège delta.....	112
5.1.4.2. Etude comparée des captures effectuée par le piège à phéromone.....	114
5.2. Evolution spatiotemporelle globale et structuration des communautés des ravageurs étudiés sur l'oranger.....	115
5.2.1. Etude comparative de l'abondance des effectifs des ravageurs entre les parcelles.....	115
5.2.2. Décalage temporel des trois ravageurs étudiés.....	119
5.2.3. Analyse globale de l'occurrence des trois ravageurs dans la parcelle non stressée et stressé	123
5.3. Fluctuations spatio-temporelles des stades des ravageurs étudiés	124
5.3.1. Fluctuations spatio-temporelles des stades de l'aleurode	124
5.3.2. Fluctuations spatio-temporelles des stades de la mineuse des feuilles.....	129
5.3.3. Fluctuations spatio-temporelles de la cératite.....	135
5.4. Etude des fluctuations spatiotemporelles des ravageurs selon les facteurs abiotiques et biotiques étudiés.....	138
5.4.1. Fluctuations des ravageurs selon les facteurs climatiques.....	138
5.4.2. Fluctuations des éléments biochimiques dans les différents compartiments.....	141
5.4.3. Fluctuations des ravageurs selon les teneurs en tanins condensés et les pourcentages en eau	147
5.4.3.1. Sur le compartiment feuille.....	147
5.4.3.2. Sur le compartiment fruit.....	149
CHAPITRE 6 : DISCUSSION GENERALE.....	152
CONCLUSION.....	184
APPENDICES.....	186
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	192

LISTE DES ILLUSTRATION, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

Figure1.1	Répartition des agrumes et leur marché dans le monde.....	24
Figure 1.2	Répartition de la production mondiale des <i>Citrus</i>	25
Figure 1.3	Répartition des vergers agrumicoles Algériens 2006).....	25
Figure 1.4	Illustrations sur l'oranger (personnel, 2010).....	27
Figure1.5	Différents facteurs influençant un arbre [19].....	29
Figure1.6	La taille d'entretien des agrumes.....	29
Figure 1.7	Carte mondiale de la distribution de la mouche des fruits.....	30
Figure 1.8	Les stades adultes de <i>Ceratitis capitata</i>	32
Figure 1.9	Les stades larvaires de la mouche des fruits.....	33
Figure 1.10	Taille de la larve de <i>Ceratitis capitata</i>	33
Figure 1.11	La pupe au sol.....	34
Figure 1.12	Piqûres sur fruit.....	34
Figure 1.13	Cycle biologique de la mouche méditerranéenne des fruits.....	35
Figure 1.14	Cycle de développement chez la mouche des fruits.....	35
Figure 1.15	Les stades larvaires de la mineuse des feuilles des agrumes.....	41
Figure 1.16	Pré-pupe et pupe sur feuille de Citrus.....	41
Figure 1.17	Jeune larve mineuse entrain de miner.....	42

Figure 1.18	Papillon adulte de la mineuse des feuilles.....	42
Figure 1.19	Dégâts causés par la mineuse des feuilles (Personnel, 2010).....	44
Figure 1.20	Œufs et stades larvaires de l'aleurode floconneux (personnel, 2010).....	49
Figure 1.21	Aleurode floconneux, adulte (personnel, 2010).....	50
Figure 1.22:	Dégâts de fumagine sur les feuilles de l'oranger (Personnel, 2010).....	52
Figure 1.23	<i>Encarsia inaron</i> : Parasitoïde de l'aleurode.....	53
Figure 1.24	Cycle de développement d' <i>Encarsia inaron</i>	53
Figure 2.1 :	Fonctionnement d'un système de populations [77]	55
Figure 2.2 :	Influence du climat et de la région de culture sur les dynamiques entre la culture hôte et ses bioagresseurs [83].....	57
Figure 2.3 :	Effet des facteurs biotiques et abiotiques sur les cultures et sur les agroécosystèmes en réponse à la variabilité et aux changements climatiques [79].....	57
Figure 2.4 :	Effet des ectomones[86].....	60
Figure 2.5 :	Etude des relations plante-insecte : Rôle des médiateurs chimiques [77].....	62
Figure 2.6 :	Système de sélection des stratégies [93].....	64
Figure 3.1 :	Relations interspécifiques entre la plante et l'insecte [109].....	67
Figure 3.2 :	Schéma synoptique des mécanismes de stimulation des défenses naturelles de plante [110].....	71

Figure 4.1:	Limite géographique de la Mitidja [129].....	77
Figure 4.2 :	La localisation de la station d'étude dans le Climagramme d'Emberger.....	81
Figure 4.3 :	Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен relatif à la région d'étude (a : de 1990 à 2008 ; b : 2009).....	83
Figure 4.4 :	Présentation du site d'étude géographique à Mouzaia.....	85
Figure 4.5 :	Présentation de la station d'étude.....	86
Figure 4.6 :	Plan parcellaire de l'EURL Mohamed Ben Abdelkader de Mouzaia.....	86
Figure 4.7 :	L'état du verger dans lequel nous avons travaillé (personnel, 2010).....	88
Figure 4.8 :	Présentation des pièges utilisés (personnel, 2010).....	92
Figure 4.9 :	Micro capsules à phéromones [136].....	94
Figure4.10 :	Techniques utilisées sur terrain (personnel, 2010).....	95
Figure 4.11 :	Dispositif expérimental sur la parcelle d'étude (personnel, 2010).....	96
Figure 5.1 :	Evolution globale des captures entre ravageurs dans les deux parcelles étudiées (a et b).....	105
Figure 5.2 :	Evolution des captures de <i>Ceratitis capitata</i>	106
Figure 5.3:	Analyse multivariée «ACP» représentant les principales périodes de captures des ravageurs étudiés.....	108
Figure 5. 4:	Classification ascendante hiérarchique des périodes de	108

	captures (calculé par des distances euclidiennes à partir des coordonnées des stations d'étude sur les trois axes de l'ACP).....	
Figure 5.5 :	Analyse en composantes principales (A.C.P.) illustrant les captures sous forme d'enveloppes.....	111
Figure 5.6 :	Ordre d'apparition des ravageurs selon les captures des adultes ailés.....	111
Figure 5.7 :	Modèle G.L.M. appliqué aux taux de captures par le piège delta (N=252).....	112
Figure 5.8 :	Modèle ANOVA appliqué à l'interaction parcelle/ ravageur (N=252).....	113
Figure 5.9 :	Modèle G.L.M. appliqué aux taux de captures par le piège à phéromone (N=84).....	114
Figure 5.10 :	Modèle ANOVA appliqué à l'interaction période/ parcelle (N=84).....	115
Figure 5.11 :	Comparaison de l'abondance des ravageurs dans les deux parcelles étudiées.....	116
Figure 5.12 :	Analyse multivariée «ACP» sur la dynamique des ravageurs étudiés.....	118
Figure 5.13 :	Classification ascendante hiérarchique des groupes d'insectes selon leur dynamique.....	118
Figure 5.14 :	Analyse en composantes principales (A.C.P.) illustrant la dynamique sous forme d'enveloppes.....	122
Figure 5.15:	Ordre d'apparition des ravageurs selon les captures des adultes ailés.....	122
Figure 5.16:	Modèle G.L.M. appliqué à l'abondance des effectifs des ravageurs étudiés (N=42).....	123
Figure 5.17:	Modèle ANOVA appliqué à l'interaction parcelle/espèce (N=42).....	124
Figure 5.18 :	Fluctuations spatiotemporelles des différents stades de l'aleurode dans les deux parcelles étudiées.....	126
Figure 5.19 :	modèle G.L.M. appliqué à la variation des taux des	127

	effectifs des différents stades de l'aleurode GLM, N=150.....	
Figure 5.20 :	modèle G.L.M. appliqué à la variation des taux des effectifs de l'aleurode selon les directions cardinales, N=150.....	127
Figure 5.21 :	modèle ANOVA appliqué à la variation des taux des effectifs de chaque stade biologique dans le temps et selon les orientations, N=150.....	128
Figure 5.22 :	Fluctuations spatiotemporelles des différents stades de la mineuse dans les deux parcelles étudiées.....	130
Figure 5.23 :	modèle G.L.M. appliqué à la variation de la densité des effectifs de la mineuse des feuilles, N=150.....	131
Figure 5.24 :	modèle G.L.M. appliqué à la variation de la densité des effectifs de la mineuse des feuilles selon les orientations cardinales et les stades biologiques, N=150.....	131
Figure 5.25 :	Modèle ANOVA appliqué à l'étude de la fluctuation des stades de la mineuse des feuilles dans le temps et entre les orientations, N=150.....	132
Figure 5.26 :	Analyse en composantes principales (A.C.P.) des effectifs de l'aleurode et de la mineuse des feuilles dans la parcelle non stressée.....	134
Figure 5.27 :	Analyse en composantes principales (A.C.P.) des effectifs de l'aleurode et de la mineuse des feuilles dans la parcelle stressée.....	134
Figure 5.28 :	Fluctuations des effectifs de la cératite (pièges à phéromones).....	136
Figure 5.29 :	modèle G.L.M. appliqué à la fluctuation spatiotemporelle des vols de mouche des fruits, N=25.....	136
Figure 5.30 :	Modèle ANOVA appliqué à l'interaction période/parcelle	137

	(N=25).....	
Figure 5.31 :	Analyse en composantes principales (A.C.P.) des effectifs de la cératite dans le temps et entre la parcelle stressée et la parcelle non stressée.....	138
Figure5.32 :	Comparaison des fluctuations des ravageurs avec les moyennes des précipitations mensuelles.....	140
Figure5.33:	Comparaison des fluctuations des ravageurs avec les moyennes des températures mensuelles.....	140
Figure 5.34 :	Fluctuation temporelles des tannins et de l'eau selon la phénologie et l'infestation du compartiment feuille.....	142
Figure 5.35 :	Fluctuation temporelles des tannins et de l'eau selon la phénologie et l'infestation du compartiment fruit.....	142
Figure 5.36 :	Analyse en composantes principales (A.C.P.) des teneurs en tannins et des pourcentages en eau.....	144
Figure 5.37 :	Modèle G.L.M. appliqué aux teneurs des tannins (N=28).....	145
Figure 5.38 :	Modèle ANOVA appliqué aux teneurs des tannins entre l'infestation de chaque compartiment (N=28).....	146
Figure 5.39 :	Modèle G.L.M. appliqué aux pourcentages de l'eau des compartiments.....	147
Figure 5.40 :	Superposition des effectifs de la mineuse et de l'aleurode aux teneurs des tannins et des pourcentages en eau des feuilles	148
Figure 5.41 :	Superposition des effectifs de la mouche des fruits aux teneurs des tannins et des pourcentages en eau des fruits.....	150
Tableau 4.1 :	Gamme étalon de la catéchol.....	100
Tableau 5.1 :	Ordre d'apparition des ravageurs selon les captures par le piège	

	delta.....	110
Tableau 5.2 :	Ordre d'apparition des ravageurs selon les captures dans les deux parcelles.....	110
Tableau 5.3 :	Ordre d'apparition des ravageurs selon leur dynamique dans chaque parcelle.....	120
Tableau 5.4 :	Ordre d'apparition des ravageurs en comparant leur dynamique entre les parcelles.....	120
Tableau 5.5 :	Corrélations de Pearson entre les densités des populations des ravageurs étudiés et les facteurs climatiques.....	141
Tableau 5.6 :	Corrélations entre les densités de l'aleurode et de la mineuse et les teneurs en tannins et les pourcentages en eau des feuilles	149
Tableau 5.7 :	Corrélations entre les effectifs de la cératite et les teneurs en tannins et les pourcentages en eau des fruits	151

INTRODUCTION

Pendant longtemps, la lutte chimique contre les ravageurs et les maladies des cultures a occupé une place centrale dans les systèmes de production. L'emploi, sans cesse croissant, des molécules pesticides a entraîné de nombreuses réticences sociales avec la prise de conscience des impacts environnementaux.

La protection des cultures est devenue un défi majeur ; Elle se trouve contrainte de faire appel à d'autres moyens contre certains insectes devenus résistants à des insecticides à large spectre d'action utilisés de façon aveugle (550 espèces d'insectes résistantes). Lesquels intègrent des aspects phytotechniques plus respectueux de l'environnement ; Parallèlement, et depuis ces cinq dernières années, la demande de produits issus d'une agriculture biologique ne cesse de progresser [1].

Combiner, au mieux, les mesures et les moyens disponibles pour atteindre un état d'équilibre ravageur/auxiliaire précoce et durable, sans compromettre les rendements financiers, tel est l'important défi d'intégration posé à la protection des cultures [2].

Toujours dans ce contexte, on comprend, aisément, que l'industrie phytopharmaceutique porte de plus en plus d'attention à des produits dont l'image est plus proche de la nature, tels des produits de synthèse mais dérivés de molécules naturelles ou d'origine naturelle, d'où les biopesticides [1].

L'immense majorité des insectes peuplant la terre n'occasionnent aucun problème pour l'homme et jouent au contraire des rôles très utiles ; Mais il existe, toutefois, une petite minorité qui provoque des dégâts dont les conséquences sont dramatiques [3].

Ces pertes sont un phénomène qui n'affecte pas uniquement les pays industrialisés mais se manifeste aussi au sein des pays en voie de développement en touchant directement la production, surtout fruitière.

Les fruits sont des produits alimentaires à haute valeur commerciale et nutritive. Ils contribuent à l'amélioration du bien être social et de l'état de santé des populations rurales et urbaines ; Partout en Afrique, les cultures fruitières sont agressées par de nombreux ennemis et avec l'apparition des résistances, certains d'entre eux ont atteint de hauts niveaux d'infestation malgré les contrôles chimiques.

C'est le cas de la situation agrumicole en Algérie qui est, à l'heure actuelle, préoccupante, compte tenu des contraintes présentes qui ont permis, par ailleurs, l'installation de plusieurs ravageurs et maladies détruisant nos vergers et notre production.

Depuis quelques années, de nouvelles stratégies de protection des végétaux sont à l'étude en se fondant sur des techniques essentiellement pluridisciplinaires et relativement intégrées dans le processus cultural.

Dans ce sens, la stratégie appelée Production et Protection Intégrées (PPI) est proposée ; Elle consiste à appliquer des pratiques culturales qui permettent de réduire l'incidence des ennemis des cultures ; L'usage de produits phytosanitaires

n'est alors admis qu'en dernier recours. Il doit être raisonné et la préférence est donnée aux produits les plus « doux » [1].

La Production et Protection Intégrées (PPI) est, aussi, un concept naturel pour celui qui regarde les agressions des arbres d'une manière globale, c'est-à-dire non pas comme le seul résultat d'un parasitisme direct, mais comme la conséquence de plusieurs phénomènes qui s'associent pour rendre la plante sensible aux maladies ou attractive aux insectes. Ces phénomènes sont fortement influencés par les techniques de production.

Un verger, comme une culture végétale, est un milieu artificiel car de nombreux arbres d'une espèce donnée sont rassemblés sur une même surface, à l'exclusion de toute autre essence ; A partir de ce moment où un équilibre naturel est rompu, la perturbation favorise l'action d'organismes indésirables et nuisibles, dont l'influence passerait normalement inaperçue.

Dans ce contexte de monoculture, avec un environnement réduit au strict minimum, la lutte phytosanitaire s'accompagne de lourdes conséquences sur la faune, neutre ou auxiliaire, éventuellement présente dans les vergers [4].

Des travaux réalisés ont prouvé qu'un aménagement du paysage correctement conçu peut favoriser une biodiversité qui soit directement opérationnelle et utile contre certains ravageurs. Ces travaux d'« agroécologie » semblent aujourd'hui fondamentaux dans la recherche d'équilibres sanitaires des cultures, notamment des cultures pérennes tel que les agrumes, beaucoup plus exposées aux pullulations de bioagresseurs [5] [6] [7].

Dans ce sens, des méthodes alternatives ont été étudiées et mises en valeur, parmi lesquelles l'utilisation des extraits végétaux, dont certains donnent des résultats similaires à ceux obtenus avec les pesticides de synthèse; En plus

du piégeage massif qui a permis de lutter efficacement contre différents insectes, surtout, la mouche méditerranéenne des fruits [8].

Ainsi, la présente étude scientifique vient élucider des approches d'ordre stratégique qui se basent sur deux points :

- La compréhension et l'exploitation des relations bioagresseurs-plantes pour modifier leur sensibilité, par exemple via la conduite, l'architecture, la vigueur.
- Comprendre les interactions à l'échelle de l'écosystème afin de modifier les cycles biologiques des ravageurs, par exemple via la structure du paysage, les interactions des espèces ravageuses.

Cela, en répondant aux hypothèses suivantes :

- L'installation des pièges influe-t-elle sur le comportement des ravageurs ?
- La variation de la densité du ravageur potentiel influe-t-elle sur la disponibilité et la structuration des ravageurs secondaires ?
- Quelle est la réaction compartimentale de la plante vis-à-vis de l'installation primaire ?
- Le métabolisme des principes actifs module-t-il le choix, le rythme, et la période de la ponte et de l'attaque ?

CHAPITRE 1

DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES

1.1. Présentation de la plante hôte : *Citrus sinensis*

1.1.1. Importance et répartition géographique des agrumes

Selon IMBERT [9], le mot « agrumes », qui est d'origine italienne, désigne les fruits comestibles et par extension les arbres qui les portent, ces derniers appartiennent à la famille des Rutaceae. Orangers, citronniers, mandariniers, pamplemoussiers et cédratiers sont les espèces les plus connues. Originaires du Sud-est asiatique, elles se sont, peu à peu, répandues pour se fixer dans les régions chaudes, elles représentent la première production fruitière mondiale. Ces fruits nonclimatériques doivent être récoltés à maturité [10].

Dans le monde

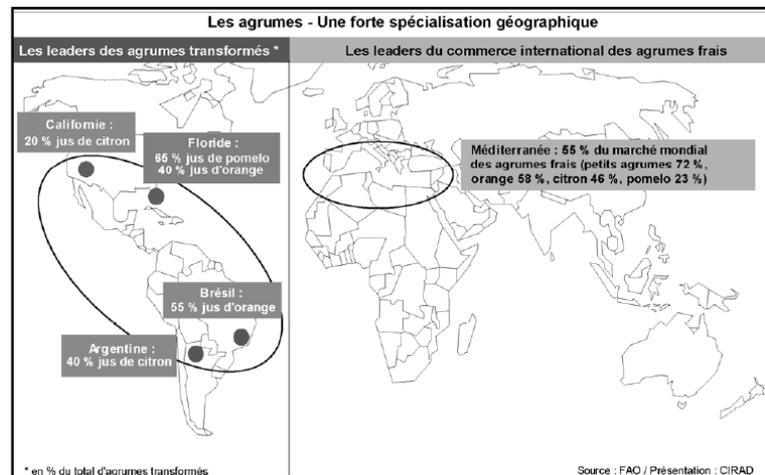


Figure1.1 : Répartition des agrumes et leur marché dans le monde [11]

Selon les données statistiques de la FAO [12], en 2004, plus de 140 pays produisaient des agrumes. Cependant, la majeure partie de la production se concentre dans certaines zones géographiques dans l'hémisphère nord, comptant pour environ 70% de la production totale ; Cette dernière a été estimée, durant la campagne 2006/2007 à 74 millions de tonnes, avec une croissance de 2% par rapport à l'année précédente [13].

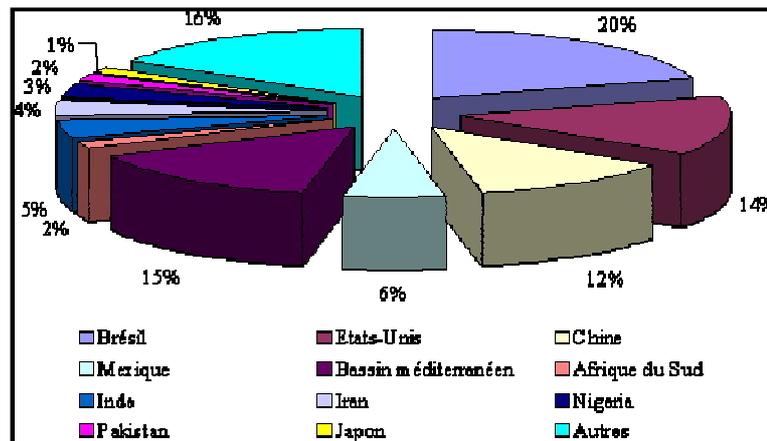


Figure 1.2 : Répartition de la production mondiale des *Citrus* [12]

En Algérie

Le verger agrumicole algérien s'étend, à la fin de l'année 2004, sur une superficie de 59 368 ha, soit 0,7% de la surface agricole utilisée (SAU) [14] ; sa répartition par wilaya se présente, comme suit, dans la figure, ci-dessous :

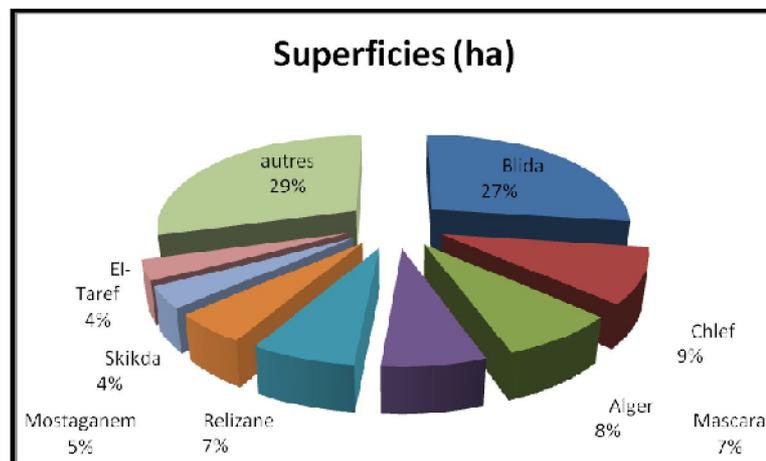


Figure 1.3 : Répartition des vergers agrumicoles Algériens 2006 [12]

La wilaya de Blida domine largement, avec 27% de la superficie totale et réalise une part importante de la production nationale avec un rendement variant de 150 à 170 qx/ha ; Cette production est orientée, essentiellement, vers la Washington Navel et la Thomson Navel [12].

1.1.2. Présentation de l'oranger : *Citrus sinensis*

1.1.2.1. Description botanique

Citrus sinensis est un petit arbre de 7 à 8 mètres, à port arrondi et une croissance rapide ; Ses feuilles sont ovales et d'un vert sombre ; Ses fleurs blanches sont très parfumées ; Les fruits, quant à eux, sont plus ou moins ronds, orange clair à foncé ; La chair présente un subtil équilibre entre le taux d'acide et celui du sucre [15].

La peau des agrumes est une écorce composée de deux couches :

- l'une superficielle, rugueuse et résistante, elle est jaune orangée sous l'action des flavonoïdes, nommée épicarpe, flavedo ou zeste.

- L'autre, interne, blanche et spongieuse, s'appelle mésocarpe ou albédo.

La pulpe est constituée de quartiers ; Elle est riche en flavonoïdes. Très nutritifs, ces quartiers sont riches en vitamine C et provitamine A et apportent un large éventail de minéraux, notamment du potassium et du calcium [16].



Figure 1.4 : Illustrations sur l'oranger (personnel, 2010)

1.1.2.2. Position systématique

D'après Swingle *in* Praloran [15], l'oranger appartient à la classe des *Dicotyledoneae*, à la famille des *Rutaceae*, au genre *Citrus* ; l'espèce est *Citrus sinensis* Var. Thomson Navel.

1.1.2.3. Phénologie

1.1.2.3.1. Cycle végétatif annuel de l'oranger

Selon Loussert [16], la croissance végétale des agrumes d'où l'oranger, se manifeste sur les jeunes ramifications, au cours des trois périodes ; nous les citons comme suit :

- **au printemps (de la fin février au début mai)** : durant cette période les ramifications s'allongent et se développent de jeunes feuilles de coloration vert clair ; certaines de ces nouvelles pousses sont fructifères [17].

- **en été (juillet-septembre)** : pendant cette période se développe la pousse d'été qui est la moins importante et dont la vigueur dépend des températures, des irrigations et de la vigueur de l'arbre.

- **en automne (d'octobre à la fin novembre)** : pendant cette saison apparaît la pousse d'automne qui assure en partie le renouvellement du feuillage [16], et l'évolution des fruits [17].

- Durant la saison hivernale, il y a un ralentissement de l'activité végétative des arbres d'où une diminution de l'activité racinaire [16].

1.1.2.3.2. L'oranger et le milieu

Bien que les arbres d'agrumes puissent être cultivés sous une gamme très vaste de conditions climatiques et édaphiques, le choix adéquat de la zone continue à être l'élément clé pour une production réussie. Les facteurs importants sont : le climat, les caractéristiques du sol ainsi que la disponibilité et la qualité de l'eau d'arrosage.

1.1.2.3.3. Les pratiques culturales

Les pratiques de fertilisation des agrumes ont pour but d'augmenter le rendement et d'améliorer la qualité des fruits en renforçant la vitalité de la plante, en minimisant les problèmes d'épidémies et de maladies ainsi qu'en améliorant la vie microbienne du sol.

La gestion des mauvaises herbes doit faire partie d'une gestion de couverture du sol à buts multiples.

Le manque sévère d'eau inhibe la croissance de la végétation et le développement des fruits (taille et qualité) des agrumes. La clé pour la gestion réussie des irrigations est la réduction de la durée du manque d'eau.

Un élagage annuel est essentiel pour maintenir la pénétration de la lumière à travers le feuillage et la pénétration de l'air car, la bonne aération contribue également à la prévention contre des épidémies et des maladies [18].

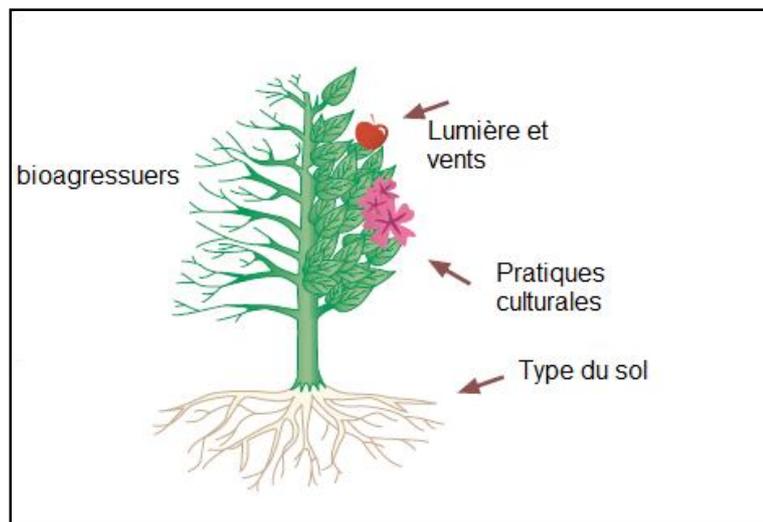


Figure1.5 : Différents facteurs influençant un arbre [19]

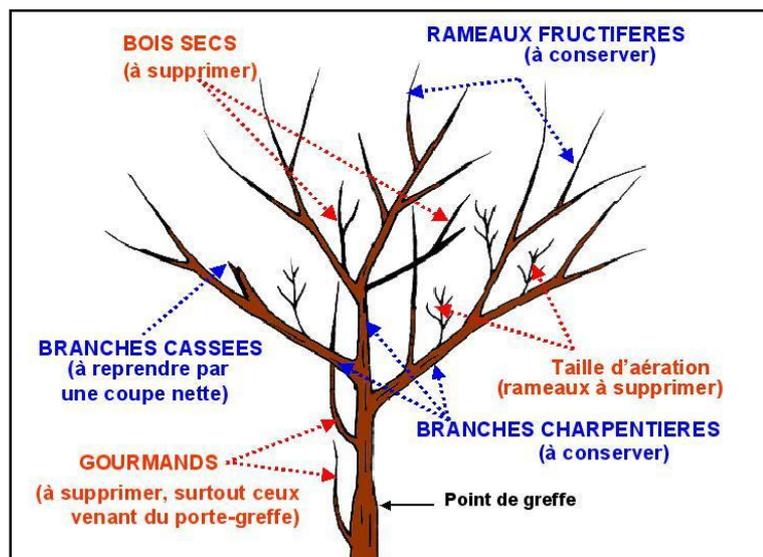


Figure1.6 : La taille d'entretien des agrumes [19]

1.2. La mouche des fruits : *Ceratitis capitata* Wiedemann 1824 (Diptera : Tephritidae)

1.2.1. Répartition géographique, Importance économique et plante-hôtes

D'origine africaine, la cératite a envahi pendant le dernier siècle plusieurs pays, aussi loin que l'Amérique du Sud et Centrale, les îles hawaïennes et l'Australie [20 ; 21]; Cet insecte est particulièrement polyphage [22], il est classé le ravageur des fruits le plus destructif au monde puisque sa gamme connue de plante-hôtes comprend plus de 250 espèces végétales.

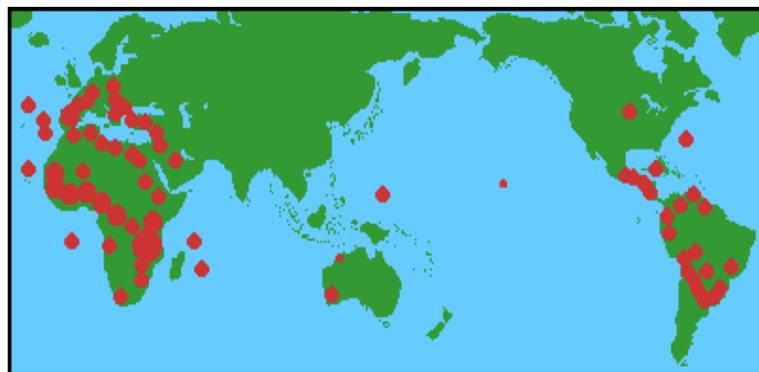


Figure 1.7 : Carte mondiale de la distribution de la mouche des fruits [23]

1.2.2. Taxonomie

D'après BALACHOWSKY et MENSIL [24], le nom scientifique qui a été retenu est *Ceratitis capitata* Wiedmann 1829 ;cet insecte appartient à la classe des insectes, à l'ordre des diptères et au genre des cératite [25 ; 26].

1.2.3. Description

1.2.3.1. L'adulte

L'imago est une mouche de 4.5 à 5 mm ; La tête est d'un blanc jaunâtre avec une bande brun clair entre les deux yeux qui sont pourprés à reflets dorés ;

Le mésonotum est noir luisant, avec quatre bandes grises ; L'abdomen est brun-jaunâtre avec des bandes transversales grises ; Les ailes sont larges présentant trois bandes orangées.

Le mâle est muni de soies céphaliques orbitales noires et aplaties en lamelle à l'apex, dont le rôle est inconnu. La femelle possède par ailleurs une tarière de ponte bien visible.

1.2.3.2. L'œuf

Les œufs sont blancs, allongés et légèrement arqués, leur longueur atteint 1 mm et leur diamètre est de 0.20 à 0.25 mm.

1.2.3.3. La larve

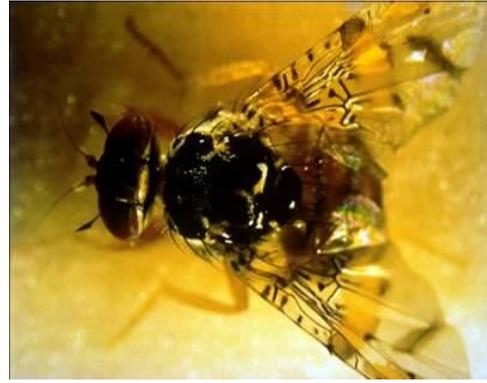
La larve, longue de 7 à 8 mm est jaune pâle, effilée à la partie antérieure et tronquée à la partie postérieure ; Les caractères morphologiques permettant la distinction immédiate des trois stades larvaires chez *C. capitata*, ils sont basés sur l'observation à la loupe binoculaire du complexe buccal et des stigmates.

1.2.3.4. La pupe

La pupe est brune, longue de 5 mm environ, elle a un diamètre de 2 mm.



a : Femelle



b : Mâle

Figure 1.8 : Les stades adultes de *Ceratitidis capitata* [27 ; 28]



a : Les œufs



b : La larve



C : La pupe



Figure 1.9 : Les stades larvaires de la mouche des fruits [29 ; 30]

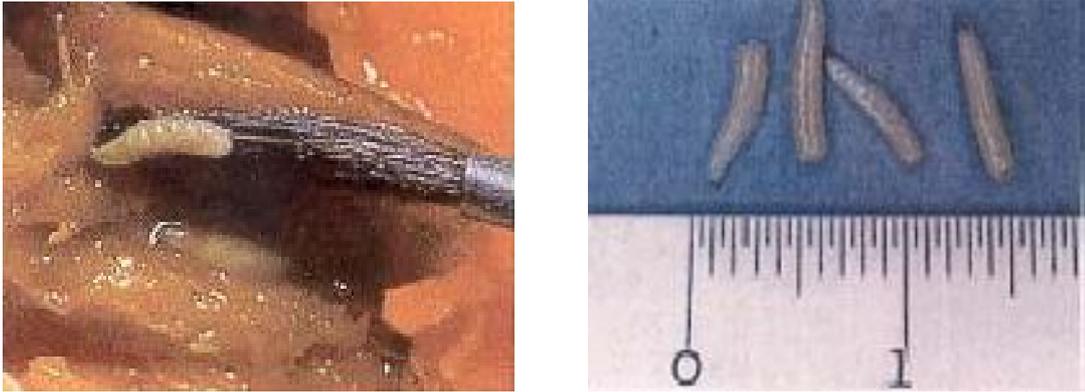


Figure 1.10 : Taille de la larve de *Ceratitidis capitata* [31]

1.2.4. Biologie et dégâts

Les adultes, récemment émergés se nourrissent de substances sucrées (miellats d'homoptères) présentes sur les arbres fruitiers. Les femelles ont en outre besoin de protéines afin de réaliser leur maturation sexuelle, dont la durée est assez courte (4 à 10 jours) [22]. Les mâles se rassemblent en groupe (leks) sur les plantes, où ils émettent ensemble une phéromone sexuelle attirant les femelles. Peu après l'accouplement, débute la ponte, qui est fortement influencée par l'intensité lumineuse et l'humidité relative et a lieu, de préférence, dans une zone ombragée [32].

A l'aide de leur oviscapte pointu, les femelles déposent leurs œufs sous l'épiderme du fruit-hôte, de 2 à 5 mm de profondeur, par petits paquets (3 à 7 œufs) dont la taille varie avec celle du fruit-hôte. Après la ponte, la femelle dépose autour du point de piqûre une phéromone de marquage. La fécondité totale est d'environ 400-600 œufs en conditions favorables.

Les œufs éclosent après 2 à 5 jours. Les larves s'enfoncent alors dans la pulpe du fruit et commencent à s'alimenter presque immédiatement ; Le cycle larvaire dure de 9 à 15 jours. En fin de développement, les asticots quittent, souvent à ou juste après l'aube, le fruit d'une brusque détente pour s'enfoncer à faible profondeur dans le sol où s'effectue la nymphose ; Celle-ci présente une

durée variable selon les conditions climatiques. A leur émergence, les adultes peuvent voler sur des distances courtes, mais les vents peuvent les porter sur une distance qui peut dépasser un kilomètre.

Le nombre de générations annuelles et la dynamique des populations sont fortement influencés par les facteurs climatiques.

Les fruits attaqués présentent généralement une zone de décoloration. Celle-ci évolue ensuite en une tache de pourriture au fur et à mesure du développement des asticots et de l'infection secondaire de la blessure par différents pathogènes ; L'attaque se traduit souvent par le mûrissement précoce puis la chute du fruit.



Figure 1.11: La pupe au sol [33]



Figure 1.12 : Piqûres sur fruit [34]

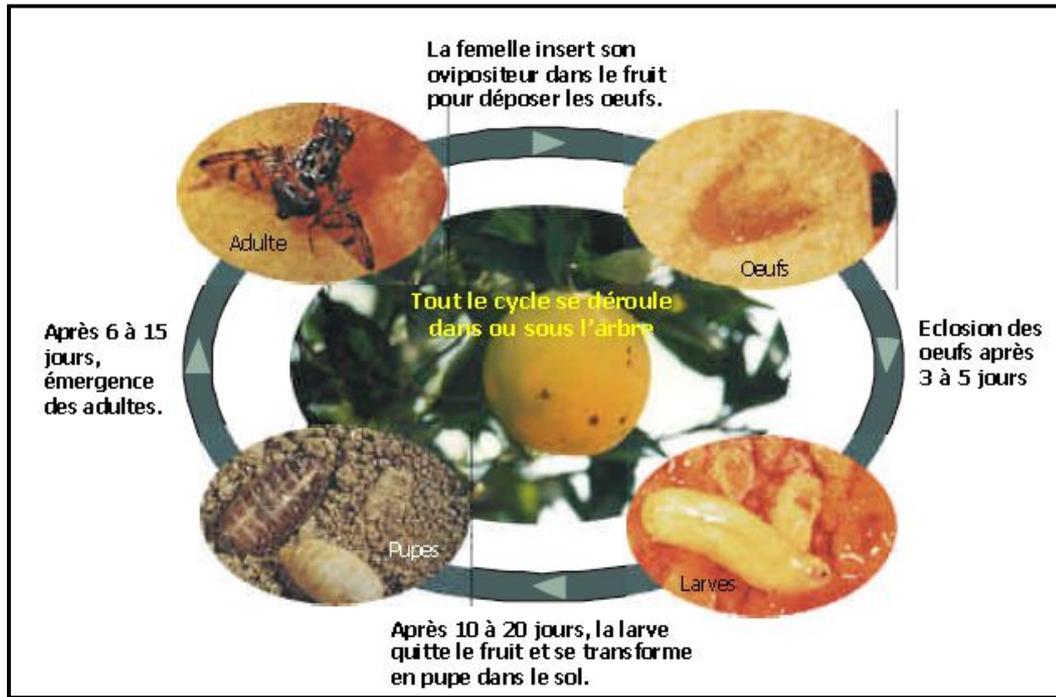


Figure 1.13 : Cycle biologique de la mouche méditerranéenne des fruits [34]

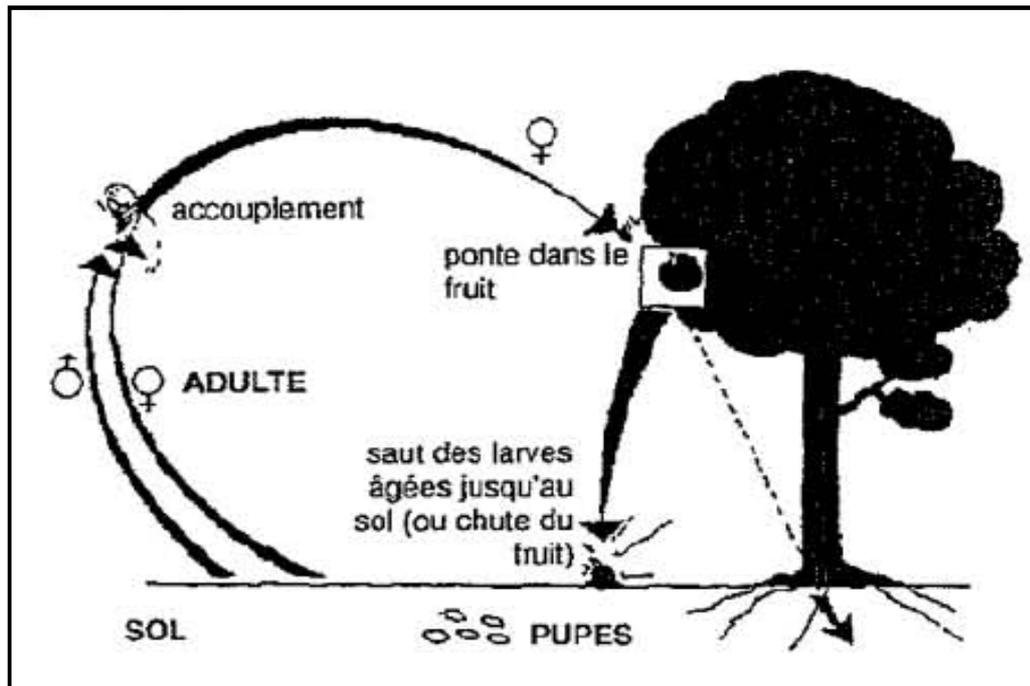


Figure 1.14 : Cycle de développement chez la mouche des fruits [35]

1.2.5. Moyens de lutte

Les méthodes de lutte contre la cératite reposent depuis de nombreuses années sur l'utilisation de traitements par taches associant un attractif alimentaire et un insecticide ou, plus récemment, sur le piégeage de masse à l'aide d'attractifs spécifiques des femelles [36]

1.2.5.1. La lutte chimique

La lutte chimique contre la cératite semble bien maîtrisée, Cependant, les produits appliqués de façon systémique et non raisonnée représentent un sérieux danger pour l'environnement, l'utilisateur, et le consommateur [20].

Le traitement par un insecticide associé à un attractif (Traitement par appâtage) qui se base sur l'utilisation des appâts empoisonnés composés d'un mélange d'hydrolysât de protéine et d'insecticide de synthèse doté d'une toxicité modérée vis-à-vis les auxiliaires [20], est une méthode recommandée pour contrôler les adultes de la cératite pendant les périodes de la récolte. Ce type de traitement doit être utilisé en combinaison avec des bonnes pratiques culturales [22].

1.2.5.2. La lutte biologique

Pour un meilleur contrôle de la cératite, l'adoption d'un programme de lutte intégrée est indisponible, en effet des essais compris à Hawaï, ont démontré que la combinaison de la technique de mâles stériles et les lâchers des parasitoïde ont aboutit à réduire 10 fois la population de *C. capitata* dans seulement six mois [37].

Le braconide *Fopius arisanus* (Sonan), un agent de contrôle biologique pour la mouche méditerranéenne des fruits, a montré une très bonne activité [38]

et une grande efficacité pour la localisation de ses hôtes en se basant sur la couleur et l'odeur des fruits attaqués par les mouches [37].

Diachasmimorpha longicaudata (Hymenoptera: Braconidae: Opiinae) [39], est un endoparasitoïde des larves et des pupes de la cératite; La femelle de *Diachasmimorpha longicaudata* est attirée par les produits de fermentation émis par les fruits pourries, chose qui indique l'emplacement probable des larves hôtes [40], ainsi, elle peut détecter ses hôtes [41].

L'utilisation de « Naturalis » qui est un biopesticide à base de champignon : *Beauveria bassiana* strain contre les adultes, ce dernier agit par contact et l'hôte meurt par épuisement de ses éléments nutritifs et par déshydratation, aussi le niveau de ponte de la mouche des fruits baisse de façon significative jusqu'à arrêt définitif [42]. Naturalis est délivré dans différents pays d'où le Maroc.

1.2.5.3. La technique des insectes stériles

L'idée de l'utilisation de la technique des insectes stériles en tant que lutte autocide a été développée par Knippling [43]. C'est une lutte qui consiste à des lâchers massifs de mâles stérilisés aux rayons gamma de l'espèce en question dans la nature où ils entrent en compétition avec les mâles naturels. La descendance est alors stérile. Cette technique est utilisée avec succès dans la lutte contre la cératite : *Ceratitis capitata* (Wiedmann) en Californie, en Amérique centrale et au Moyen Orient [44].

1.2.5.4. Le piégeage massif

Le piégeage de masse de la mouche méditerranéenne des fruits est expérimenté en Tunisie par l'Institut National Agronomique, comme alternative à la lutte chimique. Le principe est de capturer les mouches présentes en verger au

moyen de pièges Mac Phail à fond jaune, appâtés avec du Diammonium Phosphate (DAP), en comparaison avec des attractifs alimentaires synthétiques (Acétate d'ammonium, Triméthylamine et Putrescine) associés à l'insecticide dichlorvos (DDVP). Ces attractifs ont l'avantage de capturer moins d'auxiliaires ; La densité de piège est de 40 ou plus pour 1 hectare. Les résultats obtenus pour la protection des fruits sont prometteurs, notamment pour les clémentines avec 0% de dégâts à la récolte. Sur orange Thomson, plus sensible aux attaques, le taux d'attaque est de l'ordre de 30% soit 2 fois moins que sur le témoin [45].

1.2.5.5. La stérilisation chimique

La stérilisation chimique des insectes adultes de la mouche des fruits est obtenue en utilisant le pouvoir stérilisant du lufénuron, qui est utilisé au sein d'un dispositif attirant spécifiquement cette espèce (attract and kill = attirer et tuer). Le lufénuron est un inhibiteur de croissance des insectes (RCI) interférant avec la synthèse de la chitine lui conférant une activité larvicide ou ovicide grâce à sa pénétration à travers le chorion. Cette substance peut faire chuter le taux d'éclosion des œufs en cours de formation chez la femelle ayant absorbé la substance ou suite à un accouplement avec un mâle contaminé, cela en raison de ses propriétés transovariennes [45]. .

1.3. La mineuse des feuilles : *Phyllocnistis citrella* Stainton 1856 (Lipidoptera, Gracillariidae)

1.3.1. Répartition géographique, importance économique et plante-hôtes

La mineuse des feuilles des agrumes, *Phyllocnistis citrella* est un important ravageur des *Citrus* qui cause le plus de dégâts au niveau des jeunes pousses ; Native des régions asiatiques tropicales et subtropicales, cet insecte est un ravageur potentiel en Chine [46] et il est de plus en plus, ainsi considéré, dans beaucoup de régions dans le monde [47]. La mineuse des feuilles des agrumes est devenue, également, un des ravageurs principaux du genre *Citrus spp.*

dans les pays méditerranéens et cela depuis son introduction en 1994 [48], elle a été détectée pour la première fois en Grèce en juin 1995 [49] et depuis, elle s'est répandue rapidement dans toutes les régions où l'agrumiculture se pratiquait [50].

Cet insecte vit principalement aux dépens des agrumes. Sa présence a été signalée également sur jasmin, vigne et diverses légumineuses, sans pour autant pouvoir compléter son cycle biologique [51].

1.3.2. Taxonomie et description

Selon BALACHOWSKY [52], la position taxonomique de la mineuse des feuilles des agrumes : *Phyllocnistis citrella* est la suivante : Il appartient à l'ordre des lépidoptères, à la famille des Gracillariidés et au genre *Phyllocnistis*.

1.3.3. Description

1.3.3.1. L'adulte

L'adulte de la mineuse des agrumes, *Phyllocnistis citrella* Stainton, est un micro-lépidoptère Gracillariidae, mesurant environ 6 mm d'envergure. Les ailes antérieures sont blanches avec des écailles argentées, de petites taches noirâtres et une grosse tache noire à leur extrémité ; Les ailes postérieures portent une longue frange marginale, ces dernières et le corps sont de couleur blanche. Au repos, l'adulte a les ailes repliées sur le corps et il est difficile à repérer [53].

1.3.3.2. L'œuf et la ponte

L'œuf est déposé soit isolément, soit par groupe de 2 ou 3 éléments juxtaposés, généralement, sur la face inférieure de la feuille. Des pontes peuvent

également être observées sur jeunes rameaux. L'éclosion a lieu quelques jours plus tard (5 - 10 jours) [54].

1.3.3.3. La larve

Après éclosion, la larve oligophage s'enfonce immédiatement dans la feuille pour creuser une galerie superficielle tortueuse, longue de plusieurs centimètres. Le 'frass' (les déchets) est groupé en une mince bande centrale vert foncé. La mine est de couleur verdâtre et a l'air d'une trace d'escargot. Après 1 à 3 semaines, la larve se chrysalide [54].

La chenille est aplatie, allongée et de couleur jaunâtre et presque transparente à tous les stades de son développement, elle mesure au plus 3 mm; La chrysalide, quant à elle, est de couleur brun-jaunâtre et porte des yeux [55].



Œufs



Larve L1



Larve L2



Larve L3

Figure 1.15 : Les stades larvaires de la mineuse des feuilles des agrumes [55]



Figure 1.16 : Pré-pupe et pupa sur feuille de *Citrus* [56]



Figure 1.17 : Jeune larve mineuse entrain de miner [56]



Figure 1.18: Papillon adulte de la mineuse des feuilles [57]

1.3.4. Biologie et dégâts Biologie

La ponte a lieu sélectivement sur les jeunes feuilles issues de nouvelles pousses, souvent à proximité de la nervure principale

Après l'oviposition et dès l'éclosion, les jeunes larves pénètrent dans la feuille et commencent à creuser une galerie ; Cette dernière peut occuper jusqu'à la moitié de la surface foliaire, causant de lourds dégâts. Les feuilles dévorées se crispent. Généralement, on compte une mine par feuille mais, pour de fortes infestations, on dénombre plus de quatre par feuille [58]. Les larves ont quatre stades, et la durée de leur développement varie entre 5 et 20 jours. La nymphose se passe au bord du limbe où la larve se chrysalide dans la mine dans une loge [53]. Il peut y avoir jusqu'à 8 (à 10) générations annuelles [54]. La durée totale du développement varie entre 13 et 52 jours [53].

Les adultes hivernent et apparaissent dans les plantations tôt au printemps. La dynamique des populations de cette mineuse est étroitement liée au développement végétatif de l'espèce et à la variété d'agrumes attaquée [55].

La larve de *Phyllocnistis citrella* qui mine à l'intérieur des tissus des feuilles issues des jeunes pousses ralentit, ainsi, considérablement le développement de l'arbre et par suite diminue le rendement [59].



Figure 1.19: Dégâts causés par la mineuse des feuilles (Personnel, 2010)

1.3.5. Moyens de lutte

1.3.5.1. Lutte culturale

Il faut d'abord, interdire la circulation des plants des zones contaminées vers les zones encore indemnes [54].

Une fertilisation azotée et une taille concentrées, lorsque cela est possible en fin d'hiver, dont le but est d'avoir une pousse massive au début du printemps, sont recommandées (Espagne, USA, Australie) ; En effet, cette pousse échappe en grande partie aux attaques de la mineuse.

Des recherches préliminaires conduites en Espagne (Malaga) ont montré qu'il serait possible de réguler les émissions des pousses d'été par le biais de l'irrigation. Des arbres ayant subi une période de stress hydrique de 20 à 30 jours en juillet, n'ont pas émis de pousses à cette période, et présentaient un aspect d'affaiblissement. Cependant, un rattrapage a eu lieu durant la seconde moitié du mois d'août, avec une pousse massive et uniforme, suite à des irrigations normales. Par ailleurs, le rendement en fruits, n'a pas été affecté par cette approche de stress [54].

1.3.5.2. Lutte chimique

Il est à noter que, des insecticides à large spectre d'action (Pyrethroides, carbamates et les organophosphorés) sont utilisés contre *P. citrella* [60]. Quoique néfaste sur les auxiliaires, la lutte chimique est actuellement la méthode la plus efficace pour combattre la mineuse de l'oranger et protéger les pousses de printemps et celle d'automne.

Etant donné que le stade larvaire est le plus vulnérable, les applications de produits phytosanitaires sont recommandées dès l'apparition des mines. Le

nombre d'applications peut varier de 2 à 5 par an ; Cependant, certains chercheurs ont montré qu'en tenant compte de la phénologie des jeunes pousses, et de la biologie du ravageur, deux applications pour chacune des principales pousses fournissent une protection adéquate.

1.3.5.3. Lutte biologique

Les recherches sont actuellement focalisées sur les biopesticides. Des essais avec des solutions à base de *Bacillus thuringiensis* (Bt) en mélange à un mouillant organosilicone "L-77", ont montré une efficacité du Bt dont l'action se fait sur la pénétration dans le tissu foliaire, qui se trouve renforcé.

Des prédateurs de larves de la mineuse, tels que les Chrysopes, les punaises, les fourmis et les araignées sont également connus ; Les taux de parasitisme sont de 25 à 58% environ, en Thaïlande. Ils peuvent atteindre 100% dans des vergers de pomelo, non traités.

1.3.5.4. Lutte par piégeage

L'utilisation de pièges appâtés avec une phéromone contre la mineuse des pousses des agrumes en Floride a permis de décrire, d'une part, durant une année d'étude, la phénologie du vol de cette mineuse, d'autre part, les chercheurs ont pu conclure que les captures des papillons étaient considérables, cependant un nombre faible de papillons a été noté pour les pièges non appâtés [61].

Dans ce sens et pour attirer le mâle de la mineuse des feuilles des agrumes, une phéromone a été développée au Japon appelée (7Z, 11Z)-7, 11-hexadecadienal, par Ando et *al.* [62].

1.4. L'aleurode Floconneux des agrumes : *Aleurothrixus floccosus* Maskell 1895

1.4.1. Répartition géographique, importance économique et plante-hôtes

Originnaire d'Amérique du Sud, l'aleurode floconneux est présent au Portugal, en Espagne, en France, en Italie, au Maroc, en Tunisie...etc. En Algérie, il a été introduit accidentellement pour la première fois dans l'Ouest du pays en 1982. Cette espèce est un déprédateur très dangereux causant des dégâts très importants qui se traduisent par une abondante production de miellat, une baisse de la vigueur de l'arbre réduisant ainsi, la floraison et par la suite la fructification ; Ce ravageur provoque également des dégâts indirects, pas moins importants que les premiers, par l'installation de la fumagine et la transmission des maladies [63]. En Algérie, ce ravageur est spécifique aux agrumes contrairement à d'autres pays comme la France où il a été signalé sur *Solanum vigrum* L. [64] ; [65].

1.4.2. Taxonomie

La position systématique de l'aleurode floconneux : *Aleurothrixus floccosus* Maskell est la suivante [52] : il appartient à la classe des insectes, à l'ordre des homoptères, à la famille des aleurodes et au genre *Aleurothrixus*.

D'autres appellations synonymiques existent d'après Mound et Halseys [66] ; Cette espèce est communément appelée Aleurode floconneux des agrumes, la mouche blanche des agrumes et en anglais, white fly [67].

1.4.3. Description

1.4.3.1. L'adulte

Les aleurodes sont des insectes de petite taille et de mauvais voiliers. Ils tirent leur nom de l'aspect farineux que présentent les adultes ; En effet, ces

derniers sont recouverts d'une cire pulvérisante blanche secrétée par des glandes cirières situées à la base de l'abdomen. Les glandes forment de petites plaques chez le mâle et deux grandes plaques chez les femelles, c'est là, un dimorphisme sexuel [68]. Ces mouches mesurent 1,5mm de long et 2 à 4mm d'envergure.

Les aleurodes sont pourvus de deux paires d'ailes bien développées, larges, de forme arrondies, sensiblement égales et possèdent une nervation réduite [24]. Ils présentent des tarsi ayant des articles égaux terminés par des crochets et une scie médiane ; Les antennes possèdent sept articles.

Le thorax est puissant et large [69]. L'abdomen offre la particularité d'être bien séparé du thorax et il est relié à ce dernier par un pédoncule étroit globuleux et dispose de ce fait d'une grande mobilité [70]. Cet abdomen se termine par une armature génitale permettant de différencier les sexes [69].

La tête porte sur les deux côtés deux gros yeux à facettes que subdivise transversalement une zone membraneuse en bordure de laquelle s'insèrent les antennes.

Les adultes d'aspect semblable se différencient par la taille avec une femelle nettement plus grosse, et surtout par l'extrémité abdominale du corps dont les derniers segments et les génitels se terminent en pointe télescopique [71].

1.4.3.2. L'œuf et la ponte

Les œufs blancs au moment de la ponte, virent au rose orangé à la fin de l'incubation ; Ces œufs pédonculés sont de forme ovale. Leur ponte se fait en cercle ou en demi-cercle, sa densité numérique peut être très importante : de l'ordre de 2500 œufs/dm². Leur taille varie de 0.20mm à 0.25mm [72].

1.4.3.3. La larve

Les larves nouvellement nées sont mobiles. Elles s'aplatissent, se rétractent et construisent un abri cireux (ou puparium) tout autour d'elles qui les fixe au support. Les pattes et les antennes se réduisent. Les larves passent par 4 stades larvaires [70].



Figure 1.20 : Oeufs et stades larvaires de l'aleurode floconneux (personnel, 2010)



Figure 1.21 : Aleurode floconneux, adulte (personnel, 2010)

1.4.4. Biologie et dégâts

La femelle de cette espèce dépose ses œufs en cercle à la face inférieure des feuilles, de préférence sur les jeunes pousses, les stylets du rostre enfoncés dans les tissus du végétal lui servent de pivots [71].

A la fin du développement embryonnaire l'œuf donne naissance à une jeune larve hexapode de couleur violette pourvue de deux tâches oculaires. Cette larve néonante est mobile pendant quelques heures. Du fait de sa mobilité, la larve du premier stade et l'adulte constituent les seuls stades de dissémination de l'espèce [73].

Les larves du second stade possèdent sur la face dorsale huit points de sécrétion cireuse qui recouvre peu à peu la larve ce qui explique les amas floconneux sur les feuilles à la face inférieure ; Les larves du troisième et du quatrième stade se caractérisent, en plus d'une augmentation notable de la taille, par l'abondance et la diversité des sécrétions cireuses qui recouvrent complètement la larve ; Les aspects morphologiques distinctifs des larves du troisième et quatrième stade se matérialisent essentiellement au niveau de l'augmentation de la taille [73].

La durée moyenne embryonnaire et larvaire est de 44 jours sous une température constante de 22°C et une humidité relative de 80%. Cette durée du cycle évolutif est inversement proportionnelle à l'augmentation de la température, elle est de 32 jours à 27°C. La température optimale permet un développement rapide de l'aleurode et une mortalité minimale de ses stades en cours d'évolution [73].

Les aleurodes se reproduisent généralement par voie amphisexuelle et sont ovipares. La reproduction peut être de type parthénogénétique, il s'agit d'une parthénogénèse facultative. La période d'incubation est fonction de la température, elle varie avec chaque génération.

La biologie de cet insecte est fortement influencée par la température : A 22°C le maximum absolu de la fécondité a été de 400 œufs alors que le minimum absolu se limite à quelques œufs à 35°C ; Pour les températures basses le seuil inférieur de ponte est de 12°C.

Dans la Mitidja, ce ravageur présente cinq à six générations par an. Cependant, le voltinisme de ce ravageur diffère d'une région à une autre ce qui fait que cette espèce est polyvoltine.

Les larves situées à la face inférieure des feuilles sécrètent un abondant miellat et des filaments cireux. Dans le cas de fortes pullulations cela peut former une couche blanche visqueuse allant jusqu'à 1 mm d'épaisseur. Comme pour les cochenilles, le miellat se couvre rapidement de fumagine. Les prises alimentaires associées aux problèmes de fumagine entraînent une baisse de vigueur de l'arbre, une réduction de la floraison et de la fructification. Ce feutrage noir recouvrant peut fortement limiter la photosynthèse.



Figure 1.22: Dégâts de fumagine sur les feuilles de l'oranger (Personnel, 2010)

1.4.5. Moyens de lutte

1.4.5.1. Contrôle biologique

Etant donné l'excellent taux de parasitisme vis-à-vis d'*Aleurothrixus floccosus*, il est impératif de préserver les micro-guêpes indigènes. Il faut au préalable observer les arbres infestés, en prélevant des feuilles attaquées. En cas de parasitisme, on distingue avec une loupe x10 les trous d'émergence des Chalcidiens adultes.

En Guadeloupe, *Aleurothrixus floccosus* semble très bien contrôlé par de nombreux micro-hyménoptères (micro-guêpes) Chalcidiens (Aphelinidae notamment). Les taux de parasitisme sont souvent proches de 100%. Dans les années 70, *Aleurothrixus floccosus* a causé d'énormes problèmes à l'île de la Réunion en raison de l'absence d'auxiliaires spécifiques. L'introduction d'un Chalcidien Aphelinidae (*Cales noacki* Howard), a été nécessaire. Deux ans après les premiers lâchers, une diminution notable des niveaux de populations a pu être constatée [71].

Si aucun parasitisme n'est constaté (consécutivement à l'utilisation d'insecticides à large spectre, comme certains organophosphorés), il est possible

d'introduire des parasitoïdes en déposant des feuilles d'agrumes portant des larves parasitées [74].

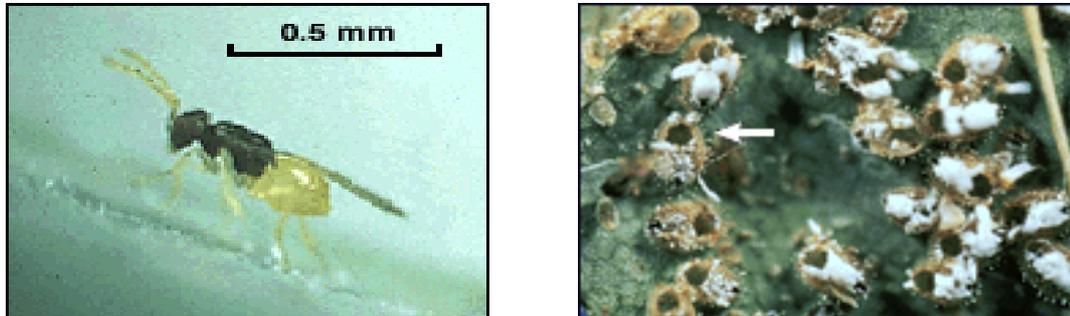


Figure 1.23: *Encarsia inaron*: Parasitoïde de l'aleurode

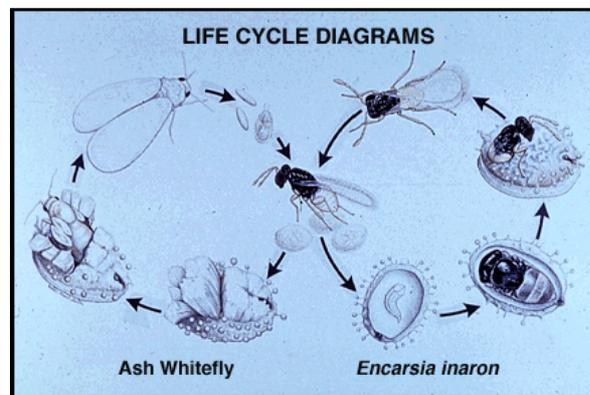


Figure 1.24: Cycle de développement d'*Encarsia inaron* [75]

1.4.5.2. Lutte Chimique

Il existe peu de produit homologué contre cet insecte sur agrumes. Les traitements cochenilles et les applications estivales huiles contre la fumagine ont cependant une action.

1.4.5.3. Mesures prophylactiques

Effectuer une taille d'hiver soignée et des ébourgeonnages estivaux réguliers. Les auxiliaires présents naturellement dans la parcelle assurent un bon contrôle des populations

CHAPITRE 2

LES INTERACTIONS TROPHIQUES DANS UN AGRO-ECOSYSTEME

2.1. Interactions biotiques et dynamiques des systèmes écologiques

Les différents types d'interactions biotiques, qu'elles soient trophiques ou non-trophiques, ont des influences majeures sur la dynamique des systèmes écologiques, ils conditionnent fortement les traits d'histoire de vie, les paramètres reproducteurs et les taux de survie des espèces rares et menacées ou à l'opposé, des taxons invasifs [76].

Du fait de la forte interdépendance et connectivité des espèces entre elles, l'ajout d'une espèce (lors d'une invasion par exemple) ou sa suppression (suite à son extinction) peuvent entraîner d'importants effets écologiques en cascade par interruption ou apparition de relations biotiques et conduire à une réorganisation profonde des communautés [77].

Les invasions biologiques concernent également le groupe des insectes dont de nombreuses espèces introduites, volontairement ou accidentellement, sont devenues des "pestes" à la fois pour les espèces indigènes et pour le développement économique des sociétés humaines. Ces insectes envahissants modifient les relations biotiques en place (compétition, prédation) [76].

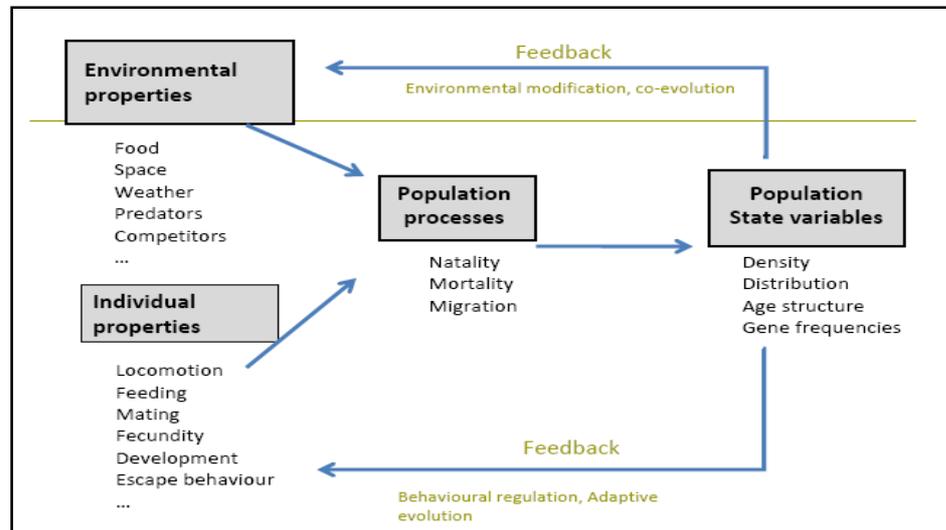
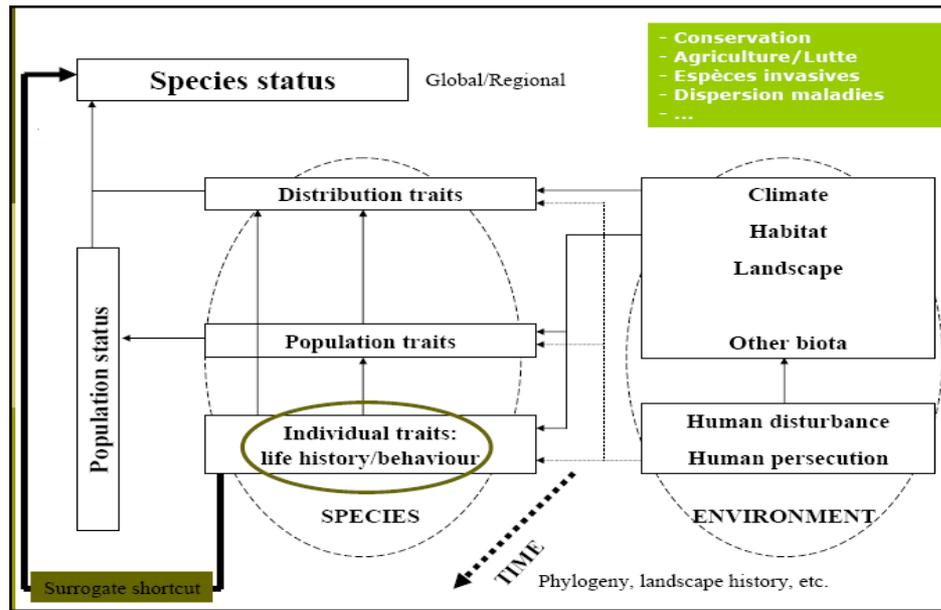


Figure 2.1 : Fonctionnement d'un système de populations [77]

En matière d'interactions plantes-plantes, les études et les théories se sont jusqu'alors principalement centrées sur les processus de compétition [77] ; Avec pour base, la théorie selon laquelle la stabilité d'une biocénose est liée à la diversité des espèces qui la composent [77], [78], [79]; Divers auteurs se sont intéressés aux effets de la diversité de l'environnement végétal sur les populations d'insectes phytophages ravageurs des cultures [80] [81] et sur leurs antagonistes [82], [83] ; on a montré qu'entre ces différents milieux, de nombreux déplacements de déprédateurs comme des auxiliaires s'effectuaient ; La théorie de

biogéographiesert de base conceptuelle pour l'étude des mouvements de ces organismes dans les agrobiocénoses [79].

En conséquence et selon Duelli [84], l'intervention contre les ravageurs doit se concevoir non seulement à l'échelle du champ cultivé mais également à celle de l'environnement régional et local (écotones et cultures). Stary [85], [86] développe cette conception de l'intervention contre les ravageurs sous le nom de "lutte multilatérale". Altieri [87], y ajoute une dimension socio-économique selon un concept holistique de l'Agro-écologie.

Dans ce contexte agro-écologique, l'effet régulateur des antagonistes naturels sur les ravageurs des cultures, favorisé par la diversification des biotopes spontanés ou cultivés, prend toute son importance ; Sur cette base, d'autres auteurs ont proposé de nombreuses possibilités d'aménagement des agroécosystèmes dans le but notamment de renforcer l'action de ces antagonistes [88], [89], [90].

En conclusion, les communautés animales sont sous la dépendance de peuplements végétaux, de leur répartition spatiale, de la topographie et du climat. Chaque population occupe une niche écologique propre à l'espèce mais qui peut varier en cours de cycle, d'où la nécessité d'une certaine hétérogénéité des milieux.

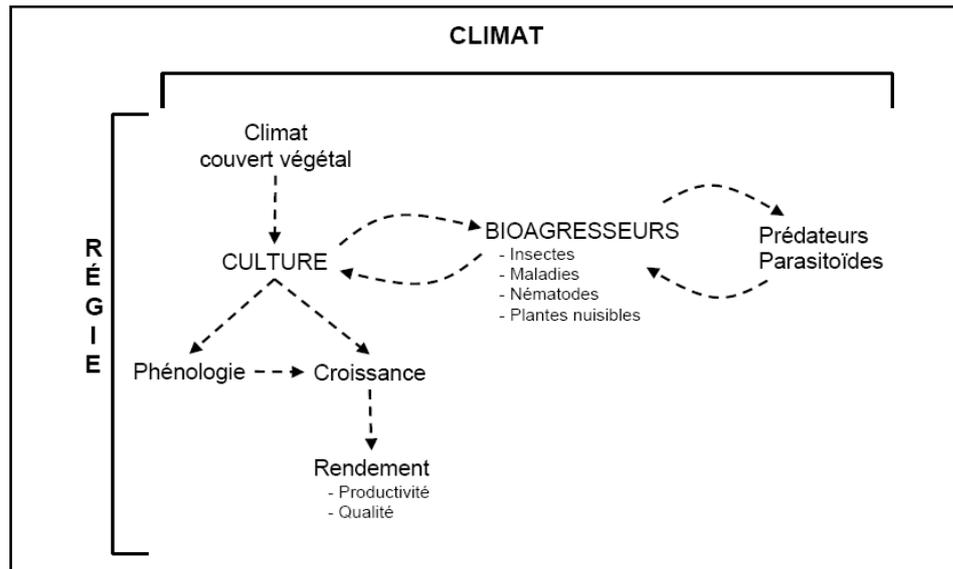


Figure 2.2 : Influence du climat et de la région de culture sur les dynamiques entre la culture hôte et ses bioagresseurs [83].

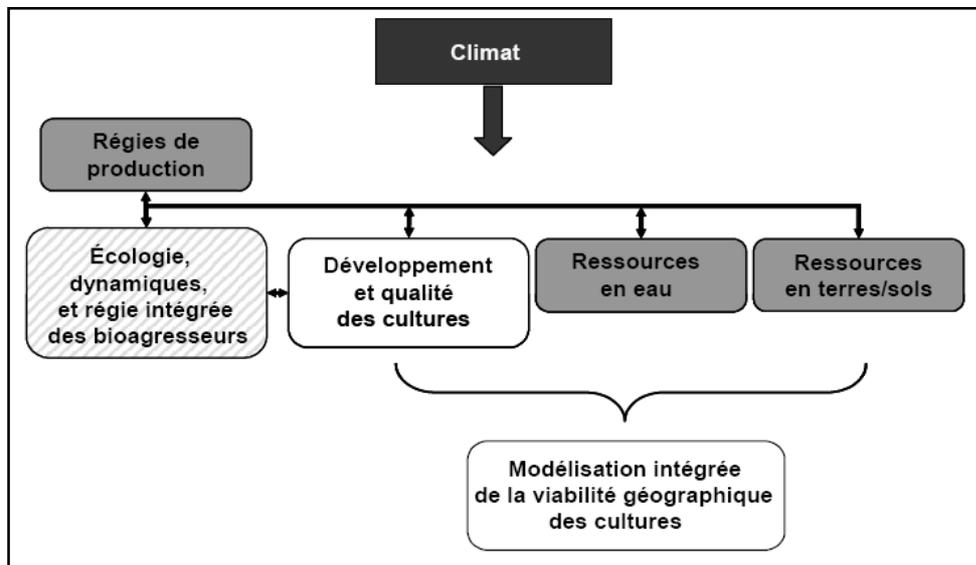


Figure 2.3 : Effet des facteurs biotiques et abiotiques sur les cultures et sur les agroécosystèmes en réponse à la variabilité et aux changements climatiques [79]

2.2. La communication dans un agro-écosystème

La communication chimique joue un rôle de premier plan dans le comportement de toutes les espèces animales et c'est chez les insectes qu'elle atteint le degré de sophistication le plus grand [91].

La communication (du latin *communicare* : être en relation avec), définie par Edward Wilson en 1971, est l'émission par un individu d'un stimulus qui provoque une réaction chez un autre individu, la réaction étant bénéfique à celui qui a émis le stimulus, à celui qui l'a reçu ou aux deux. Ce stimulus est le vecteur d'une information. La fuite ou le camouflage, dès qu'est perçu un prédateur, la détection puis la localisation de la source alimentaire appropriée, du partenaire sexuel réceptif, du site de ponte ou du refuge adéquats, le recrutement de congénères, l'affirmation de son rang social, l'appréciation immédiate de la densité des populations pour limiter la surexploitation d'un biotope, etc. sont les manifestations tangibles de l'adaptation des organismes à leurs écosystèmes ; Elles sont toutes fondées sur l'information, consciente ou inconsciente, et elles supposent la sollicitation quasi-constante d'un équipement sensoriel omniprésent [92].

« L'écologie chimique » est la science des relations chimiques entre les êtres vivants ou entre le monde minéral et le monde vivant. Ces interactions caractérisent la vie. Le problème pour les espèces est non seulement de se développer, mais aussi et surtout de survivre. L'adaptation au milieu environnant, sujet à toute sorte de changement, est donc une nécessité [92].

Les molécules actives peuvent être de type attractif, comme dans le cas des phéromones, des messagers intraspécifiques régissant les relations sexuelles et de différenciation en castes chez les insectes. D'autres, comme les défenses chimiques de type répulsif, sont plutôt des messagers interspécifiques régissant les relations de compétition entre espèces. Etc. [92].

2.2.1. La chimioréception

La chimioréception est particulière car le support d'information n'est pas une grandeur physique comme la longueur d'onde électromagnétique pour la vision ou les variations séquentielles de la pression pour l'audition. Elle dépend de la conformation physicochimique de l'énergie portée par des produits chimiques de faible masse moléculaire, souvent liposolubles. De plus, la chimioréception est double ; elle repose sur l'odorat ou l'olfaction à distance et sur la chimioréception de proximité, par contact [93].

La chimioréception est le fait de substances informatives, volatiles (milieu terrestre) ou dissoutes (milieu aquatique), dépourvues de toute valeur nutritionnelle. Ces molécules sont extrêmement variées et, dans la majorité des cas, constituent un bouquet odorant.

Les molécules sémiochimiques odorantes ou sapides, véhiculées par l'air ou l'eau, arrivent toujours au contact d'une interface liquide (mucus, liquide sensillaire) au niveau des organes de l'olfaction et de la gustation.

Les sémiomolécules se subdivisent en ectomones, régissant les relations entre individus et endomones, régissant les relations au sein d'un même individu, de cellule à cellule ou dans les cellules. Dans les relations entre individus, le système de communication peut être décomposé en trois éléments : l'émission d'un signal chimique par un individu, la réception et la reconnaissance de ce signal par un autre individu, la réaction de l'individu récepteur est fonction de l'information reçue.

Les ectomones divisées en phéromones et allélomones selon qu'elles agissent sur des individus d'une même espèce ou sur des individus d'espèce différente. Dans ce dernier cas, l'effet obtenu peut être bénéfique au seul émetteur, au seul récepteur ou à l'émetteur comme au récepteur.

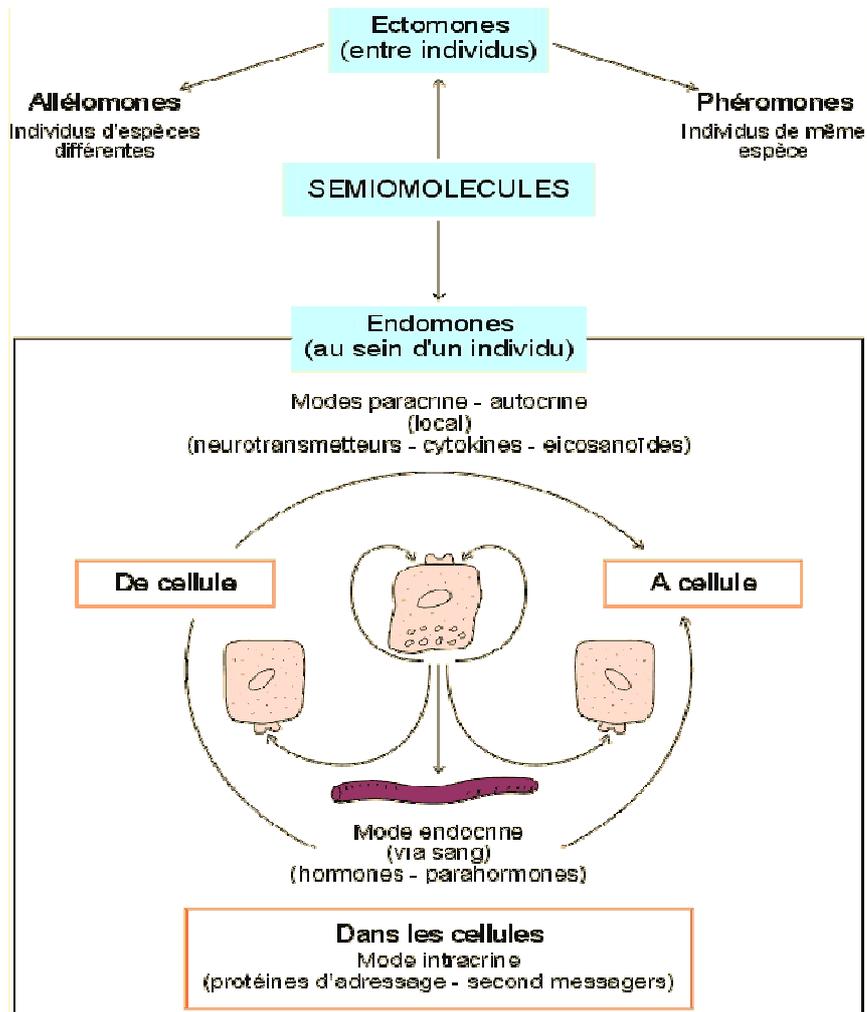


Figure 2.4 : Effet des ectomones[86].

Au cours de son évolution, une plante peut fabriquer des allomones qui dans un premier temps vont repousser les insectes herbivores ; Ces derniers peuvent utiliser les allomones de la plante pour la repérer et s'en nourrir : A ce stade, les allomones seraient ainsi devenues des kairomones [94].

2.2.2. La défense chimique

Exception faite des animaux mimétiques, le premier moyen de défense du règne animal est la fuite, le second l'affrontement. Face à des prédateurs bien armés, de nombreuses proies auraient peu de chance de survivre si la défense chimique ne venait compenser leur infériorité physique. La majorité des invertébrés font appel à tout un arsenal chimique pour se défendre [95], [96], [97].

2.2.3. Interactions insectes-insectes

En matière d'interactions insectes-insectes, les niveaux d'investigation plus fins montrent que ces interactions passent souvent par l'établissement d'un système de communication chimique inter-individuelle qui participe à la dynamique des systèmes écologiques et à leur structuration. Cette communication met en jeu l'émission, la perception et la reconnaissance de signaux chimiques qui peuvent représenter de véritables signatures chimiques.

La signature chimique d'un individu (son odeur) comprend une base génétique, des composantes acquises au cours de sa vie et de l'alimentation. Elle est régulée également par des hormones : hormones juvéniles (blatte), ecdystéroïdes (mouche), neurotransmetteurs (drosophile) [98].

2.3. Interactions plantes-insectes

L'association d'un insecte phytophage avec sa plante-hôte est telle que de fortes pressions de sélection s'exercent sur l'herbivore, le conduisant à se spécialiser. Entre autres, l'insecte développe des adaptations pour localiser, atteindre et exploiter la ressource végétale. L'émission de molécules volatiles par les végétaux est souvent associée à des cellules, des tissus ou des organes particuliers (osmophores, trichomes...)[98].

Pour se défendre contre les attaques des insectes phytophages, les plantes ont développé diverses stratégies dont des défenses chimiques induites agissant **directement** ou **indirectement** sur leurs agresseurs.

La grande majorité des études portant sur les défenses chimiques des plantes et se sont intéressées à des systèmes tritrophiques simples associant une plante à un phytophage et son ennemi naturel. Cependant, les plantes sont souvent à la base de réseaux bien plus complexes. Nous devons étudier les défenses chimiques induites des plantes dans un contexte multitrophique impliquant différents bioagresseurs [77].

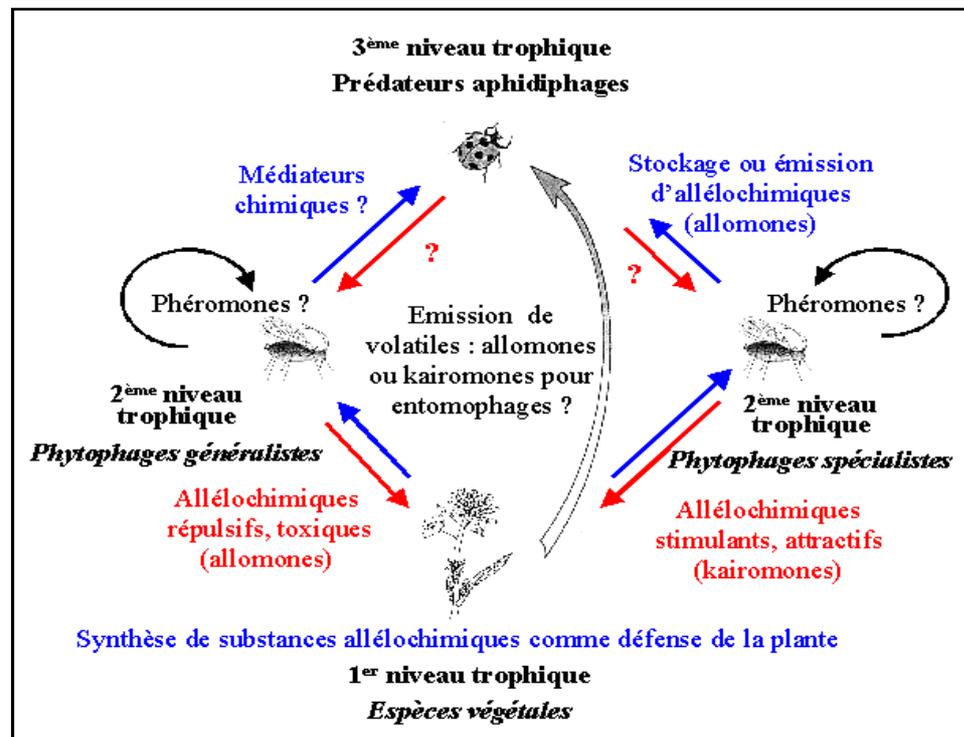


Figure 2.5 : Etude des relations plante-insecte : Rôle des médiateurs chimiques [77].

La coévolution entre les plantes et les insectes est le changement évolutif réciproque entre les espèces où il y a des interactions. Lorsque les insectes ont choisi des plantes comme ressource alimentaire cela a, par le fait même, exercé

une pression de sélection sur les plantes, diminuant ainsi leur fitness. Ceci a contraint les plantes à mettre au point des moyens de défenses, surtout chimiques, pour se protéger des insectes. La pression de sélection a conduit les insectes à mettre au point des moyens de détoxifier les produits chimiques contenus dans les plantes, leur ressource alimentaire [99].

Le mécanisme le plus important de détoxification des différents produits chimiques contenus dans les plantes, mis au point par les insectes, est un groupe d'enzymes nommées les oxydases à fonction mixte; La fonction principale de ces enzymes est la transformation de composés liposolubles en produits hydrosolubles facilement excrétés par les insectes. Ces enzymes permettent aussi de synthétiser ou de dégrader des composés ecdystéroïdes et l'hormone juvénile¹. Ces substances sont nécessaires au développement et à la reproduction des insectes [100].

Des études sur la résistance des insectes aux insecticides ont démontré qu'après quelques générations, les insectes deviennent résistants à certains insecticides, non pas par l'acquisition de nouveaux enzymes de détoxification, L'origine est que les insectes qui ont pu coloniser une grande diversité de plantes ont calibré leurs enzymes de façon à détoxifier les toxines produites par leurs plantes hôtes; Par contre, ce fonctionnement entraîne des coûts énergétiques [101], [102], [103].

Il faut garder en tête que les relations trophiques dans un regroupement écologique ne s'arrêtent pas aux simples interactions alimentaires. Les insectes doivent interagir avec leurs conspécifiques avec qui, ils entrent en compétition pour la nourriture; De plus, ils doivent faire face à la compétition interspécifique, à la prédation et aux conditions environnementales. Chez les insectes qui ont évolué vers la monophagie, la pression de sélection exercée par les facteurs autres que la toxicité des plantes a probablement favorisé l'évolution vers une spécialisation pour une espèce de plante particulière. En plus, certains insectes monophages peuvent emmagasiner, dans leurs tissus, les substances toxiques

des plantes et s'en servir comme leur propre moyen de défense. L'atteinte d'un équilibre est recherché tant chez les insectes polyphages que les oligophages et les monophages. C'est ce qui explique en partie l'évolution vers ces trois comportements alimentaires différents [104].

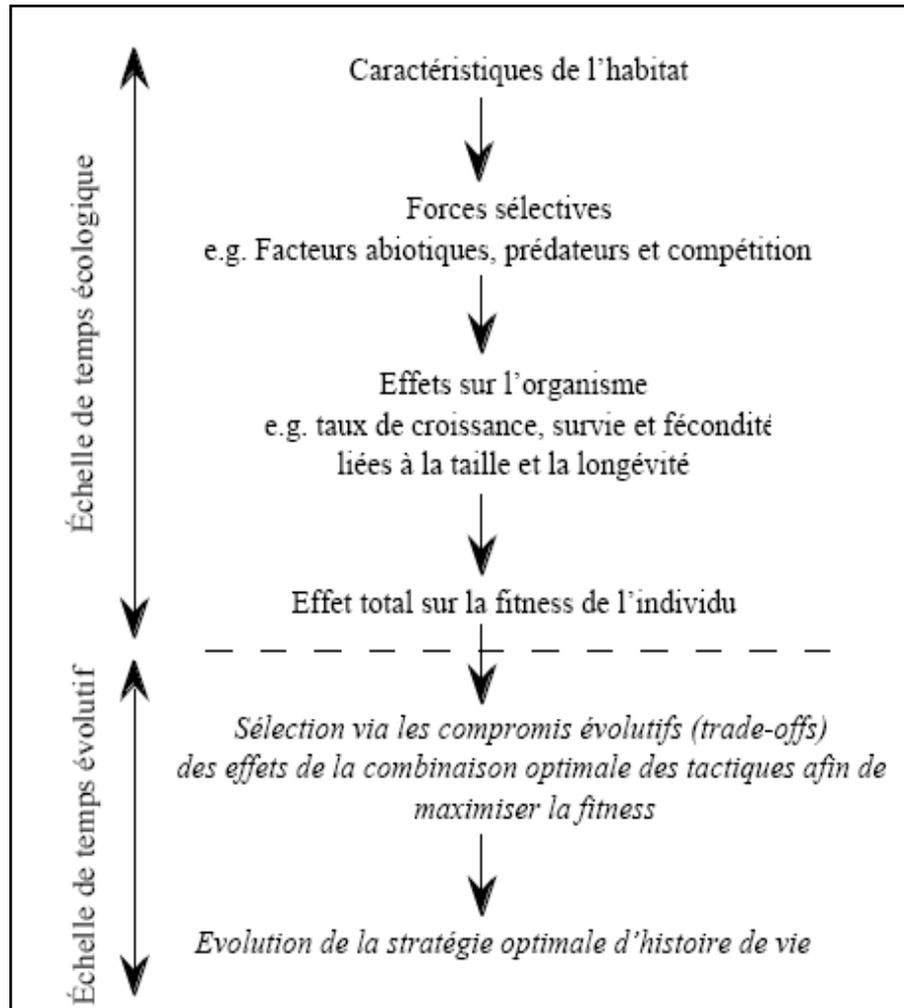


Figure 2.6 : Système de sélection des stratégies [93].

Lorsque les insectes sont spécifiques à une plante, ils doivent y retrouver certaines caractéristiques nutritionnelles essentielles. Certains modèles d'optimisation démontrent que la diète optimale pour un insecte doit lui permettre de réaliser correctement son cycle vital, le plus rapidement possible. Elle doit aussi lui permettre de conserver un bon fitness et assurer la survie de sa

progéniture [105] ; Aussi, ces insectes doivent mettre au point un système qui leur permet de trouver rapidement leur site d'alimentation ou de reproduction [106].

CHAPITRE 3

LES MECANISMES DE DEFENSE CHEZ LA PLANTE

3.1. La résistance des plantes

La résistance d'une plante à un ravageur peut se présenter comme le résultat de trois processus [107], [108] : (i) l'antixenosis (=non préférence), dans lequel la plante est évitée ou colonisée par le ravageur à faible niveau ; (ii) l'antibiose qui fait référence aux effets négatifs que la plante peut exercer sur l'insecte par ses caractéristiques mécaniques (épines, dureté du feuillage etc.), phénologiques et chimiques, par lesquels la plante peut nuire à la réalisation des performances biologiques de l'insecte ; (iii) la tolérance, réfère à la capacité que la plante a de supporter les dégâts engendrés par l'insecte.

Le concept de résistance implique que les plantes aient une capacité naturelle de réduire la portée des dommages auxquels elles peuvent être soumises. Cette résistance est la résultante des phénomènes d'antibiose sur l'insecte et de tolérance face aux dégâts qu'il engendre. Ainsi, une plante qui est moins endommagée ou infestée par des phytophages, contrairement à d'autres plantes est dite résistante [109].

Plusieurs facteurs biotiques, abiotiques ou anthropiques peuvent influencer la résistance des arbres hôtes par la qualité nutritive du feuillage.

Sous l'effet de la pression de la sélection naturelle, les plantes ont développé la capacité de synthétiser ou accumuler des toxiques ; Ainsi, certains composés d'origine végétale ont été utilisés comme insecticides (pyrèthre, roténone ou nicotine) pour lutter contre les ravageurs des cultures [95].

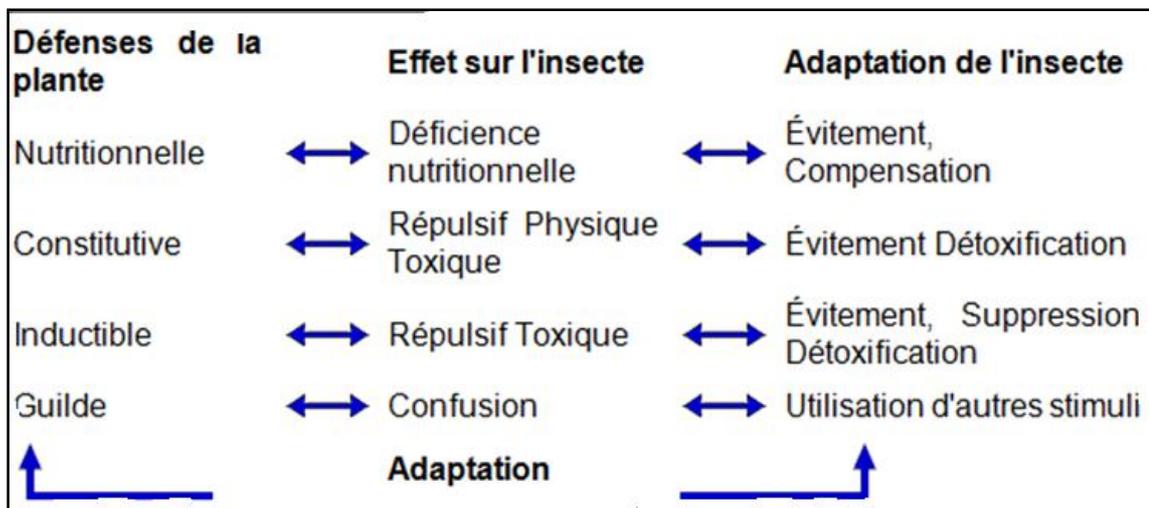


Figure 3.1 : Relations interspécifiques entre la plante et l'insecte [109].

Pour réduire l'alimentation des insectes phytophages, la plante ne doit pas nécessairement produire une substance hautement toxique pour l'insecte. Deux termes sont couramment utilisés lorsque l'on se réfère aux substances chimiques impliquées dans les préférences alimentaires des insectes : les attractifs (ou stimulants) et les répulsifs. Le même composé peut néanmoins jouer à la fois le rôle de stimulant pour certaines espèces et répulsif pour d'autres.

3.2. Les métabolites secondaires

Les plantes produisent un grand nombre de composés, dont, jusqu'à il n'y a pas très longtemps, on ne connaissait pas le rôle pour la plante ; Ces composés ne sont pas produits directement lors de la photosynthèse mais résultent de réactions chimiques ultérieures ; On les appelle donc des métabolites secondaires. Nous avons découvert récemment que bon nombre d'entre eux ont un rôle défensif pour les plantes [95].

3.2.1. Les différentes classes de métabolites secondaires

On peut classer les métabolites secondaires en différents groupes:

- les composés phénoliques: avec un groupe hydroxyle sur un cycle aromatique. Ils interviennent dans les interactions plante-plante, on a, par exemple : la lignine, les flavonoïdes...
- les composés azotés: Ils comprennent les alcaloïdes et les glycosides. Ils sont synthétisés à partir d'acides aminés. On a, par exemple, la nicotine, l'atropine...

3.2.2. Leurs différents rôles défensifs

Leurs rôles sont multiples:

- Ils ont une action anti-herbivore
- ils inhibent les attaques des bactéries et des champignons
- ils interviennent dans la structure des plantes (lignines et tannins)
- ils peuvent être anti-nutritifs

Beaucoup de composés secondaires sont toxiques, ils sont alors stockés dans des vésicules spécifiques ou dans la vacuole.

3.3 Les stimulateurs de défenses naturelles

3.3.1. Les résistances constitutives

Au cours de leur évolution, les plantes, soumises aux agressions physiques, chimiques et biologiques de leur environnement, ont renforcé leurs défenses constitutives en faisant appel à des processus particulièrement ingénieux dont voici quelques exemples [110] :

- Les résistances physiologiques : La cuticule épaisse (riche en acide octadécanoïque, substance imperméable) additionnée de cires.
- Les résistances biochimiques : En réponse à tout stress (physique, chimique ou biologique) les plantes peuvent biosynthétiser des molécules qui sont aussi toxiques pour elles-mêmes que pour l'agresseur (biologique). Ce sont les phytoalexines. La rapidité et de l'intensité de la réponse dépendra l'efficacité de la résistance. Dans le cas d'une réaction d'hypersensibilité, une synthèse rapide, de forte intensité, entraînera le « sacrifice » d'une zone cellulaire de la plante qui isolera le parasite dans des cellules mortes et remplies de phytoalexines et autres substances toxiques. Cette pratique entraîne la plupart du temps la mort de l'envahisseur ; La réaction d'hyper sensibilité correspond à une résistance, alors qu'une réaction de sensibilité conduit à la mort du végétal [95].

3.3.2. Les stress inducteurs de résistance

Des stress de nature physique, chimique ou biologique peuvent induire le déclenchement de métabolismes, utilisant en général la voie de synthèse des polyphénols, qui produisent alors des molécules élicitrices de résistance. Les plantes, qui ne possèdent pas des défenses immunitaires, réagissent donc toujours par ce type de synthèse : le quantitatif et le qualitatif des molécules synthétisées permettent une réaction efficace. C'est ainsi que toutes les agressions subies par les végétaux depuis leur naissance leur permettent d'accumuler des molécules actives antiagression qu'elles sont susceptibles de détoxiquer elles-mêmes lorsque cela est nécessaire ; Les réponses sont presque toujours indépendantes de la nature de l'agresseur, la plante exprimant chaque fois l'optimum de ses potentialités de défense.

3.3.3. Les messagers moléculaires

Lorsqu'une plante est agressée, elle synthétise des messagers chimiques qui se diffusent rapidement dans tous les tissus. Ces molécules d'information permettent une mise en alerte et un déclenchement des mécanismes de synthèse préventifs. Ces réponses, correspondront en fait à une réponse globale où un ou plusieurs facteurs de résistance auront une efficacité vis à vis de l'agression.

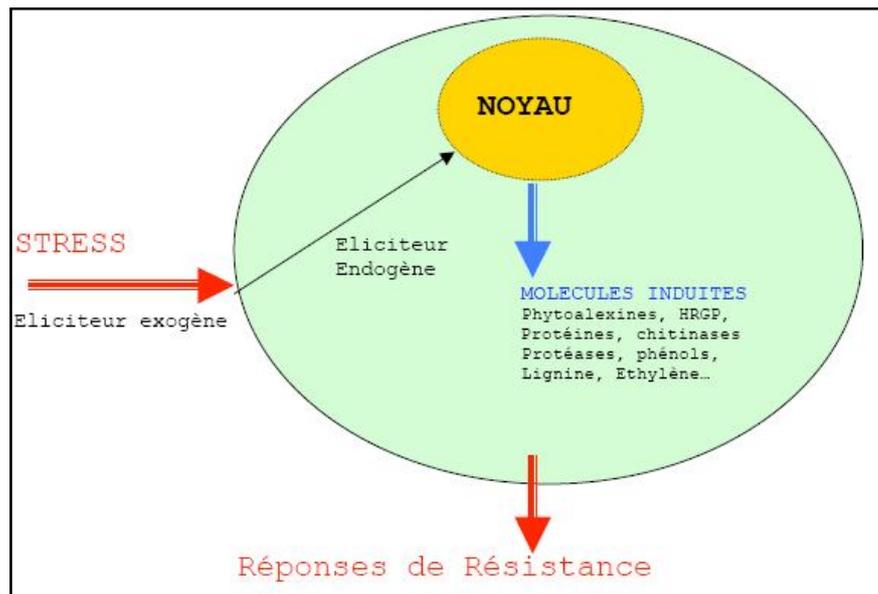


Figure 3.2 : Schéma synoptique des mécanismes de stimulation des défenses naturelles de plante [110]

Il existe deux types d'éliciteurs (inducteurs de résistance) :

- les éliciteurs exogènes qui correspondent à un stress induit par l'action de pathogènes, d'insectes, d'ondes électromagnétiques, de produits chimiques ou biochimiques...
- les éliciteurs endogènes: ce sont de petites molécules (oligosaccharides, glycoprotéines...) issues de l'action des éliciteurs exogènes sur les parois des cellules végétales et qui serviront de médiateurs chimiques via le noyau cellulaire. Les signaux ainsi transmis au noyau déclencheront des réponses par activation de gènes qui s'exprimeront par des synthèses de protéines, phytoalexines, protéases, chitinases, phénols, éthylène... [111].

3.4. Le génie métabolique chez les végétaux

Le génie métabolique est une discipline qui consiste à chercher, à modifier et réorienter le métabolisme d'un organisme dans l'objectif de modifier sa composition biochimique pour des applications particulières [112].

Historiquement, un premier espoir avait été donné par la découverte de l'action d'une hormone, l'acide jasmonique, dont l'ajout aux cultures permet dans certains cas d'augmenter sensiblement la production de métabolites. Les progrès obtenus n'ont, cependant, pas été suffisants pour obtenir des systèmes économiquement viables [113].

3.5. Les tanins dans la relation plante-insecte

Toutes les études ont montré qu'une corrélation existe entre le taux de tanins de la plante hôte et le taux d'infestation par les prédateurs.

3.5.1. Définition des « tanins »

Les tannins sont produits largement chez les plantes supérieures et leurs fonctions physiologiques ne sont pas très connues [114]. On les trouve dans le bois, l'écorce, le feuillage et dans les fruits. Les tannins sont des composés polyphénoliques, solubles dans l'eau, avec des poids moléculaires très élevés (300-20000 Daltons) [115]. On a divisé les tannins en quatre groupes principaux :

1. les tannins hydrolysés,
2. les tannins condensés (les proanthocyanidines),
3. les oxytannins,

4. les beta-tannins et les prototannins.

Les deux principaux groupes, les tannins hydrolysés et les tannins condensés, sont largement distribués dans différentes familles de plantes vasculaires [116].

La caractéristique la plus déterminante des tannins est leur capacité de former des complexes [117] (par précipitation) avec les polymères naturels comme les protéines nutritives, les enzymes digestives, les polysaccharides (l'amidon, la cellulose, l'hémicellulose etc.) [118], [119], [120], [117].

Les tannins peuvent également s'opposer à la prédation des feuilles par un mécanisme de chimioréception au lieu de diminuer la qualité nutritive des feuilles [121]. On a émis l'hypothèse que les tannins solubles inhibent les récepteurs de sucre chez certains insectes faisant ainsi considérer la plante comme une source de nourriture inappropriée [122], [123]. De tels mécanismes permettraient à ces produits d'agir comme agents de défense sans être ingérés [124], [125].

3.6. Les mécanismes de défense chez les agrumes

Chez les agrumes, la perception de la présence d'un insecte est détectée via ses sécrétions orales. La production locale et généralisée **d'inhibiteurs protéiques** est une des premières réponses à ce signal. Les productions de substances **toxiques** ou **repoussantes** font suite [126].

Systémine, jasmonate, acide oligogalacturonique et peroxyde d'hydrogène sont des signaux intracellulaires commandant les défenses. Les réseaux d'expression ont souligné **l'activation simultanée** des voies de l'acide salicylique, de l'éthylène des cytokinines et surtout de l'acide jasmonique durant une attaque par un herbivore ; Ces voies agissent en réseau et non d'une façon linéaire.

Les auteurs abordent également l'émission de **substances volatiles** qui sont parfois communes à plusieurs plantes et peuvent servir à la fois de déterrant, d'alerte des plantes voisines et d'attracteurs pour des ennemis des herbivores.

Les plantes peuvent être peu appétantes pour un herbivore, soit à cause de composants nutritionnels ou à cause de substances répulsives allélochimiques pour l'herbivore. Les plantes peuvent également fournir à l'herbivore des substances **répulsives** pour le **parasitoïde** [99].

Il n'est d'ailleurs pas sûr que les **mêmes substances aient les mêmes fonctions** chez deux **espèces différentes**, les flavonoïdes étant un stock de substances dans lequel la sélection a pu utiliser une fonction plutôt qu'une autre.

Les flavonoïdes sont vraisemblablement synthétisés par des complexes multienzymatiques à la surface du réticulum endoplasmique, et sont donc vraisemblablement sécrétés, mais il doit en rester dans le cytoplasme pour expliquer leurs effets.

La taille de l'individu adulte chez les insectes découle, généralement, de celle de la larve au moment où elle cesse de se nourrir et commence à déambuler avant de se métamorphoser [127].

CHAPITRE 4

MATERIEL ET METHODES

4.1. Introduction

Empêcher ou réduire de façon efficace les dommages causés aux productions végétales par les ravageurs phytophages tout en respectant le milieu environnant est une nécessité économique qui s'impose dans tous les systèmes agricoles.

L'Utilisation harmonieuse d'un ensemble de tactiques, de façon à créer et maintenir des situations défavorables au développement des populations de ravageurs au dessus du seuil de nuisance, englobe les moyens biotechniques de lutte regroupant un ensemble de procédés qui mettent en œuvre des stimuli de nature physique ou chimique en modifiant le comportement des ravageurs dans un sens bénéfique pour la culture [128].

La mouche méditerranéenne des fruits, *Ceratitis capitata*, la mineuse des agrumes, *Phyllocnistis citrella* et la mouche blanche, *Aleurothrixus floccosus* sont les ravageurs les plus destructifs des agrumes en zones méditerranéennes ; La mise en place d'une stratégie de lutte à l'échelle du verger est complexe car les

ravageurs présentent un chevauchement entre leurs cycles biologiques et leurs générations.

4.2. Objectifs

Les ravageurs et leurs plantes hôtes évoluent dans des agroécosystèmes instables, faces aux impacts climatiques et anthropiques, ils essayent tous, comme étant des êtres vivants, de survivre en procurant leurs habitats, en s'alimentant et en garantissant leurs progénitures.

L'objectif du présent travail est d'essayer d'élucider la structuration et la coexistence entre les espèces compétitrices, cela, dans une parcelle stressée et une autre non stressée, par un piégeage massif ; Ainsi, à partir de ce dernier point, nous allons évaluer l'efficacité des deux pièges utilisés : piège delta et piège à phéromone ; Enfin, le dosage des tanins nous renseignera sur la réaction de défense chez la plante dans le temps et au niveau des différents compartiments.

4.3. Présentation de la région d'étude

4.3.1. Présentation de la région de la Mitidja

4.3.1.1. Situation géographique

Notre site d'étude est situé dans la région de Boufarik, dans la plaine de la Mitidja ; Cette dernière est la plaine sub-littorale la plus vaste de l'Algérie : elle s'étend sur une longueur d'environ 100 Km et une largeur variant entre 5 et 20 Km, soit une superficie de près de : 140.000 hectares.

Elle est limitée, par :

- au nord, la ride du Sahel et le vieux massif du Chenoua,
- au nord-est, l'oued Reghaia et l'oued Boudouaou,
- au nord-ouest et à l'ouest, le Djebel Chenoua (905m), la chaîne du Boumaad et le Djebel Zaccar (800m),
- au sud, l'Atlas blidéen borné par tout un ensemble de montagnes,
- à l'est, les hauteurs et collines de la basse Kabylie.

La Mitidja à une latitude nord moyenne de 36 à 48 degrés et une altitude moyenne de 30 à 50 mètres.

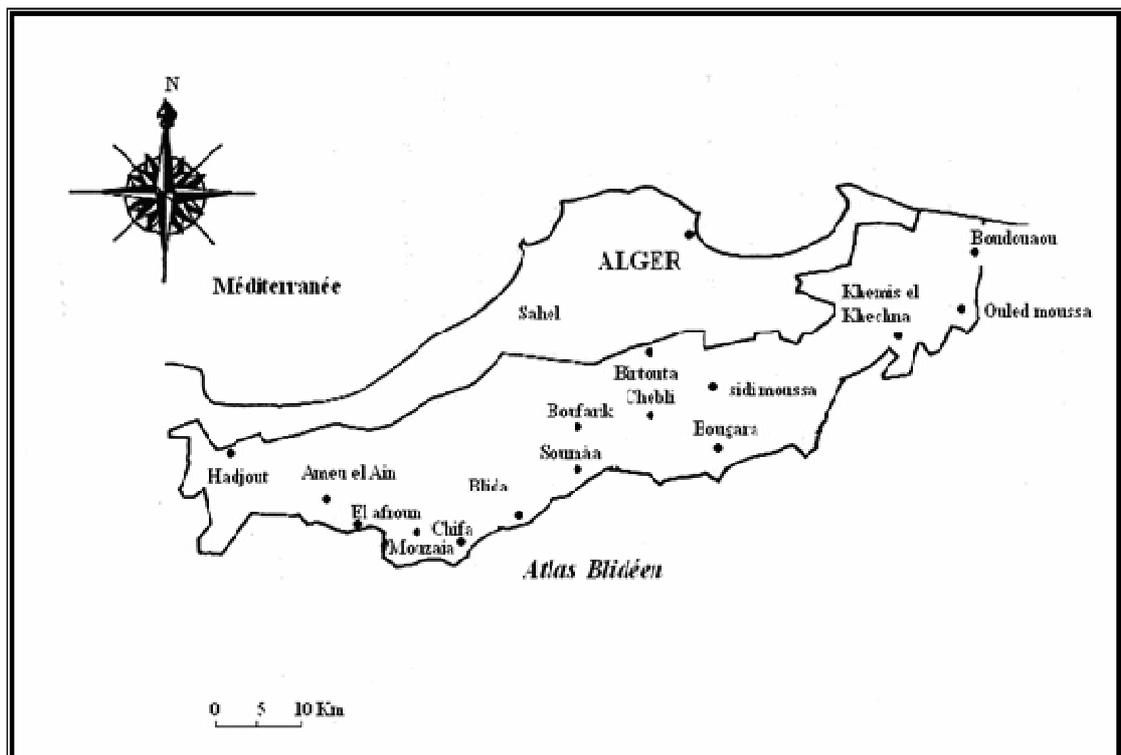


Figure 4.1 : Limite géographique de la Mitidja [129]

4.3.1.2. Caractéristiques climatiques

La région de la Mitidja (dont Mouzaia) est soumise à un climat méditerranéen caractérisé, généralement, par une saison douce et humide, allant de novembre à avril, et d'une saison chaude et sèche, qui s'étend de mai à octobre.

Les études ont montré que le climat a une influence sur le comportement des insectes et de leurs plantes hôtes, d'où la nécessité de donner un aperçu global sur les fluctuations climatiques de cette région, à savoir, les températures et les précipitations.

4.3.1.2.1. Pluviométrie

Selon Mutin [129], dans la région de la Mitidja, les précipitations moyennes annuelles varient entre 600 et 900 mm en fonction de la microrégion considérée.

La répartition des pluies entre les saisons est inégale et variable dans le temps ; elles débutent souvent en automne (septembre, octobre) et la fin de leur saison n'est pas fixée.

Les données recueillies auprès de la station météorologique de l'école nationale d'hydraulique de Soumàa sur la région de Mouzaia et la région de Soumàa feront l'objet de l'étude et la synthèse climatique.

4.3.1.2.2. Température

Pour connaître le climat d'une région déterminée, nous devons nous pencher sur les variations de la température qui représentent un facteur limitant,

car elles contrôlent l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionnent ainsi, la répartition de la totalité des espèces et des communautés vivant dans la biosphère.

Les données climatiques d'où les moyennes des températures (T_{moy} °C) et des pluviométries (PV mm) au cours des années 1990 à 2008 et durant l'année d'étude 2009/2010 sont illustrées dans les tableaux 1 et 2 au niveau de l'appendice 1.

4.3.1.2.3. Vents

Selon Mutin [129], les vents dominants sont de direction Nord-Ouest. Modérés, ils frappent, parfois, fortement à la fin de l'automne (novembre) et en hiver.

Le sirocco ou le vent chaud du sud se manifeste à n'importe quel moment de l'année ; le nombre de jours de sirocco n'est pas important. Pour l'année 2009, la moyenne annuelle de la vitesse du vent est de 14,4 Km/h.

4.3.1.2.4. Hygrométrie

L'hygrométrie est assez élevée en hiver où elle peut atteindre les 100%, comme c'était le cas en octobre 2006. Elle est moyenne ou nulle en été où nous avons noté son minimum le mois de juillet pour l'année 2009.

4.3.1.2.5. Gelée

La gelée est la baisse de température au dessous de 0°C, transformant l'eau en glace. Les gelées sont fréquentes en hiver, au printemps et absentes en

été et en automne. Nous avons enregistré 16 jours de gelées au cours de l'hiver 2006.

4.3.1.3. Synthèse climatique

A l'aide du diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen et du climagramme pluviométrique d'Emberger, nous allons essayer de dégager certaines caractéristiques du climat de notre région d'étude à partir desquelles nous pouvons interpréter nos résultats du terrain.

4.3.1.3.1. Climagramme d'Emberger

L'indice d'Emberger permet la caractérisation des climats et leur classification dans l'étage bioclimatique. Cet indice est calculé par le biais du coefficient pluviométrique adoptée par Stewart [130] et obtenu par la formule qui suit :

$$Q_2 = 3.43 (P / (M - m))$$

Avec :

P : La pluviométrie annuelle (mm).

M : la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud.

m : la moyenne des températures minimales du mois le plus froid.

La température moyenne minimale du mois le plus froid, placée en abscisses et la valeur du coefficient pluviométrique Q_2 placée en ordonnées, donnent la localisation de la station météorologique choisie dans le climagramme.

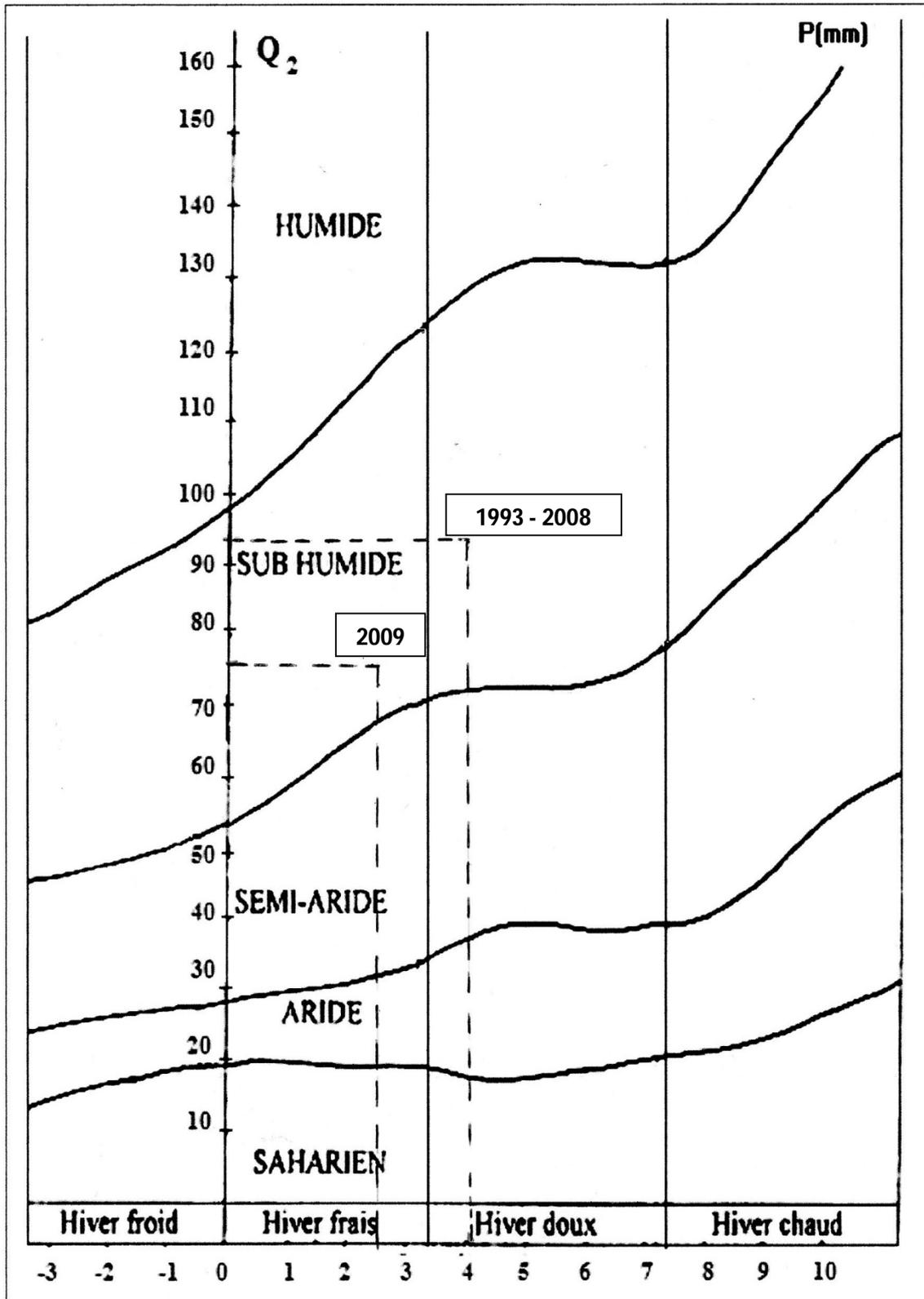


Figure 4.2 : La localisation de la station d'étude dans le Climagramme d'Emberger

4.3.1.3.2. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

Le diagramme Ombrothermique sert à refléter une image synthétique du climat. Selon Bagnouls et Gaussen (1953 *in* Dajoz) [131], le mois est défini comme étant sec lorsque la somme des précipitations moyennes (P), exprimées en millimètres (mm), est inférieure au double de la température de ce mois ($P/2T$).

Les données de pluviométrie et des températures enregistrées durant la période de 1990 à 2008 et pendant l'année 2009/2010, nous ont permis de tracer les diagrammes ombrothermiques suivants :

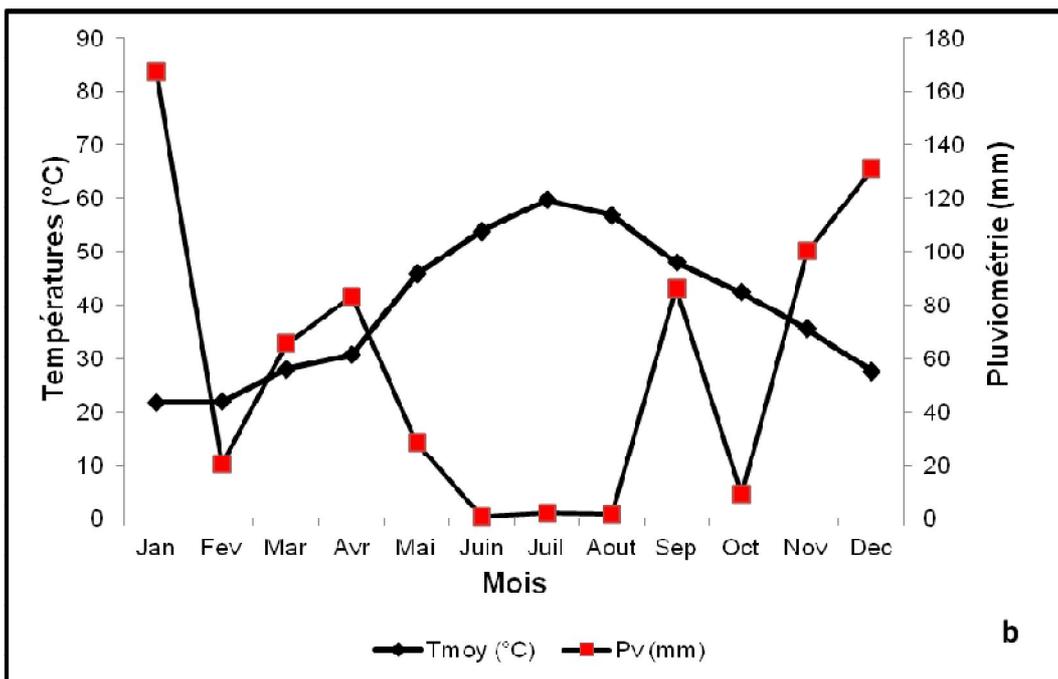
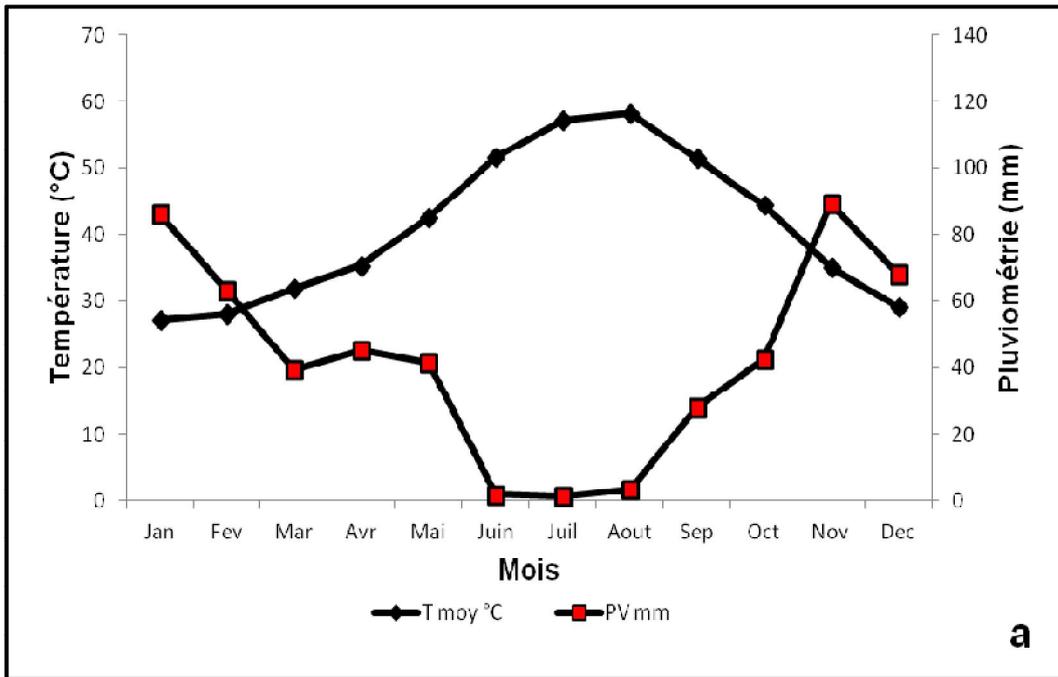


Figure 4.3 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson relatif à la région d'étude (a : de 1990 à 2008 ; b : 2009).

Au cours de la période allant de 1990 à 2009 (Figure 4.3 : a), nous avons pu constater dans la région de Mouzaia (Mitidja), une variation assez marquée de la pluviométrie annuelle, d'où la constatation d'une saison froide et humide allant de novembre jusqu'au février; une autre période assez fraîche est constatée et cela de la mi-février jusqu'au début de mai. Une saison chaude et sèche, est signalée, s'étalant de la mi-mai au début d'octobre.

Le diagramme Ombrothermique de l'année d'étude (2009) dans la (Figure, 4.3 : b), montre l'irrégularité du climat au cours de cette année. Nous remarquons l'apparition d'une courte période sèche de la mi/mars à avril, la deuxième période sèche s'étale de mai à aout et durant le mois d'octobre ; le reste de l'année est caractérisé par une période humide avec une période humide exceptionnelle enregistrée durant le mois de septembre.

4.3.2. Présentation du site d'étude

La réalisation de la partie expérimentale de cette étude sur terrain s'est déroulée à Mouzaia qui est une ville située au niveau de l'Atlas Blidéen dans la région de la Mitidja centrale ; Les coordonnées géographiques de cette dernière sont: 36° 33' 19" Nord, 2° 47' 25" East, altitude : 14,76 (figure 4.4 : photo satellite).

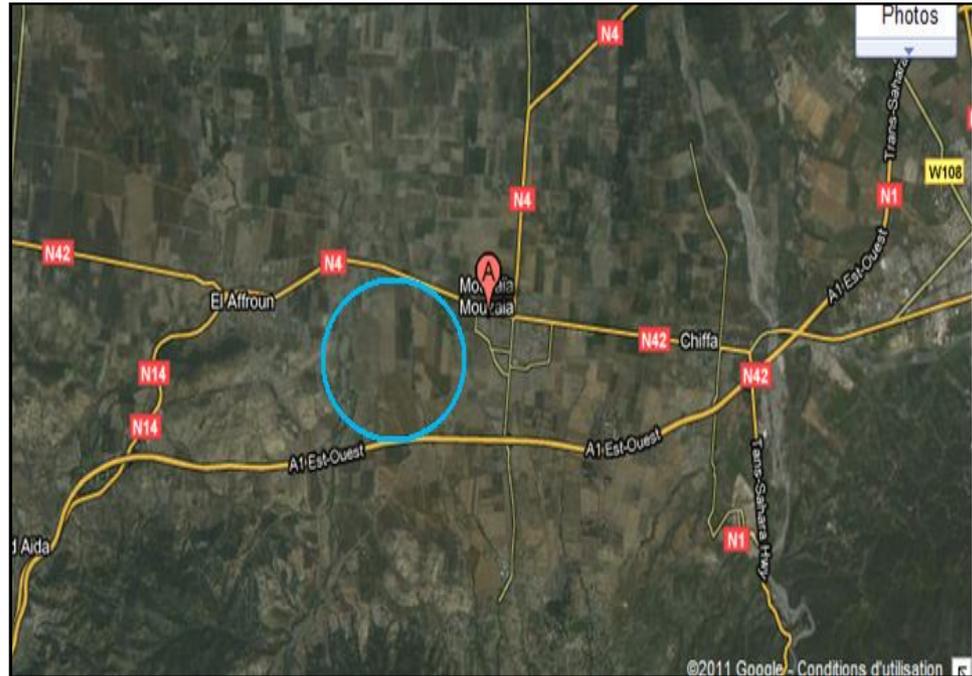


Figure 4.4 : Présentation du site d'étude géographique à Mouzaia

4.3.3. Présentation de la station d'étude

Notre station d'étude se trouve dans une ferme pilote qui se situe à trois kilomètres à l'ouest de la commune de Mouzaia, quinze kilomètres à l'ouest de la wilaya de Blida. L'EURL ferme Mohamed Ben A.E.K., qui était un domaine autogéré de 1962 à 1987 puis une ferme pilote à vocation céréalière jusqu'à 1999, est actuellement une ferme, essentiellement, à vocation céréalière et viticole, elle fait partie de l'organisme gestionnaire SAEX/Centre qui est une filiale du groupe ONCV.

Les analyses ont montré que le sol de cette région est de type limono-argileux avec : 36% d'argiles, 32% de limons et 32% de sables ; Il s'agit d'un sol lourd non salé avec un drainage déficient et une capacité de rétention élevée pour l'eau et les engrais ; Le ph est alcalin : 7,67 ; Le rapport entre le carbone et le nitrogène indique que la minéralisation de la matière organique est rapide ; Le taux de réserve en calcaire est faible ainsi que la teneur en matière organique.

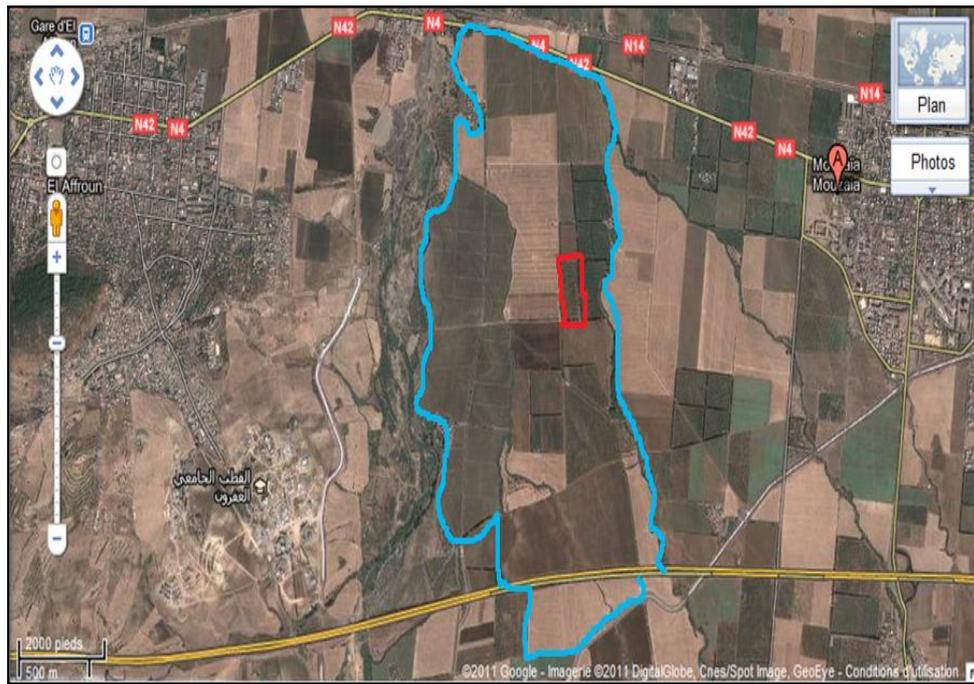


Figure 4.5 : Présentation de la station d'étude

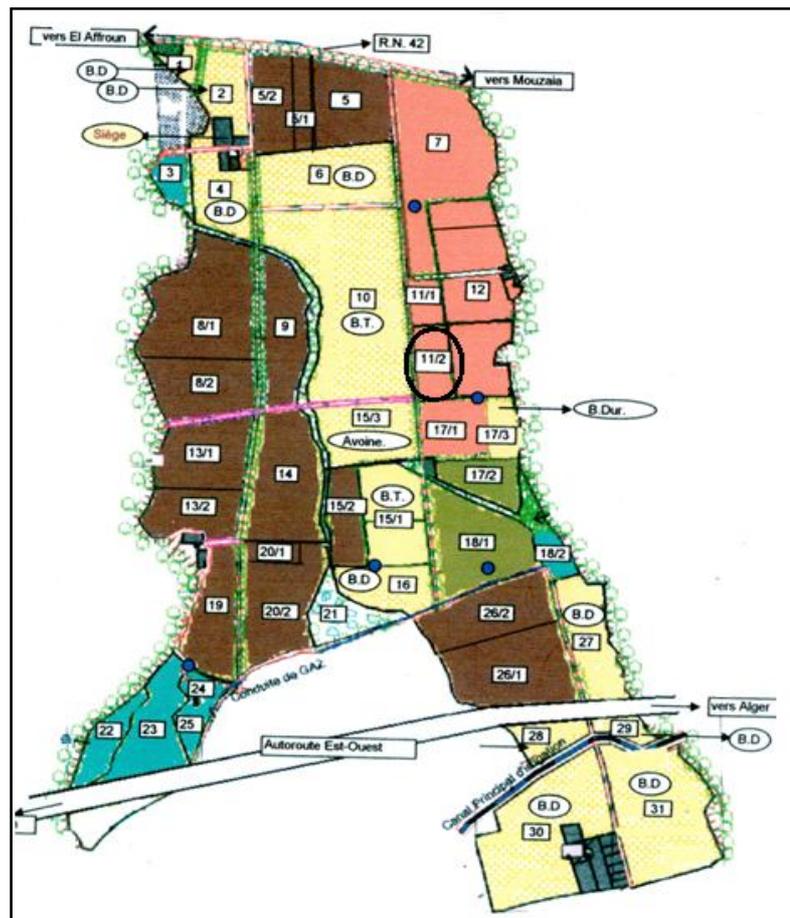


Figure 4.6 : Plan parcellaire de l'EURL Mohamed Ben Abdelkader de Mouzaia

4.3.4. Présentation du dispositif expérimental

La parcelle d'étude (parcelle : 11/2, 4.6) est un verger d'orangers, variété Thomson, qui occupe une superficie de près de 4 ha et entouré d'un dense brise vent de cyprès : *Taxodium distichum*, sauf du côté nord ; Ce verger est composé d'arbres âgés de près de 14 ans, greffés sur bigaradier, la distance de plantation entre eux est de 6 m.

Plusieurs travaux culturaux ont été réalisés et d'autres non, à savoir :

- Des travaux de rayonnage et de discage sont effectués à partir d'avril en vue d'une irrigation durant la saison estivale mais qui reste, cependant, faible et irrégulière,
- L'amendement minéral n'a pas été pratiqué mais un épandage de fumier était fait pendant le printemps,
- Un traitement phytosanitaire polyvalent est pratiqué durant l'automne,
- Une taille d'entretien est réalisée en fin d'hiver,
- Le désherbage n'est pas pratiqué, de ce fait, le verger est plein d'espèces d'adventices très denses et touffues durant l'hiver et le printemps.
- le travail du sol ne se fait pas et sa surface est compacte et fissurée.



Figure 4.7 : L'état du verger dans lequel nous avons travaillé (personnel, 2010)

4.4. Travail sur terrain

4.4.1. Matériel utilisé

- Le sécateur a été utilisé lors de l'échantillonnage des feuilles et des fruits, en vue de les examiner au laboratoire et de les analyser.

- Les sachets en papier et en plastique étiquetés ont été utilisés pour séparer les différents échantillons récoltés. Sur les étiquettes, nous avons mentionné : la date, le type de parcelle, le numéro du bloc et de l'arbre, la direction cardinale ainsi que le stade phénologique pour les échantillons à analyser.

4.4.2. Période d'échantillonnage

La période d'échantillonnage s'est étendue du 6 septembre 2009 jusqu'au 31 janvier 2010, cette période coïncide avec l'apparition des trois ravageurs étudiés sur agrumes: la mouche des fruits, la mouche blanche et la mineuse des feuilles, en même temps dans le verger. La première sortie était réservée à la délimitation des parcelles d'étude (parcelle stressée et parcelle non stressée) et des blocs et à l'installation des deux types de pièges (pièges delta et pièges à phéromone). Nous avons réalisé deux sorties par semaine, soit un total de 42 sorties.

4.4.2.1. Le piégeage massif

Devant l'incapacité de la lutte chimique, plusieurs auteurs se sont penchés sur la combinaison des facteurs pouvant affecter les populations de ravageurs tels que le stimulus olfactif et visuel. Le piégeage de masse consiste en l'utilisation de

cet ensemble de stimuli par le biais d'un grand nombre de pièges en vue de réduire au maximum la population adulte des ravageurs [132].

Le piégeage massif est une nouvelle discipline en cours de développement, elle a donné des résultats satisfaisants pour de nombreux bioagresseurs et a permis de lutter efficacement contre la mouche méditerranéenne des fruits ; En Espagne, quatre années d'essais de lutte par piégeage intensif contre la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* ont donné des résultats satisfaisants [133].

Químicas Meristem S.L., suivant la tendance actuelle vers une agriculture durable, avec un bas impact environnemental et sans problèmes de résidus, a développé le produit de contrôle de la mouche des fruits LastFly Ceratitis ; LastFly Ceratitis est une méthode de contrôle de *Ceratitis capitata* par piégeage massif d'insectes (Mass Trapping) ; Parmi les avantages de cette méthode :

- pourcentage de fruits piqués inférieur au 2%,
- système très efficace et sélectif,
- réduction drastique des applications insecticides,
- fruits libres de résidus,
- il n'affecte pas la faune utile,
- système 100% compatible avec d'autres méthodes de lutte contre les ravageurs.

La densité des pièges au verger dépend de la culture à traiter et des cultures voisines. En général, la densité est de 40-50 pièges par hectare ; Les pièges sont placés aux arbres à une hauteur de 1.4-1.8 mètres du sol ; Le montage et placement des pièges au verger est très facile. Une fois installé le système, il est nécessaire de faire une évaluation hebdomadaire du 5-10% des pièges pour faire le suivi de l'efficacité du système.

4.4.2.2. Les pièges utilisés

4.4.2.2.1. Le piège delta

Ce piège se compose d'un fond englué et d'un faîte plastique. Au milieu du toit, se trouve un crochet pour suspendre le piège. La capsule de phéromones, si elle existe, est alors placée entre le toit et le fond englué.

4.4.2.2.2. Le piège à phéromone

Le piège à phéromone est un instrument très utile pour la détection et la capture des ravageurs adultes. Il renseigne sur l'importance et le moment de l'attaque du ravageur.

Le piège McPhail, que nous avons utilisé, est un piège à phéromone de forme circulaire utilisé pour la signalisation et le piégeage de plusieurs espèces de mouches ravageuses dont la mouche méditerranéenne du fruit. La structure du piège est fabriquée en matériel durable résistant aux intempéries. Le piège à phéromone peut atténuer une invasion, parfois même la stopper.



Figure 4.8 : Présentation des pièges utilisés (personnel, 2010)

4.4.2.3. La phéromone

Une phéromone est une écomone produite par les sujets d'une espèce qui influe sur le comportement d'autres sujets de la même espèce. Une écomone est une substance porteuse de message produite par une plante ou par un animal, ou un analogue synthétique de cette substance qui influence le comportement des sujets de la même espèce ou d'autres espèces [134].

Le procédé consiste à attirer le mâle grâce à la phéromone synthétique posée dans le piège. Le mâle entre par dessous le piège croyant avoir trouvé une femelle. Excité par la phéromone et la lumière réfléchié à travers le couvercle

transparent, il vole jusqu'à épuisement et se noie dans l'entonnoir inversé rempli de liquide.

Les découvertes accumulées depuis une quinzaine d'années sur les phéromones des insectes ont radicalement modifié les potentialités offertes par des moyens biotechniques de lutte. On sait que c'est par l'intermédiaire de ces substances, secrétées par des glandes externes et émises périodiquement à des doses infinitésimales dans l'atmosphère, que communiquent entre eux les individus d'une même espèce. Ont été isolées chez les insectes plusieurs sortes de phéromones. Outre les phéromones sexuelles permettant la rencontre des sexes pour l'accouplement, il existe des phéromones dites d'alarme, d'agrégation ...[135].

Ces phéromones peuvent aussi être utilisées comme moyen de lutte par "confusion sexuelle". Cette méthode consiste à désorienter les individus mâles au sein de la population d'une espèce donnée pour empêcher l'accouplement, donc la reproduction, par l'émission continue de la phéromone dans les cultures à protéger. On a donc affaire à une méthode de lutte spécifique qui a été expérimentée avec succès [136].

Les capsules contiennent des phéromones sexuelles femelles qui attirent les mâles et sont ainsi piégés.

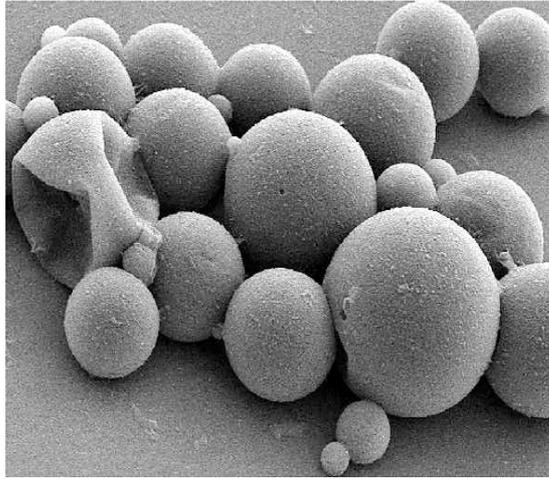


Figure 4.9 : Micro capsules à phéromones [136]

4.4.3. Méthode d'échantillonnage

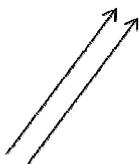
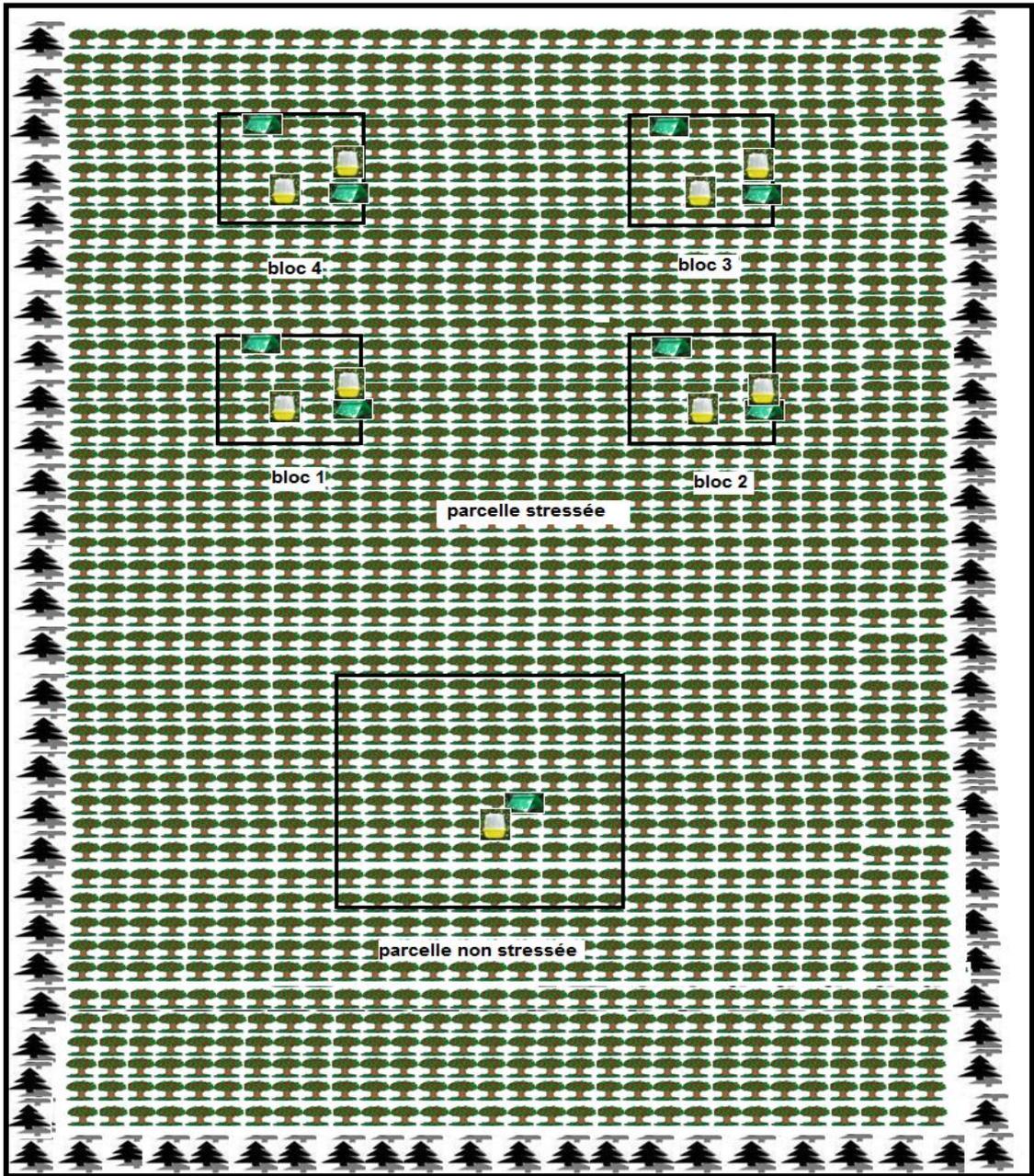
Elle consiste à partager le verger, qui contient plus de 900 arbres, en deux parcelles, les deux sont séparées par cinq rangés d'arbres ; La première parcelle située au sud du verger est la parcelle non stressée qui contient 100 arbres et où sont installés deux pièges témoins, un de chaque type soit : un piège delta et un piège à phéromone ; la deuxième est la parcelle stressée, elle est divisée en quatre blocs de 25 arbres chacun, dans chaque bloc nous avons installé quatre pièges, deux de chaque type. Les blocs sont séparés entre eux par quatre rangés d'arbres.

Deux fois par semaine, nous comptons les individus des ravageurs étudiés capturés dans les pièges ; Aussi, nous choisissons quatre arbres au hasard pour la parcelle non stressée et un arbre au hasard pour chaque bloc de la parcelle stressée, au niveau desquels, nous prélevons deux feuilles de façon aléatoire de chaque direction cardinale et nous examinons deux fruits de chaque direction cardinale, en quête de trace de ponte. Nous nous sommes basés sur la méthode mise au point par VASSEUR ET SCHVESTER [137], qui est fondée sur le dénombrement périodique des populations.

Nous réalisons un deuxième échantillonnage qui consistait à prélever un nombre important de feuilles et de fruits, au niveau du même rameau, en mélangeant les directions cardinales, qui étaient mis dans des sachets en papier étiquetés pour les analyses biochimiques ; Cet échantillonnage est basé principalement sur les stades phénologiques des fruits qui sont : stade vert, début véraison, nouaison et maturation et sur l'âge des feuilles. Trois températures journalières étaient prises durant toute la période d'étude.



Figure 4.10 : Techniques utilisées sur terrain (personnel, 2010)



La légende :  : Arbre de brise

vent Taxodium distichu

Vent dominant : Sud-ouest

 : Arbre d'oranger

Figure 4.11 : Dispositif expérimental sur la parcelle d'étude (personnel, 2010)

4.5. Le travail au laboratoire

4.5.1. Matériel biologique

Les feuilles échantillonnées pour le comptage sont mises dans des sachets étiquetés en notant la parcelle, le bloc et la direction cardinale ; Nous avons prélevé deux feuilles par direction cardinale.

Les feuilles et les fruits échantillonnés pour le dosage sont lavés soigneusement ; Une moitié des feuilles et des écorces des fruits sont desséchées et broyées, la poudre est conservée dans des sachets en papier, en obscurité et loin de l'humidité en vue de les analyser par la suite ; L'autre moitié, fraîche, est mise dans des sachets et conservée dans le congélateur.

4.5.2. Méthodes de travail

4.5.2.1. Le comptage

Le comptage est réalisé le jour même de la sortie ; Sur la feuille, nous calculons les individus de la mineuse en séparant les œufs, les stades larvaire et les adultes, sans oublier de compter le nombre de mines ; La même chose est faite pour l'aleurode sauf que les adultes sont comptés sur les arbres à cause de leur rapidité de déplacement ; Les dimensions de chaque feuilles sont mesurées en vue de calculer la surface foliaire et par la suite la densité des individus.

La surface foliaire a été calculée selon la formule d'Onillon et al [138] mise au point pour les feuilles de bigaradier que nous avons appliquée aux feuilles d'oranger :

$$S = 0.1025 + 0.6637 a.b$$

Avec :

- S = surface foliaire réelle en cm²
- a = la plus grande longueur de la feuille en cm
- b = la plus grande largeur de la feuille en cm

4.5.2.2. Les analyses phytochimiques

4.5.2.2.1. Extraction et dosage des tanins condensés

L'extraction et le dosage des tanins condensés ont été réalisés par la méthode de MERGHEM *et al.* [139] :

4.5.2.2.2. Matériel utilisé

- Tubes à essai,
- Pipettes de 1, 5, 10, 20, 25, et 50 ml,
- Erlenmeyers,
- Bêcher,
- Eprouvettes,
- Entonnoirs,
- Papier filtre,
- Fioles de 25 ml et fioles jaugées,
- Cuvettes du spectrophotomètre,

- Agitateur Vortex,
- Spectrophotomètre optique,
- Balance de précision
- Balance
- Broyeur
- Chauffe-ballon
- Bain marie

Le matériel biologique (feuilles et écorces des fruits) est réduit dans un mortier. 0.5 g de la poudre obtenue est extraite deux fois pendant 20 minutes par une solution : acétone – eau (7/3) contenant 0.5 ml de Métabisulfite de sodium 1% (utilisée comme anti-oxydent).

Les extraits sont filtrés et concentrés sous pression réduite à un volume de 30 ml. 5ml de la fraction est évaporée jusqu'à dessiccation, et les résidus sont dissolvés dans le méthanol réchauffé pour être analysée par la vanilline.

Une prise d'essai de 1 ml de la solution tanin-méthanolique est ajoutée à 5 ml du réactif vanilline-Hcl (8% Hcl dans MeOH sont mélangés (V/V) à 5.8%de vanilline dans MEOH). Les tubes à analyser sont émergés 20 min dans un bain marie à 30°C avant de lire l'absorbance à 500 nm.

La détermination de la quantité totale des tanins se fait en prenant référence sur la catéchol. La solution mère est préparée par la dilution de 10 mg de catéchol dans 10 ml d'eau distillée. A partir de cette concentration (1mg/ml) plusieurs dilutions seront faites comme l'indique le tableau 4.1.

Tableau 4.1 : Gamme étalon de la catéchol.

numéro des tubes	1	2	3	4	5
Concentration de la catéchol (ml)	0	0,2	0,4	0,6	0,8
Eau distillée (ml)	1	0,8	0,6	0,4	0,2

Ensuite, il faut :

- Lire l'absorbance de chaque tube à 535 nm.
- L'établissement de la courbe d'étalonnage de la catéchol.
- Déterminer la concentration en tanins condensés à partir de la courbe.

Pour calculer la teneur de l'échantillon en tanins, nous utilisons la formule suivante : Quantité des tanins (mg)

Teneur en tanins (mg/g MF) = Poids de l'échantillon

$$Y = 0,5597 X$$

4.6. Les analyses statistiques

Les données recueillies sur le comptage des insectes étudiés, les captures des pièges et les composés secondaires des plantes hôtes, doivent faire l'objet d'analyses statistiques.

Lorsque le problème est de savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions (période, matière active, dose), nous avons eu recours à une analyse de variance (ANOVA pour *ANalysis Of VAriance*) qui permet de vérifier la significativité de la variable d'intérêt entre toutes les combinaisons des modalités, dans les conditions paramétriques si la distribution de la variable quantitative est normale.

Dans les cas où plusieurs facteurs sont en jeu, il peut arriver que toutes les interactions entre facteurs ne soient pas pertinentes à tester. Nous avons alors utilisé le modèle linéaire global (G.L.M.). Par exemple, si on désire connaître l'effet des facteurs A, B et C et seulement l'interaction entre A et C, il suffit de sélectionner explicitement ces 3 catégories.

4.6.1. Corrélations-régressions (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009 et Excel™)

Lorsque 2 variables quantitatives varient conjointement, on doit mesurer la significativité du coefficient de corrélation. En conditions paramétriques, il s'agit du coefficient r de Pearson et en conditions non paramétriques, du coefficient rho de Spearman. L'équation de la droite de régression est calculée lorsque les distributions sont en accord avec la normalité et que le coefficient de Pearson est significatif.

4.6.2. Analyse multivariée (PAST vers. 1.37)

Dans le cas de variables quantitatives, les relations multivariées sont étudiées à l'aide d'une analyse en composantes principales (A.C.P.). Ainsi, nous avons analysé globalement les variables qui sont corrélées entre elles ; Une classification ascendante hiérarchique est réalisée dans le but de détecter les groupes corrélés à partir des mesures de similarité calculées à travers des

distances euclidiennes entre les coordonnées des variables quantitatives étudiées.

En vue de déterminer l'apparition des ravageurs en temps réel et de connaître l'ordre de cette apparition, nous avons eu recours à l'analyse de l'ordre d'arrivée par le calcul, d'abord, du barycentre qui est analysé par PAST par le test de cross-correlation.

CHAPITRE 5

RESULTATS

Le terme stresse évoqué durant toute cette partie est celui exercé par le piégeage. La parcelle non stressée qui contient un seul piège de chaque type est la parcelle témoin ; la parcelle stressée est celle qui contient huit pièges de chaque type où les ravageurs sont soumis à une pression due aux captures des pièges qui pourrait perturber leur comportement à l'échelle intra et inter-spécifique.

5.1. Evaluation du système de piégeage appliqué par les taux de captures des ravageurs étudiés

5.1.1. Evaluation du piège delta par les taux de captures de la mineuse, l'aleurode et la cératite

Les graphes ci-dessous reflètent les taux réels des captures des adultes ailés de la mineuse, de l'aleurode et de la cératite piégés périodiquement du mois de septembre 2009 jusqu'au mois de janvier 2010.

Au niveau de la parcelle non stressée, nous remarquons, à première vue, que l'aleurode est l'insecte le plus capturé par le piège delta, il atteint plusieurs pics importants, surtout, à partir de la troisième décennie de novembre, cependant,

et après pratiquement chaque pic, le nombre des individus piégés chute brusquement. Concernant la parcelle stressée, nous signalons que les chutes sont plus prononcées, le démarrage de l'activité des vols est plus précoce avec des pics plus importants d'octobre à la mi-novembre. Tous les pics de captures de l'aleurode dans la parcelle stressée sont décalés dans le temps par rapport à ceux de la parcelle non stressée, avec absence du dernier à la fin du mois janvier.

Pour ce qui est des adultes de la mineuse, nous observons clairement que ces derniers sont moins capturés que ceux de l'aleurode ; Au niveau de la parcelle non stressée, il existe trois période d'activité de vol, la première qui est la plus faible coïncidant avec la première décade de septembre puis la deuxième qui s'étale de la mi-octobre à la deuxième décade de novembre où se prononce le pic le plus important, la troisième commence à la fin de décembre jusqu'à la fin de janvier, avec trois pics plus ou moins faible et similaires. Au niveau de la parcelle stressée, les adultes de la mineuse sont capturés plus tôt que ceux de la parcelle non stressée, la deuxième période contient un pic très important après lequel les captures diminuent et avoisinent des valeurs faibles.

Au niveau des deux parcelles, la cératite est sûrement le ravageur le moins capturés par le piège delta, les graphes montrent trois pics pour chaque parcelle avec une différence d'apparition entre les premiers pics.

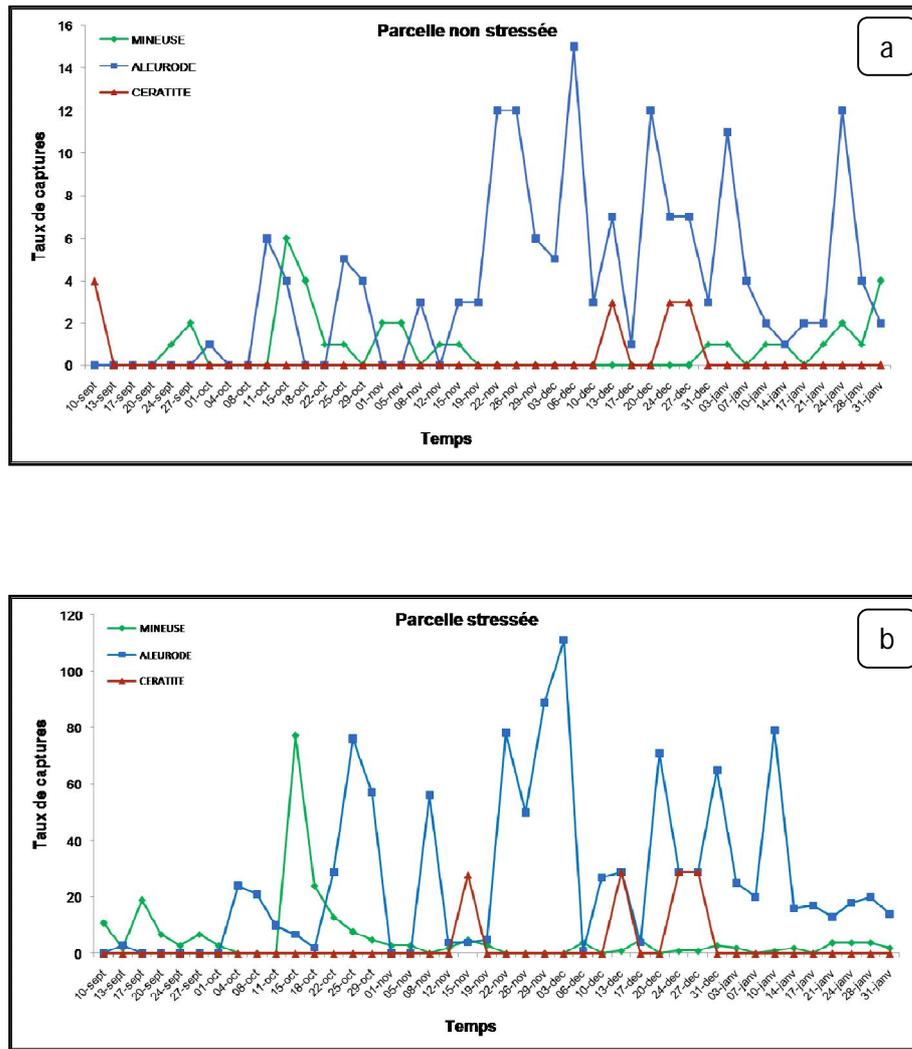


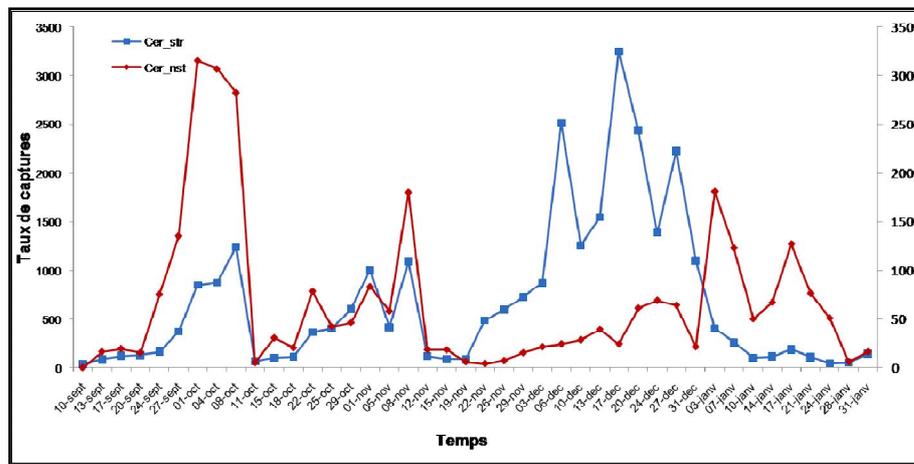
Figure 5.1 : Evolution globale des captures entre ravageurs dans les deux parcelles étudiées (a et b)

5.1.2. Evaluation du piège à phéromone par les taux de captures de la cératite

Les captures évaluées à partir des pièges à phéromones contre la mouche des fruits montrent l'effet de la densité des pièges dans la parcelle stressée qui se traduit par un nombre très important d'individus capturés ; toutefois, les captures montrent trois principales périodes de vols dans les deux parcelles, la plus importante est celle de fin d'année durant la quelle trois principaux pics ont été enregistrés. Les périodes de vols présentent un décalage assez marqué dans le

temps entre les parcelles avec une précocité de vol des adultes dans la parcelle non stressée durant les deux premières périodes contrairement à la troisième période.

Il est à signaler que le nombre brut des individus capturés dans la parcelle stressée, pour les deux types de pièges, est nettement plus élevé que celui de la parcelle non stressée. , cela est du certainement à la densité du piège utilisée dans la parcelle stressée.



Cer_pns : Cératite_parcelle non stressée, **Cer_ps** : Cératite_parcelle stressée

Figure 5.2 : Evolution des captures de *Ceratitis capitata*

L'analyse en composantes principale (A.C.P.) effectuée avec PAST vers 1.95 (HAMMER et al., 2001) est satisfaisante dans la mesure où plus de 80% de la variance sont exprimés sur les deux premiers axes (Figure, ?).

Les analyses montrent que le vecteur qui correspond à la mineuse vire dans la direction du mois d'octobre ce qui indique que les captures de cet insecte sont plus prononcées durant ce mois au niveau de la parcelle stressée.

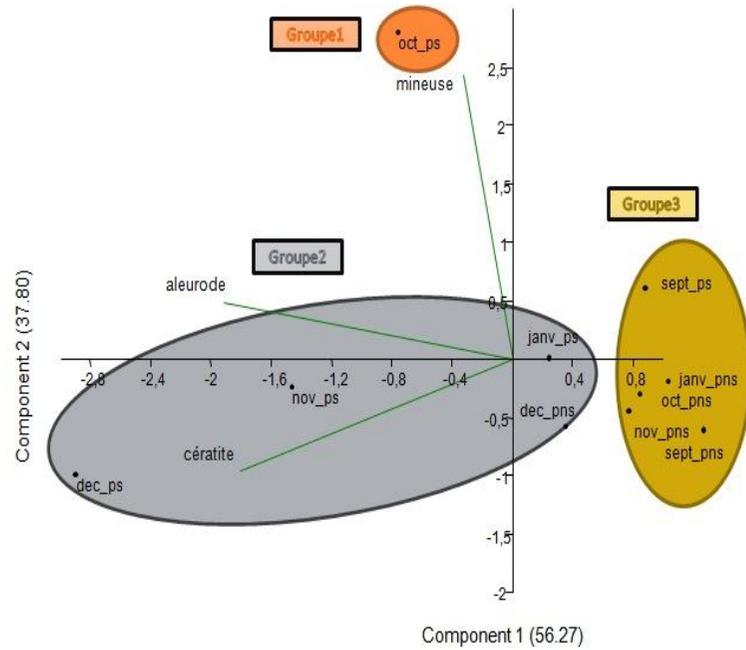
Nous remarquons que les vecteurs qui correspondent à l'aleurode et à la cératite sont très proches l'un à l'autre ce qui signifie qu'il existe une corrélation entre les captures de ces deux ravageurs qui sont presque similaires

Le vecteur qui correspond à la cératite vire et se rapproche du mois de décembre, ce qui nous laisse déduire que les adultes de la mouche des fruits activent en grand nombre durant cette période.

La classification hiérarchique ascendante (C.H.A.) a été obtenue d'après les calculs des distances euclidiennes sur la base de la valeur de similarité de 3,6 (Figure).

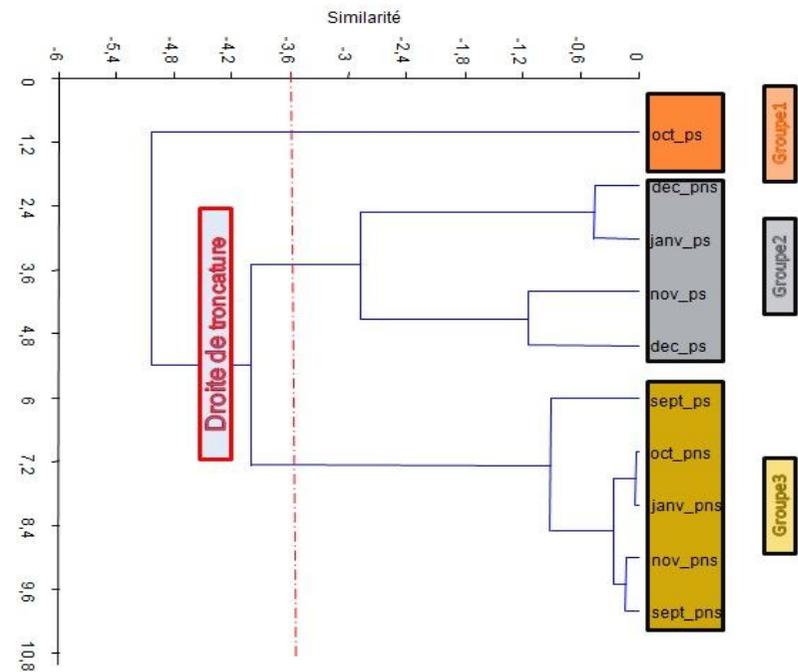
La classification nous fait ressortir trois groupes où les captures s'assemblent entre eux dans le temps et dans la parcelle ou sont similaire en taux de captures. Il est à signaler que les groupes 2 et 3 sont, statistiquement, presque, homogènes. Cependant, les captures sont plus importantes dans le groupe 2 que dans le groupe 3.

Les groupements font ressortir que les captures des insectes sont différentes entre la parcelle stressée et la parcelle non stressée et cela durant les mois d'octobre, novembre et janvier, cela du fait de leur classement dans des groupes différents, exception fait pour le mois de décembre qui est classé dans le groupe 2 pour les deux parcelles et le mois de septembre qui est classé dans le groupe 3, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de différence de captures des adultes entre les parcelles durant ces deux mois.



oct : octobre, **sept** : septembre, **nov** : novembre, **déc** : décembre, **janv** : janvier, **ps** : parcelle stressée, **pns** : parcelle non stressée

Figure 5.3: Analyse multivariée «ACP» représentant les principales périodes de captures des ravageurs étudiés.



oct : octobre, **sept** : septembre, **nov** : novembre, **déc** : décembre, **janv** : janvier, **ps** : parcelle stressée, **pns** : parcelle non stressée

Figure 5. 4: Classification ascendante hiérarchique des périodes de captures (calculé par des distances euclidiennes à partir des coordonnées des stations d'étude sur les trois axes de l'ACP).

5.1.3. Ordre d'arrivée des trois ravageurs selon les captures des pièges

Vu le décalage temporel que nous avons mentionné ci-dessus concernant les captures traduisant l'apparition des adultes ailés des trois ravageurs, nous avons eu recours au calcul du Barry-centre qui sera analysé par PAST (test de cross-correlation) en vu de valoriser ce décalage en temps.

Au niveau de la parcelle stressée, la distribution des ravageurs montre que les adultes de la mineuse des feuilles sont les premiers capturés avec un décalage temporel significatif ($p=0.007$) par rapport à l'aleurode, cependant, il n'y a pas de décalage entre la cératite et la mineuse qui, selon le test de cross-correlation, arrivent au même temps présentant un $Lag=0$ avec une probabilité significative ($p=0.008$). Concernant la parcelle non stressée, c'est la mineuse, toujours, qui se manifeste la première avec un décalage temporel nul ($Lag=0$) et non significatif avec la cératite ($p=0.826$), puis arrive l'aleurode qui montre un décalage temporel marginalement significatif avec la cératite ($Lag=1$, $p=0.099$).

L'apparition des ravageurs entre les deux parcelles montre qu'il existe un décalage temporel entre la mineuse de la parcelle stressée et celle de la parcelle non stressée mais qui n'est pas significatif ($Lag=1$, $p=0.365$), la même chose est signalée pour la cératite ($Lag=1$, $p=0.584$).

L'aleurode, quant à lui, ne montre pas de décalage temporel entre les deux parcelles avec une probabilité très hautement significative ($Lag=0$, $p=1,157*10^{-7}$), la même chose est notée pour l'apparition de la cératite entre les deux parcelles, mais avec une probabilité marginale ($Lag=0$, $p=0.074$).

Tableau 5.1 : Ordre d'apparition des ravageurs selon les captures par le piège delta

Parcelle	Espèce	Barry-centre	test de cross-corrélation	
			Lag	P
Stressée	Aleurode	10,32	0	0,008**
	Cératite	10,76		
	Mineuse	9,15	1	0,007**
	Aleurode	10,32		
Non stressée	cératite	10,08	1	0,099*
	Aleurode	10,56		
	Mineuse	10,04	0	0,826 N.S.
	Cératite	10,08		

Tableau 5.2 : Ordre d'apparition des ravageurs selon les captures dans les deux parcelles

piège	Espèce	Barry-centre	test de cross-corrélation	
			Lag	P
Piège delta	Mineuse_ps	9,15	1	0,365 N.S.
	Mineuse_pns	10,04		
	Aleurode_ps	10,32	0	1,157×10 ⁻⁷ ***
	Aleurode_pns	10,56		
	cératite_ps	10,76	1	0,584 N.S.
	Cératite_pns	10,08		
Piège à phéromone	cératite_ps	10,57	0	0,074*
	Cératite_pns	10,19		

Ps : parcelle stressée, pns : parcelle non stressée, NS : non significative.

L'ordre d'arrivée des adultes ailées des ravageurs étudiés est récapitulé dans les figures suivantes ; la figure (), est une analyse A.C.P. qui englobe les captures des individus dans deux enveloppes, l'enveloppe rouge représente la parcelle stressée avec des taux d'individus capturés très important par rapport à l'enveloppe de la parcelle non stressée colorée en bleu ; les flèches ajoutées à la figure reflètent la tendance d'apparition des ravageurs du ou des premiers arrivés aux second ; ces insectes sont illustrés dans les figures (5.5 et 5.6).

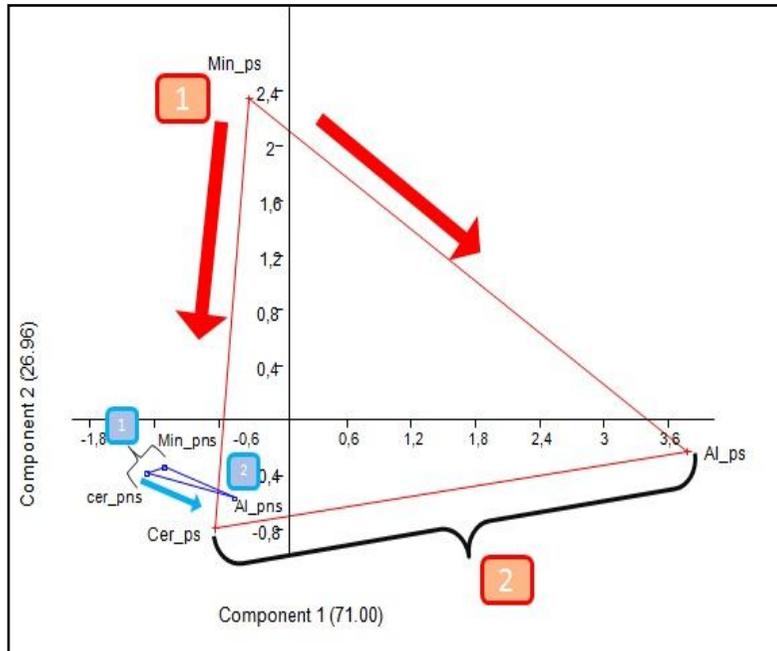


Figure 5.5 : Analyse en composantes principales (A.C.P.) illustrant les captures sous forme d'enveloppes

Min : Mineuse, **Cer** : cératite, **Al** : Aleurode, **ps** : parcelle stressée, **pns** : parcelle non stressée

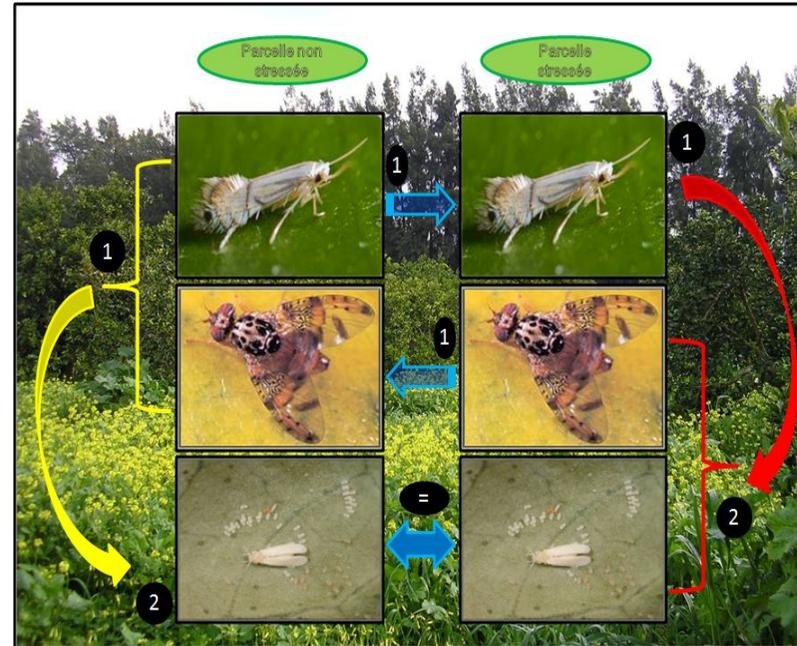


Figure 5.6 : Ordre d'apparition des ravageurs selon les captures des adultes ailés

5.1.4. Etude comparée des captures des différents ravageurs par les deux types de pièges

Le modèle G.L.M. a été appliqué pour évaluer l'effet strict de la période, du type de parcelle et de l'espèce de ravageur sur les taux de captures effectuées par les deux modèles de pièges installés sur le verger.

5.1.4.1. Etude comparée des captures effectuée par le piège delta

Nous constatons que la période (F-ratio=2.985, $p=0.020$, $p<5\%$) a un effet significative sur les captures des ravageurs, ainsi, le type de parcelle (F-ratio=29.393, $p=0.000$, $p<1\%$) et l'espèce de ravageur (F-ratio=17.849, $p=0.000$, $p<1\%$) ont un effet très hautement significative sur les taux de captures des individus ailés des ravageurs étudiés par le piège delta.

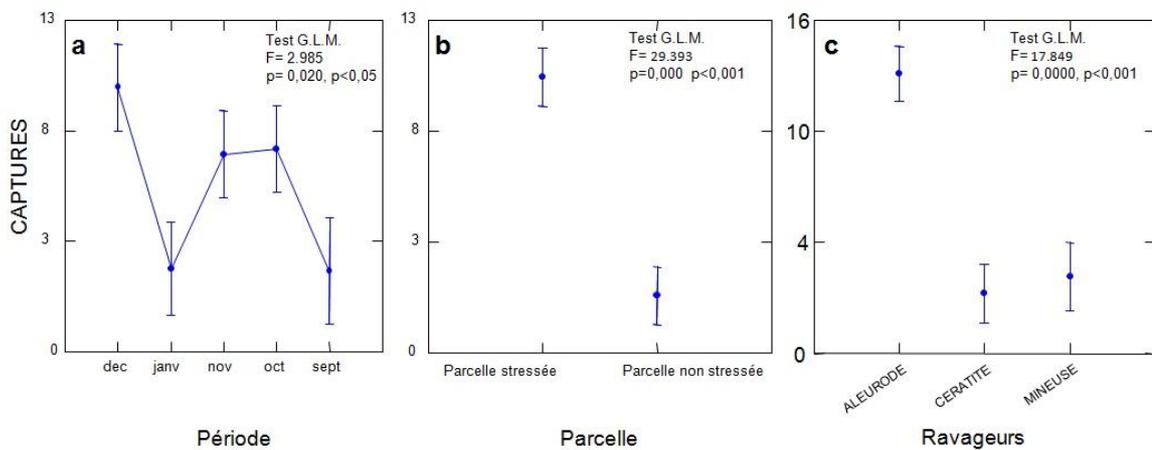


Figure 5.7 : Modèle G.L.M. appliqué aux taux de captures par le piège delta (N=252)

L'évolution temporelle des taux de captures des ravageurs est assez marquée avec un maximum signalée au mois décembre, les valeurs de ces taux sont différentes entre les deux parcelles et elles le sont aussi entre les ravageurs.

Dans le but de mettre en valeur les différences entre les taux de captures simultanément sous l'effet combiné du type de parcelle et de l'espèce du ravageur, nous avons eu recours à l'analyse de la variance type ANOVA. L'interaction de facteurs parcelle/ ravageur dénote que la différence des captures entre les parcelles et entre les espèces de ravageurs est statistiquement hautement significative (F-ratio=8.442, $p=0.000$, $p<1\%$) (Tableau :).

Les taux de captures de chaque ravageur montrent une différence marquée entre la parcelle stressée et la parcelle non stressée surtout pour l'aleurode qui est l'insecte le plus capturé par le piège delta.

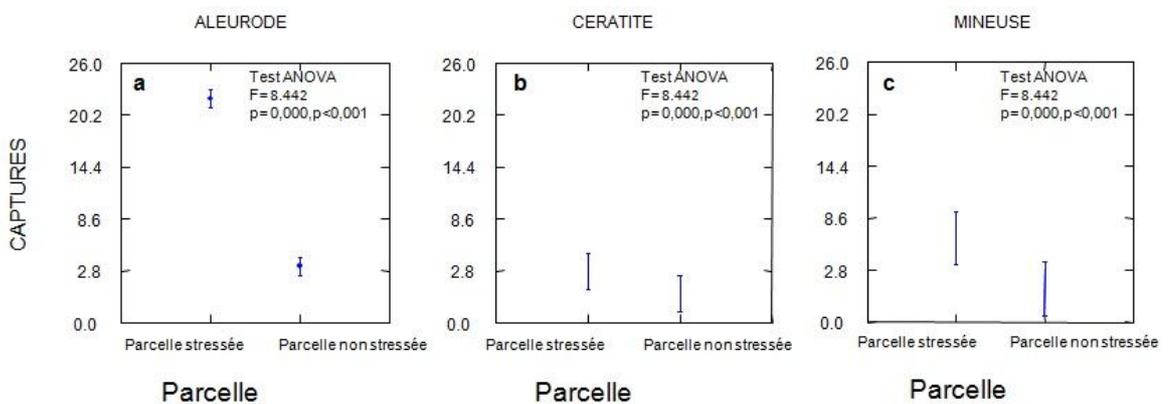


Figure 5.8 : Modèle ANOVA appliqué à l'interaction parcelle/ ravageur (N=252)

5.1.4.2. Etude comparée des captures effectuée par le piège à phéromone

Il est à noter que la phéromone utilisée est une phéromone sexuelle de la mouche des fruits *Ceratitis capitata*, par conséquent, les pièges type Gobe-mouche qui contiennent la phéromone n'ont capturé que les adultes de la cératite.

Nous constatons que la période (F-ratio=9.486, $p=0.000$, $p<1\%$) et le type de parcelle (F-ratio=35.412, $p=0.000$, $p<1\%$) ont un effet hautement significatif sur les captures des adultes de la cératite.

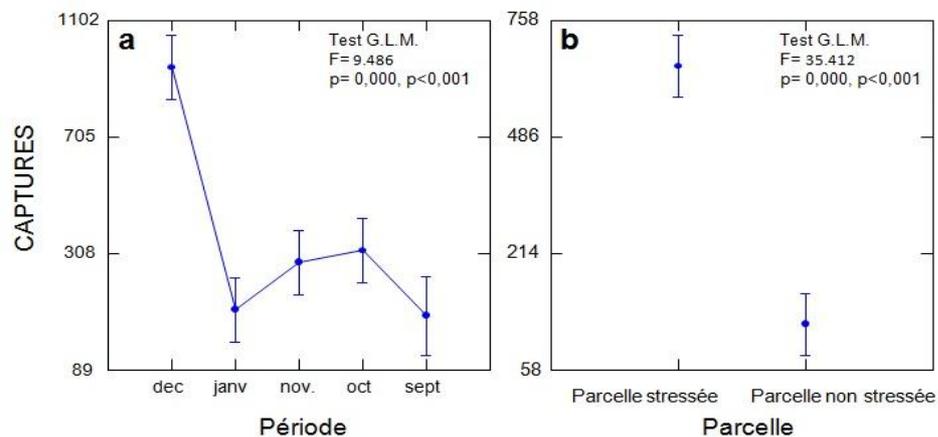


Figure 5.9 : Modèle G.L.M. appliqué aux taux de captures par le piège à phéromone (N=84)

Nous remarquons que les adultes de la cératite sont capturés en très grand nombre, ces captures évoluent dans le temps et atteignent leur maximum de presque mille individus capturés au mois de décembre. Au niveau de parcelle stressée, qui contient un nombre de pièges assez important par rapport à la parcelle non stressée, le taux de captures est hautement supérieur.

Dans le but de mettre en valeur les différences entre les taux de captures des adultes de la cératite simultanément sous l'effet combiné du type de la période et de la parcelle, nous avons eu recours à l'analyse de la variance type ANOVA. L'interaction de facteurs période/ parcelle dénote que la différence entre les captures des mouches dans le temps et entre les parcelles est statistiquement hautement significative (F-ratio=20.422, $p=0.000$, $p<1\%$).

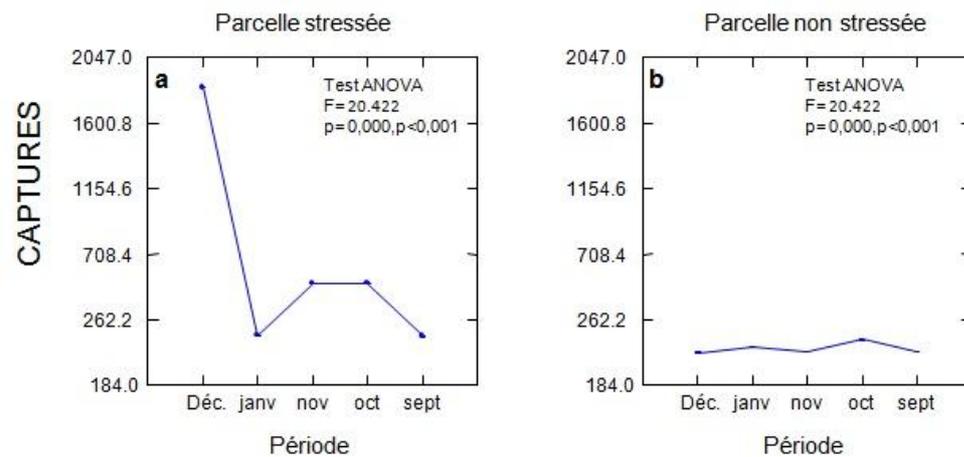


Figure 5.10 : Modèle **ANOVA** appliqué à l'interaction période/ parcelle (N=84)

5.2. Evolution spatiotemporelle globale et structuration des communautés des ravageurs étudiés sur l'oranger

5.2.1. Etude comparative de l'abondance des effectifs des ravageurs entre les parcelles

Les graphes ci-dessous reflètent le suivi temporel par comptage, sur les feuilles, des populations de la mineuse des feuilles et de la mouche blanche durant la période d'étude.

Nous remarquons que durant le premier mois du travail c'est la mineuse qui domine et atteint trois pics avec une absence marquée de l'aleurode puis la

situation s'inverse et c'est l'aleurode qui prend de l'ampleur en enregistrant plusieurs pics. La même chose est signalée pour la parcelle stressée.

Cependant, les pics enregistrés pour les deux ravageurs au niveau de la parcelle stressée sont plus nombreux que ceux enregistrés au niveau de la parcelle non stressée. Néanmoins, il existe une période où les deux insectes chevauchent entre eux, cette dernière dure du début d'octobre à la mi-novembre et cela pour les deux parcelles étudiées.

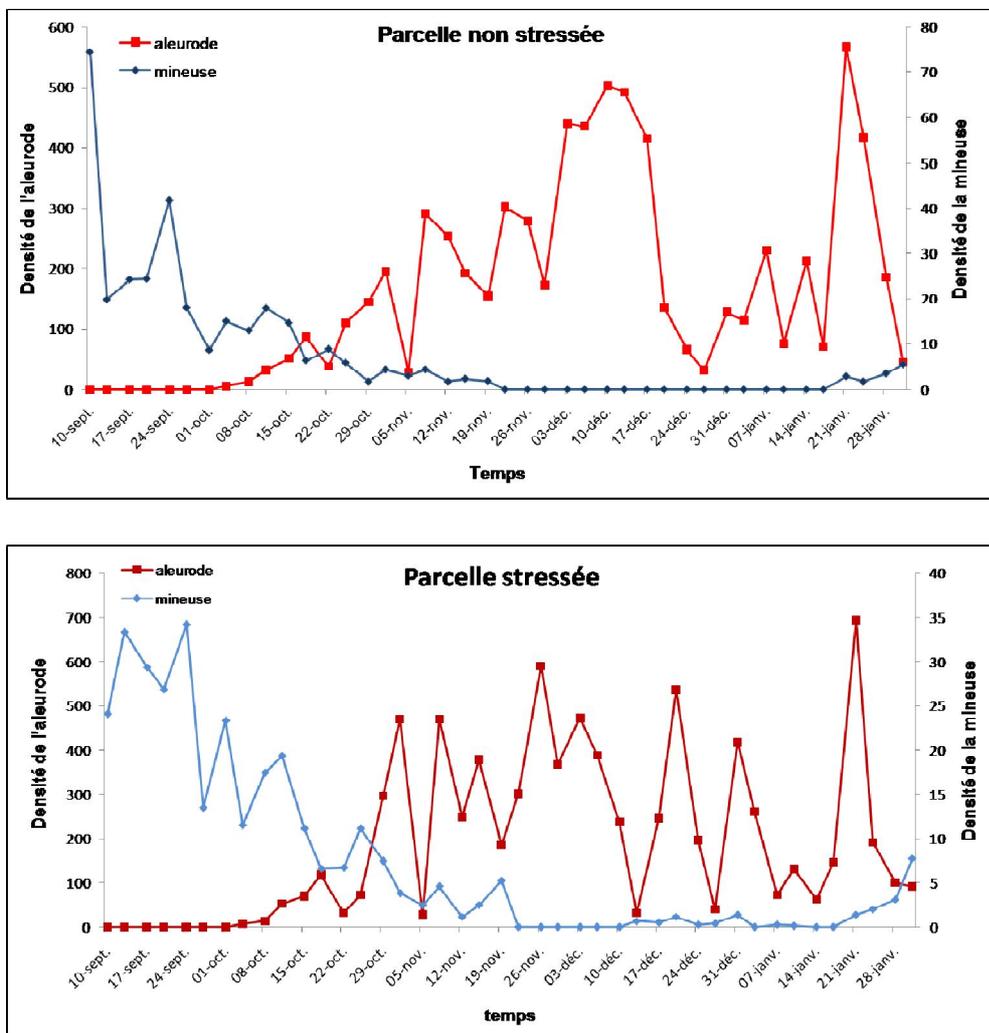


Figure 5.11 : Comparaison de l'abondance des ravageurs dans les deux parcelles étudiées

L'analyse en Composantes Principales (ACP) montre que l'angle entre les vecteurs qui correspondent à la parcelle stressée et à la parcelle non stressée est assez grand ce qui signifie que la dynamique de la mineuse des feuilles et de l'aleurode diffère entre les parcelles.

Cette même analyse nous fait ressortir que l'aleurode est plus prononcé en nombre au niveau des deux parcelles par rapport à la mineuse, avec une dynamique importante d'octobre à décembre au niveau de parcelle stressée et une dynamique aussi important de décembre à janvier au niveau de parcelle non stressée.

La mineuse quant à elle présente une dynamique homogène entre les parcelles durant toute la période d'étude.

La classification hiérarchique ascendante (C.H.A.) a été obtenue d'après les calculs des distances euclidiennes sur la base de la valeur de similarité de 2,4 (Figure 5.13).

Cette analyse vient compléter l'analyse multivariée (ACP) en montrant à travers les groupes qu'il existe une période (groupe 1) durant la quelle la mouche blanche est le seul ravageur dominant la feuille et un deuxième groupe montrant la présence d'un chevauchement entre la dynamique des deux ravageurs qui dure environ deux mois.

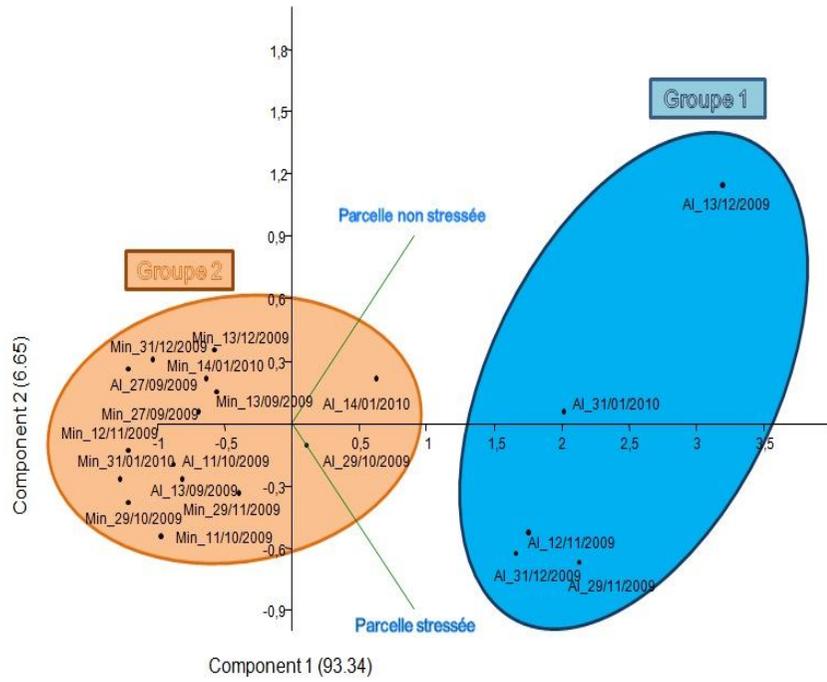


Figure 5.12 : Analyse multivariée «ACP» sur la dynamique des ravageurs étudiés

AI : Aleurode, Min : Mineuse, Cer : cératite

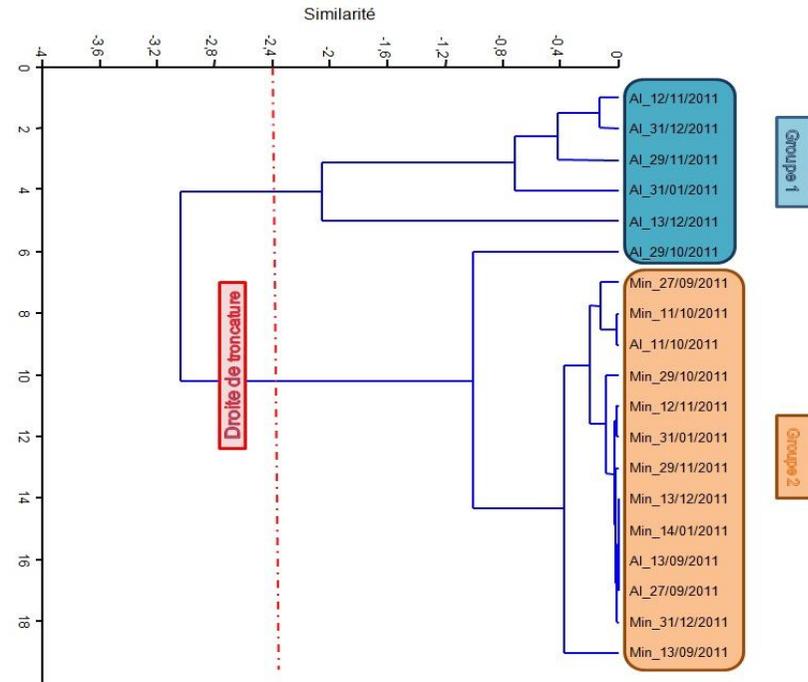


Figure 5.13 : Classification ascendante hiérarchique des groupes d'insectes selon leur dynamique.

AI : Aleurode, Min : Mineuse, Cer : cératite

5.2.2. Décalage temporel des trois ravageurs étudiés

Dans l'optique de mettre en évidence l'ordre ou le statut d'apparition des insectes étudiés, nous avons calculé le Barry-centre qui sera analysé par PAST (test de cross-correlation) pour traduire cet ordre d'arrivée en temps réel.

Pour ce qui est de la parcelle non stressée, le dénombrement des ravageurs montre qu'entre la mineuse et la cératite, bien qu'il existe un décalage temporel de deux mois (Lag=2) cela n'a pas modifié l'ordre d'arrivée des deux espèces ($p=$, $p=$), néanmoins, les mêmes analyses démontrent qu'entre l'aleurode et la cératite existe un décalage temporel d'un mois (Lag=1) qui est statistiquement très significatif ($p=0,006$).

Concernant la parcelle stressée, entre la mineuse et l'aleurode existe un décalage temporel d'environ deux mois avec une probabilité marginalement significative, hors, le décalage entre la cératite et l'aleurode est nul avec une probabilité hautement significative ($p=0,005$).

Le décalage temporel entre un même individu pour les deux parcelles est nul pour la mineuse et l'aleurode avec des probabilités hautement significatives et respectives de $p=2,369 \cdot 10^{-9}$ et $p=$,,, en revanche, il existe un décalage temporel de la cératite entre les parcelles mais qui est statistiquement non significatif.

Tableau 5.3 : Ordre d'apparition des ravageurs selon leur dynamique dans chaque parcelle

Parcelle	Espèce	Barry-centre	Lag	p
Parcelle non stressée	Mineuse	8,42	2	0,522 ^{N.S}
	Cératite	9,95		
	Cératite	9,95	1	0,006**
	Aleurode	10,84		
Parcelle stressée	Mineuse	8,57	2	0,098*
	Cératite	10,42		
	Cératite	10,42	0	0,005**
	Aleurode	10,64		

Tableau 5.4 : Ordre d'apparition des ravageurs en comparant leur dynamique entre les parcelles

Espèce	Barry-centre	Lag	p
Mineuse_pns	8,42	0	2,369×10 ^{-9***}
Mineuse_ps	8,57		
Aleurode_pns	10,84	0	1,15×10 ^{-6***}
Aleurode_ps	10,64		
Cératite_pns	9,95	1	0,108 ^{NS}
Cératite_ps	10,42		

L'ordre d'arrivée des ravageurs, calculé à base des dénombrements réalisés sur feuillage, sauf pour la cératite, est récapitulé dans les figures suivantes ; la figure (), est une analyse A.C.P. qui englobe les captures des individus dans deux enveloppes, l'enveloppe rouge représente la parcelle stressée et l'enveloppe bleue représente la parcelle non stressée; les flèches ajoutées à la figure reflètent la tendance d'apparition des ravageurs du ou des premiers arrivés aux seconds ; ces insectes sont illustrés dans la figures (), comparant les insectes au sein d'une même parcelle et comparant un même ravageur entre les deux parcelles étudiées.

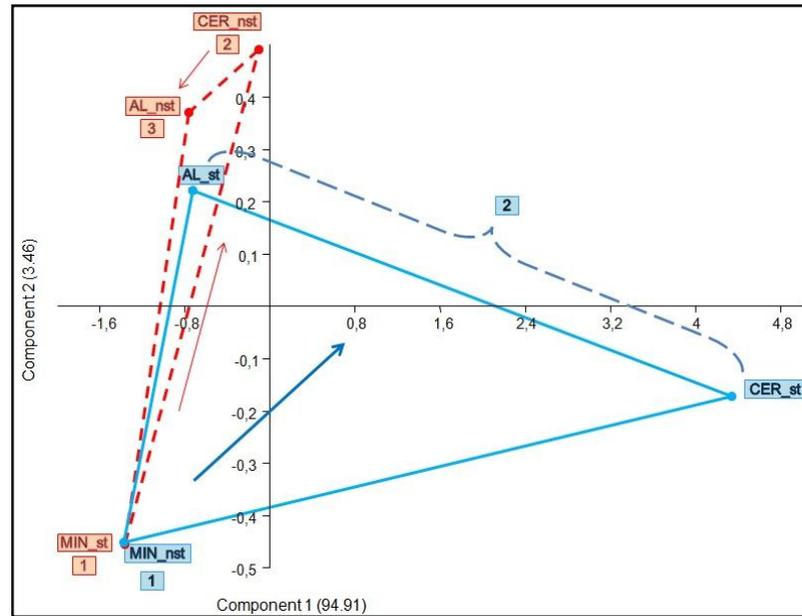


Figure 5.14 : Analyse en composantes principales (A.C.P.) illustrant la dynamique sous forme d'enveloppes

Min : Mineuse, **Cer :** cératite, **Al :** Aleurode, **st :** stressé, **nst :** parcelle non stressé

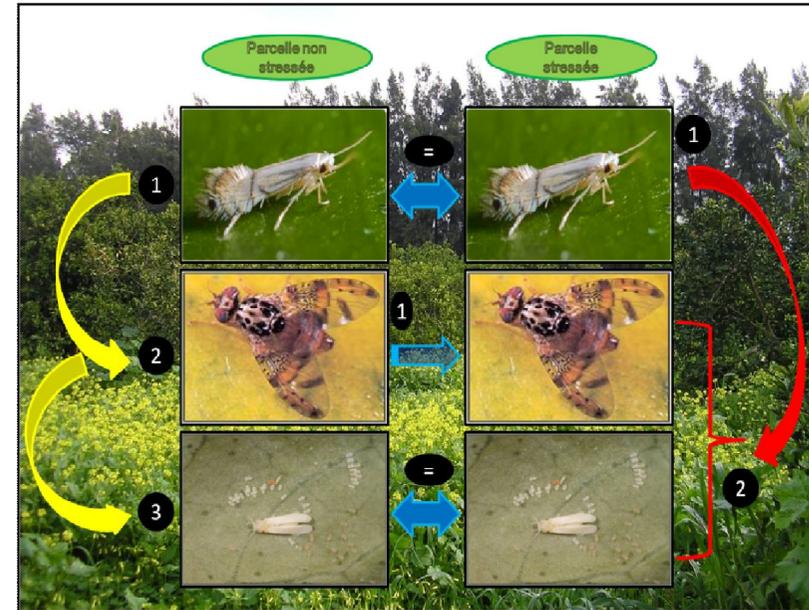


Figure 5.15: Ordre d'apparition des ravageurs selon les captures des adultes ailés

Min : Mineuse, **Cer :** cératite, **Al :** Aleurode, **st :** stressé, **nst :** non stressé

5.2.3. Analyse globale de l'occurrence des trois ravageurs dans la parcelle non stressée et stressée

Nous avons utilisé le modèle général linéaire (G.L.M.) dans le but d'étudier l'influence du type de parcelle, du temps et de l'espèce du ravageur sur l'abondance des effectifs des individus des ravageurs étudiés.

Les résultats de cette analyse sont consignés dans figure () avec : la parcelle (F-ratio=7.106, $p=0.012$, $p<5\%$) qui a une différence significative, l'espèce (F-ratio=6.663, $p=0.004$, $p<5\%$) qui a une présente une différence hautement significative et le temps (F-ratio=1.929, $p=0.143$, $p>5\%$) donnant une différence non significative sur l'abondance des effectifs de la mineuse, de l'aleurode et de la cératite.

L'étude de la variation des effectifs des ravageurs montre que ces derniers sont plus abondants dans la parcelle stressée que la parcelle non stressée avec une dominance en nombre de cératite suivie par l'aleurode puis la mineuse des feuilles ; la fluctuation temporelle de ces ravageurs qui, malgré qu'elle montre une différence non significative, affiche une hétérogénéité marquée dans le temps.

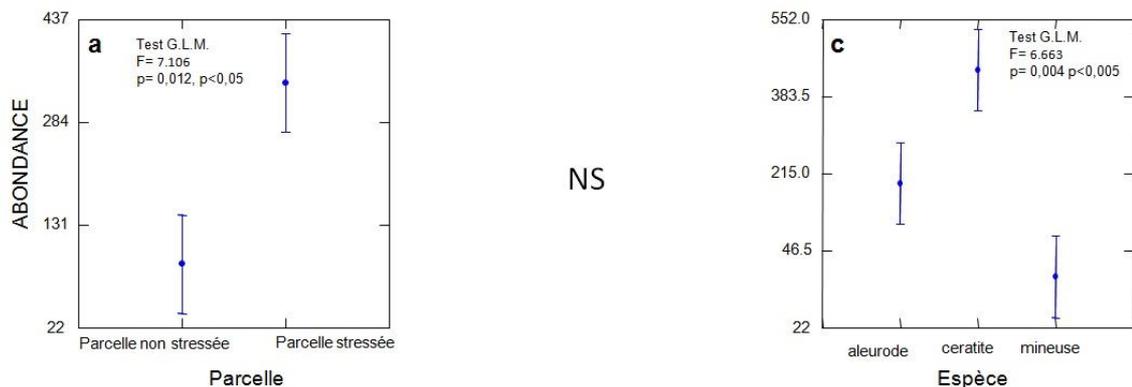


Figure 5.16: Modèle G.L.M. appliqué à l'abondance des effectifs des ravageurs étudiés (N=42)

Afin de faire ressortir les liens pouvant exister entre chaque espèce et les parcelles étudiées, nous avons eu recours à la comparaison par paire par le biais d'une analyse de la variance du type ANOVA.

L'interaction parcelle /espèce dénote que la variation des effectifs de chaque espèce dans les deux parcelles est statistiquement hautement significative avec des valeurs respectives (F-ratio=7.742, $p=0.002$, $p<5\%$) (Tableau)

Le type de parcelle a un effet considérable sur l'effectif de la cérationite, cet effet est faiblement remarqué sur l'aleurode et presque nul sur la mineuse.

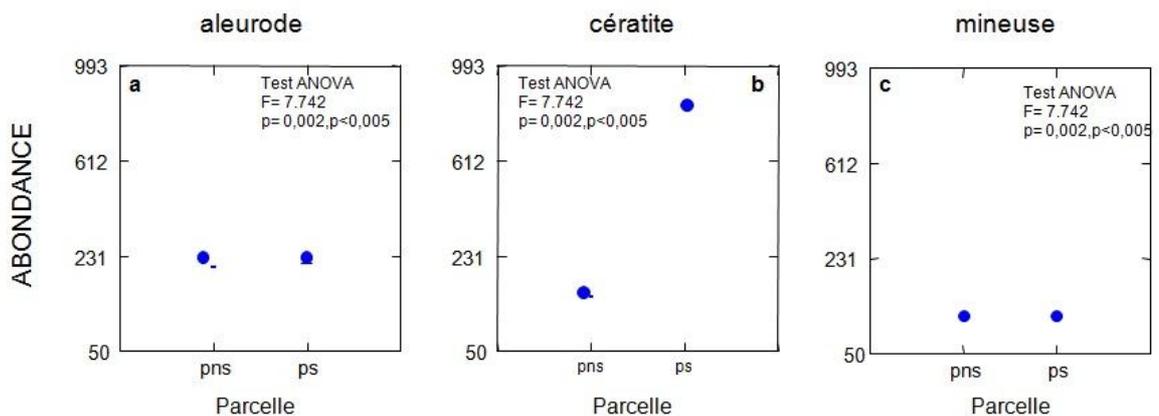


Figure 5.17: Modèle ANOVA appliqué à l'interaction parcelle/espèce (N=42)

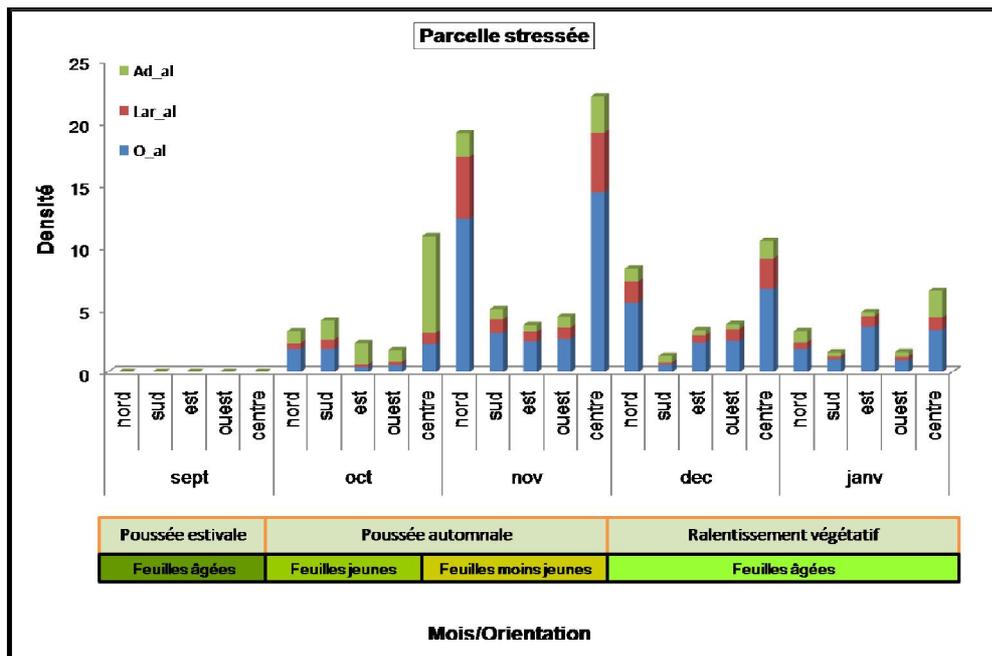
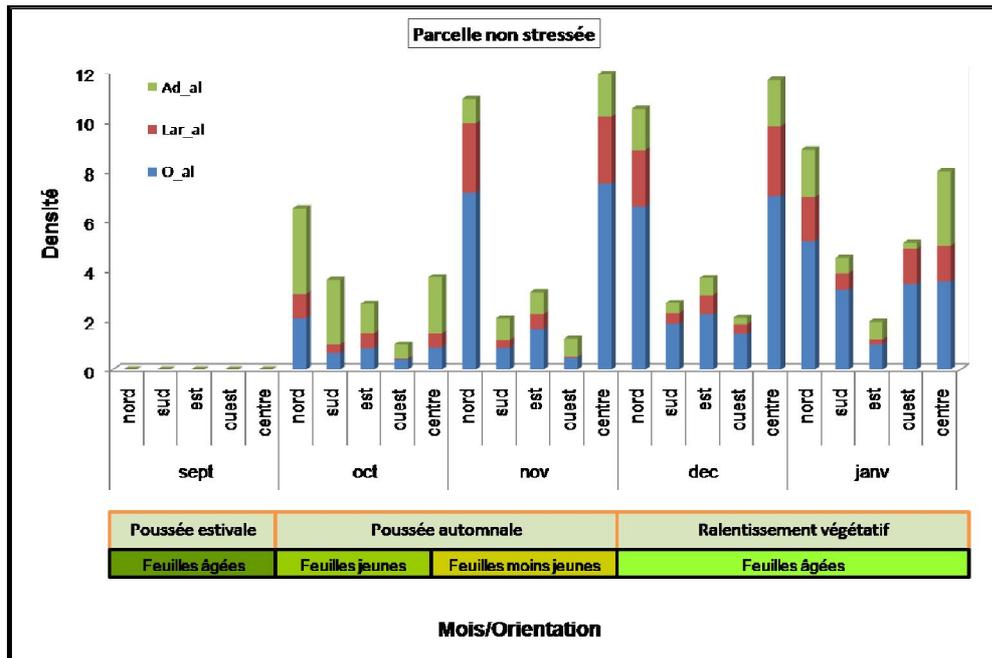
5.3. Fluctuations spatio-temporelles des stades des ravageurs étudiés

5.3.1. Fluctuations spatio-temporelles des stades de l'aleurode

Le dénombrement que nous avons réalisé a pris en considération tout les stades de l'aleurode à savoir le stade œuf, larve et adulte. Les graphes ci-dessous montrent que ces stades sont plus nombreux dans les feuilles prélevées de la parcelle non stressée que celle prélevées de la parcelle stressée.

L'activité de l'aleurode coïncide avec la poussée de sève automnale durant le mois d'octobre ; nous remarquons que, dans le verger étudié, et pour les deux parcelles, cet insecte présente une préférence marquée pour les directions nord et centre.

Comparant les deux parcelles, nous notons que le nombre des adultes ailés de la mouche blanche est plus important au niveau de la parcelle non stressée, il est à signaler, également, que, vue le nombre des œufs, la ponte, au niveau de la parcelle stressée, s'affaiblit à partir du mois de décembre contrairement à la parcelle non stressée.



Ad_al : Adulte aleurode, Lar_al : Larve aleurode, O_al : œuf aleurode

Figure 5.18 : Fluctuations spatiotemporelles des différents stades de l'aleurode dans les deux parcelles étudiées

L'analyse effectuée en utilisant le modèle G.L.M. nous a permis de constater que le stress exercé sur la parcelle stressée n'a aucun effet sur les taux effectifs des stades de l'aleurode ; cependant, ces effectifs diffèrent nettement en fonction de la période, de l'orientation et du stade biologique de l'insecte.

NS

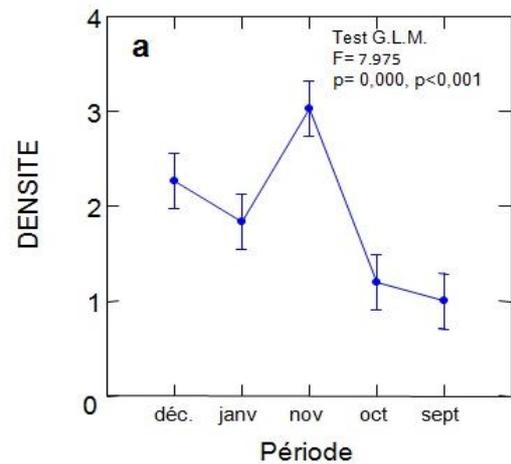


Figure 5.19 : modèle G.L.M. appliqué à la variation des taux des effectifs des différents stades de l'aleurode GLM, N=150

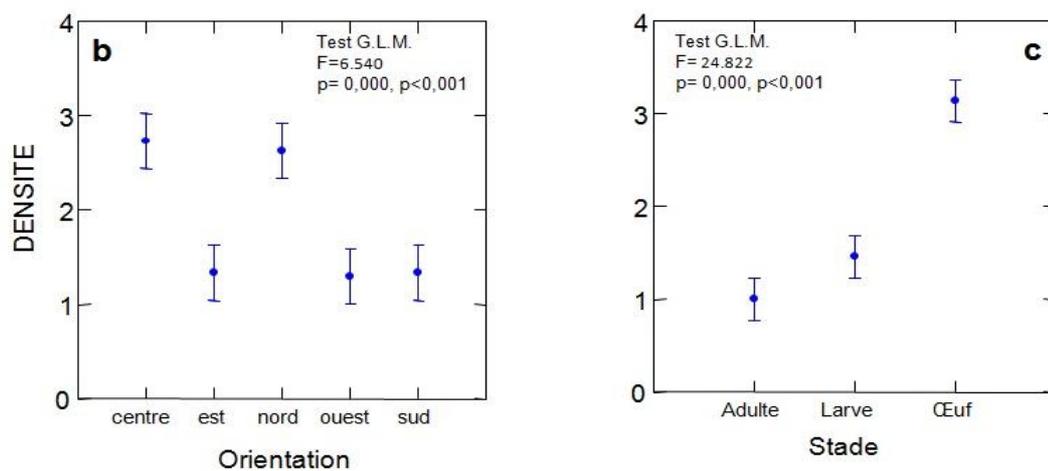


Figure 5.20 : modèle G.L.M. appliqué à la variation des taux des effectifs de l'aleurode selon les directions cardinales, N=150

L'analyse de la variance ANOVA vient confirmer le lien de préférence qui existe entre les stades et une période donnée et une direction donnée, dans le cas de notre verger et sa disposition (Figure :).

Les interactions étudiées montrent que les adultes de l'aleurode présentaient une dynamique stable dans le temps et entre les orientations cardinales. Les œufs sont plus abondants en septembre et novembre puis diminuent vers la fin de l'année, ces derniers présentent la même fluctuation avec les œufs mais avec un effectif plus faible.

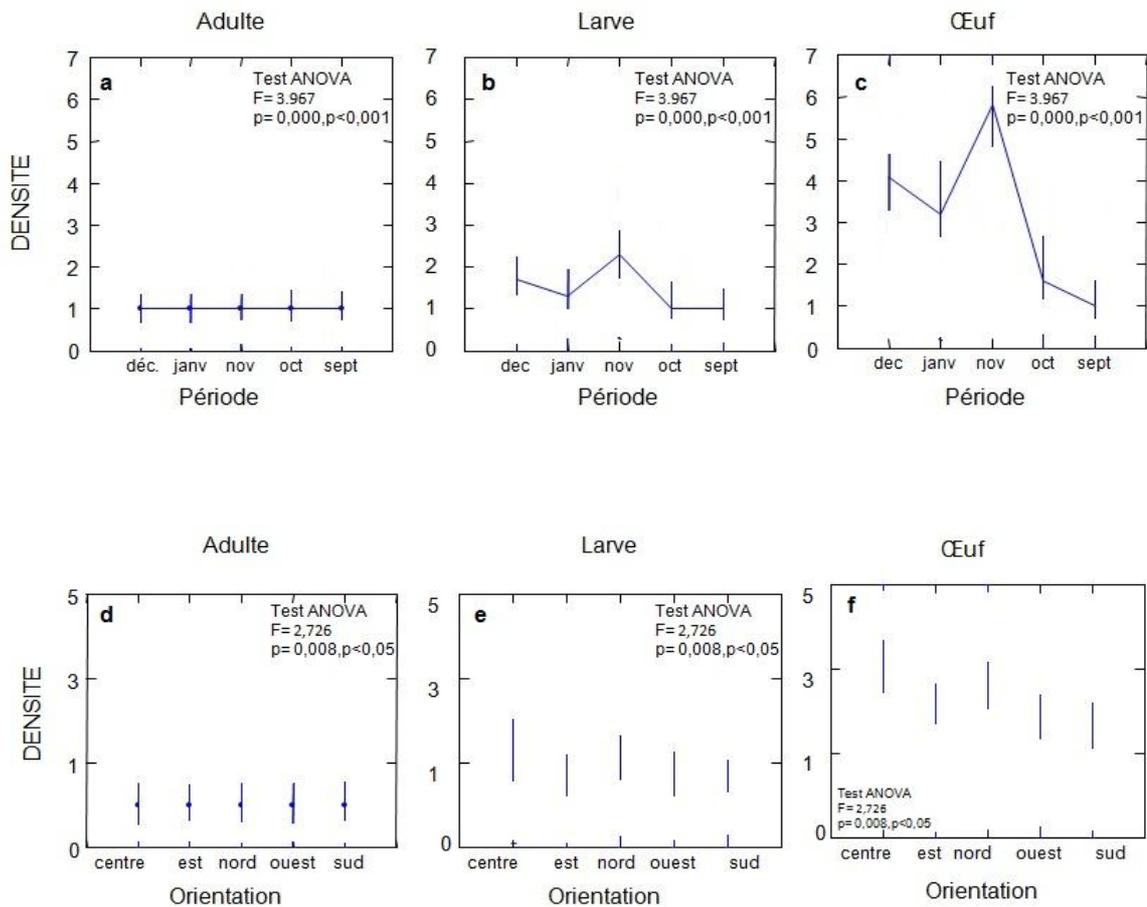


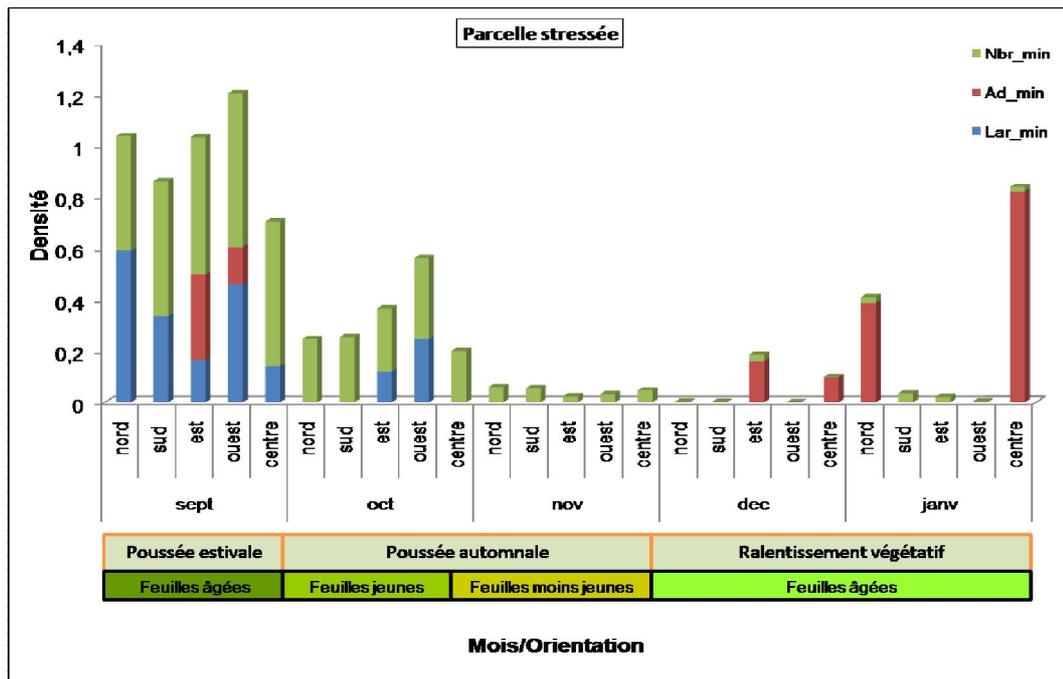
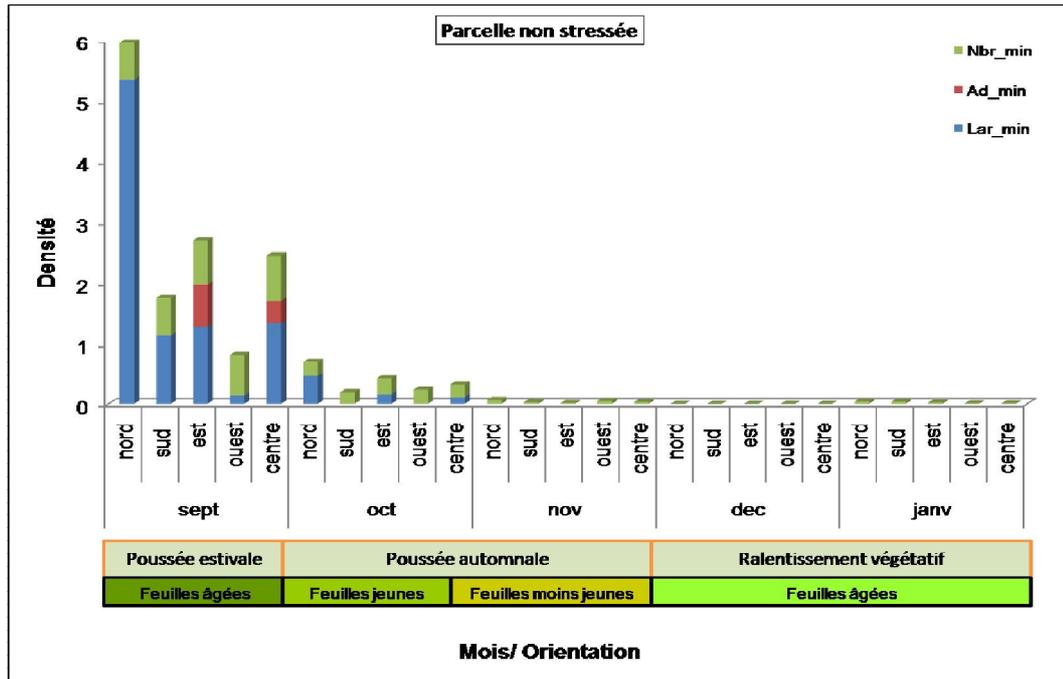
Figure 5.21 : modèle ANOVA appliqué à la variation des taux des effectifs de chaque stade biologique dans le temps et selon les orientations, N=150

5.3.2. Fluctuations spatio-temporelles des stades de la mineuse des feuilles

Durant toute la période de comptage, le suivi de la mineuse des feuilles à travers ses stades biologiques était un peu dure du fait de la difficulté de rencontrer un œuf ou une larve, le stade adulte quant à lui est deviné grâce à la mue imaginale abandonnée sur la feuille à la sortie de la mine au moment du vol de l'adulte, donc, la mineuse des feuilles est mieux représentée par le nombre de mines laissés à la surface foliaire et que nous avons pris en considération dans nos résultats.

Les graphes suivant reflètent la dynamique temporelle des stades de lamineuse des feuilles ; cette dynamique est importante au mois de septembre puis s'affaiblit au mois d'octobre pour presque s'annuler au mois de novembre.

Il est à signaler que la densité des stades de la mineuse et des mines sont plus importants à la parcelle stressée que celle non stressée, avec une activité soudaine en hiver au niveau de la première parcelle mais qui reste faible.



Nbr_min : nombre de mines, Ad_min : adulte mineuse, Lar_min : larve mineuse

Figure 5.22 : Fluctuations spatiotemporelles des différents stades de la mineuse dans les deux parcelles étudiées

Les densités calculées des stades de la mineuse des feuilles montrent une différence non significative entre les deux parcelles (Figure 5.23) négligeant ainsi l'effet des pièges installés. En outre, la densité de la mineuse des feuilles semble être très influencée par le facteur temps et le facteur orientation qui montrent des différences très hautement significatives ; il est à signaler, également, qu'il existe une nette différence entre les densités des différents stades de cet insecte.

NS

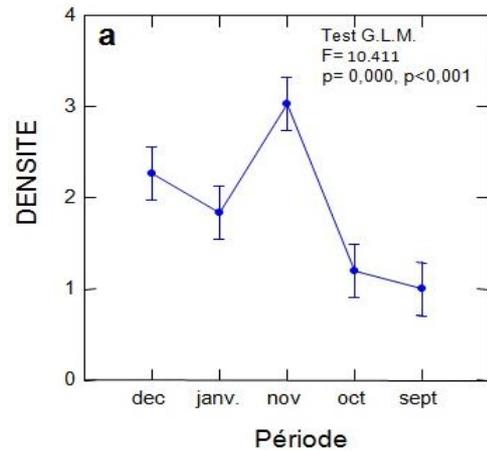


Figure 5.23 : modèle G.L.M. appliqué à la variation de la densité des effectifs de la mineuse des feuilles, N=150

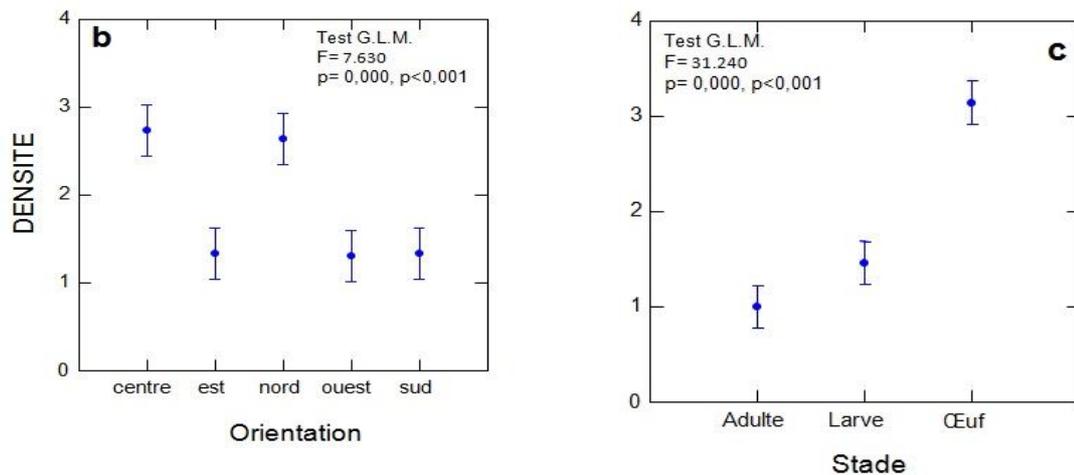


Figure 5.24 : modèle G.L.M. appliqué à la variation de la densité des effectifs de la mineuse des feuilles selon les orientations cardinales et les stades biologiques, N=150

L'analyse de la variance ANOVA avec 150 analyses étudie les interactions période/stade et orientation/stade et dénote que la variation temporelle des stades de la mineuse des feuilles est statistiquement très hautement significative ($F\text{-ratio}=4,344$, $p=0,000$, $p<5\%$) (Tableau) ; et dénote également que la mineuse présente, dans les parcelles étudiées, une préférence pour des orientations par rapport à d'autres notant une différence significative ($F\text{-ratio}=2,289$, $p=0,025$, $p<5\%$).

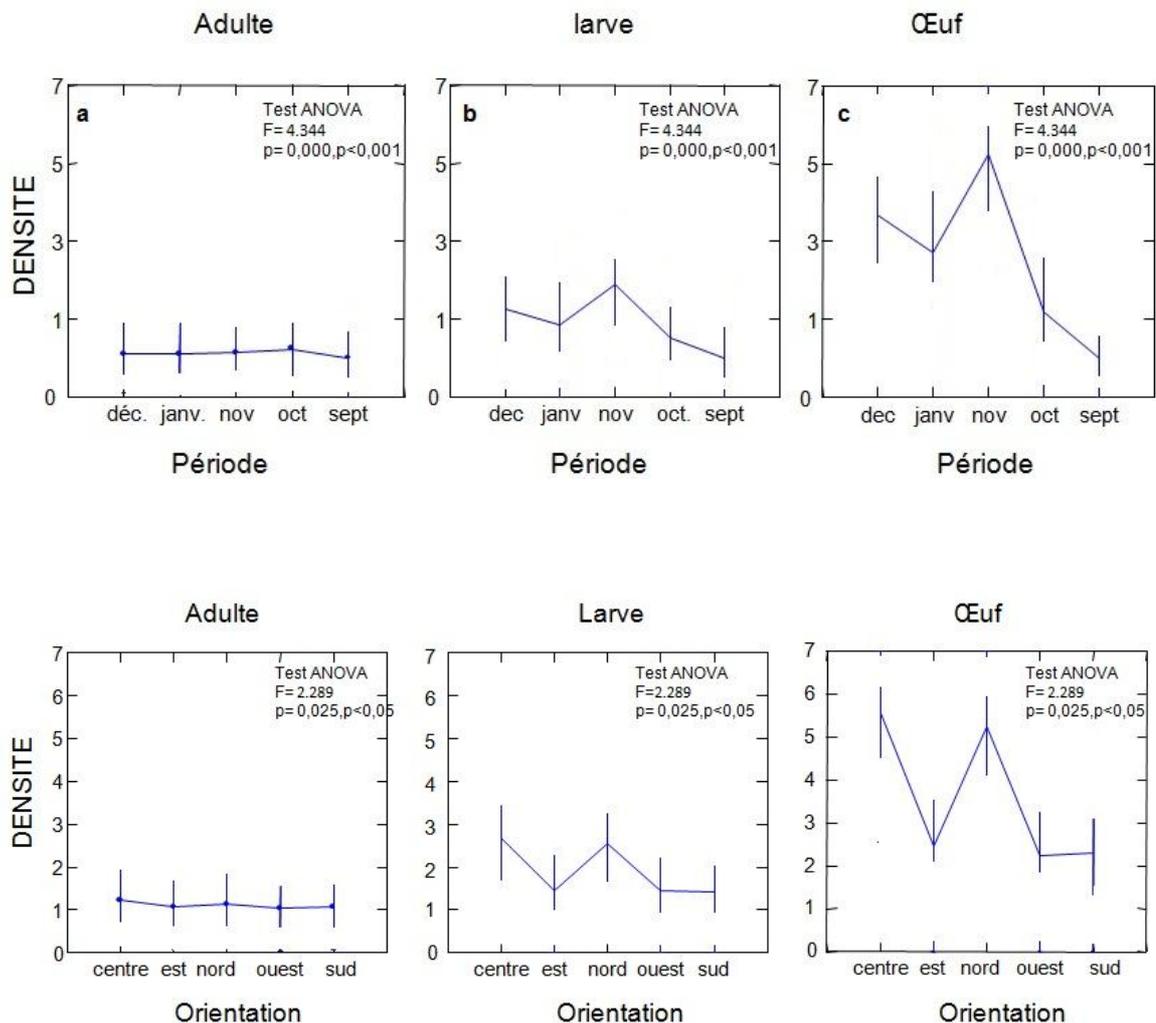


Figure 5.25 : Modèle ANOVA appliqué à l'étude de la fluctuation des stades de la mineuse des feuilles dans le temps et entre les orientations, N=150

L'Analyse en Composantes Principales (A.C.P.) effectuée avec PAST vers 1.95 (Hammer *et al.*, 2001) est satisfaisante dans la mesure où plus de 95 % de la variance sont exprimés sur les 2 premiers axes (figure 5.26).

Cette analyse vient compléter les études précédentes dans le but de mieux cerner la dynamique de la mineuse et de l'aleurode sous l'effet du stress exercé par piégeage.

Pour ce qui est de la parcelle non stressée, l'analyse multivariée montre que la corrélation entre les dynamique de la mineuse et celle de l'aleurode est faible voire même nulle. Nous remarquons que la mineuse s'active plus pendant le mois de septembre par rapport aux autres mois ; quant à l'aleurode, il est plus dynamique de novembre à janvier mais seulement pour des orientations définies.

Pour ce qui est de la parcelle stressée, il n'existe pas de corrélation entre la dynamique des deux ravageurs vue l'éloignement de leurs deux vecteurs qui les correspondent ; les périodes d'activité sont pratiquement les mêmes au niveau des deux parcelles mais elles ne sont pas statistiquement homogènes.

Comparant les deux parcelles, nous déduisons que le stress effectué par piégeage augmente la faille entre la dynamique de la mineuse et de l'aleurode et diminue le nombre des individus dans la parcelle stressée ce qui est traduit dans les graphes par l'éclatement des points qui ont été plus au moins condensés dans la parcelle non stressée.

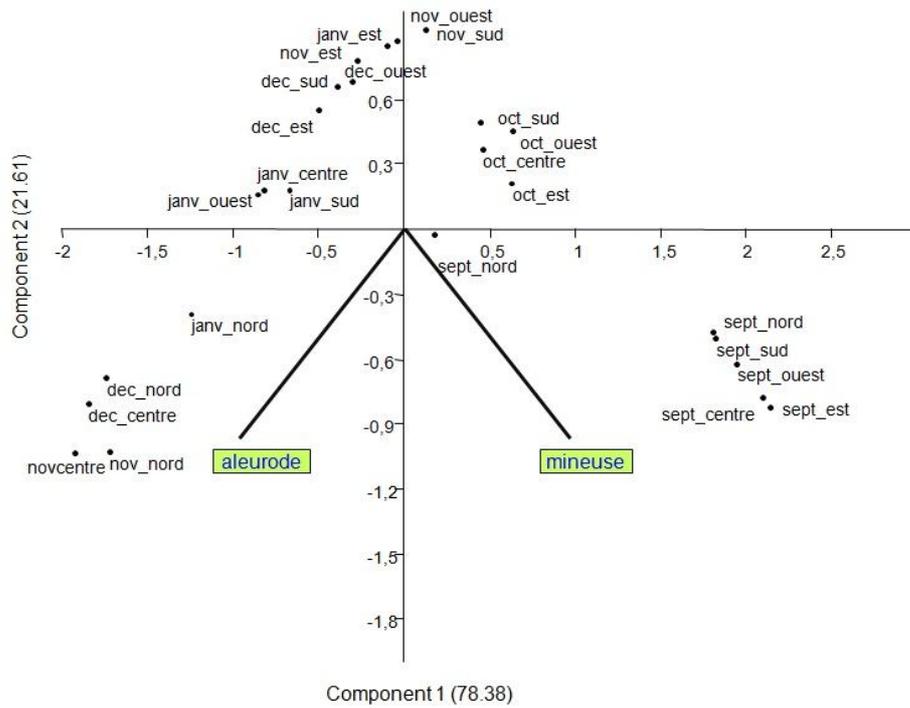


Figure 5.26 : Analyse en composantes principales (A.C.P.) des effectifs de l'aleurode et de la mineuse des feuilles dans la parcelle non stressée

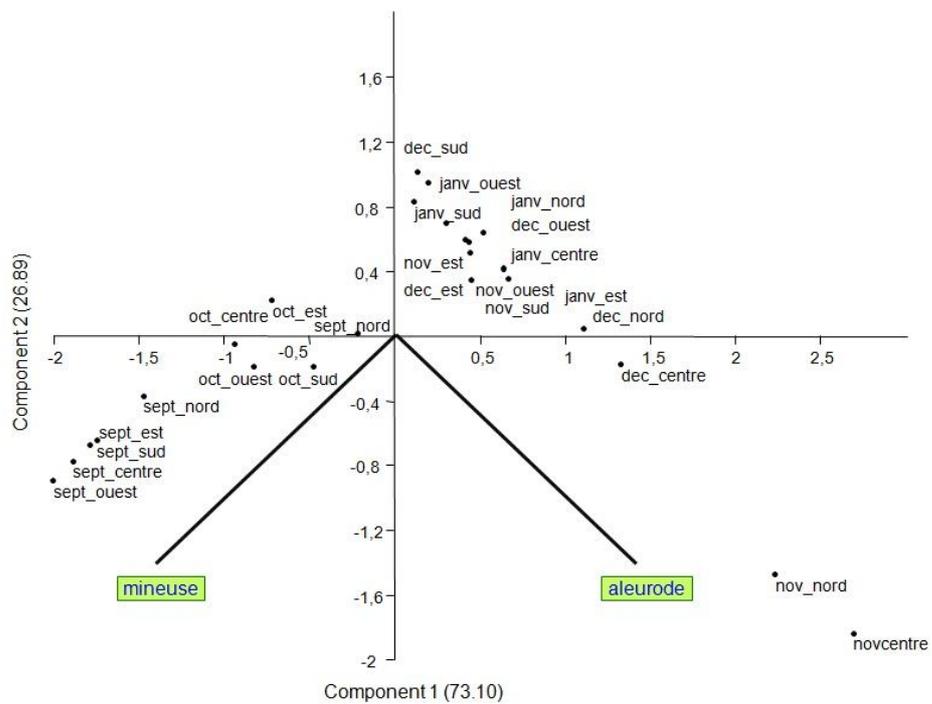


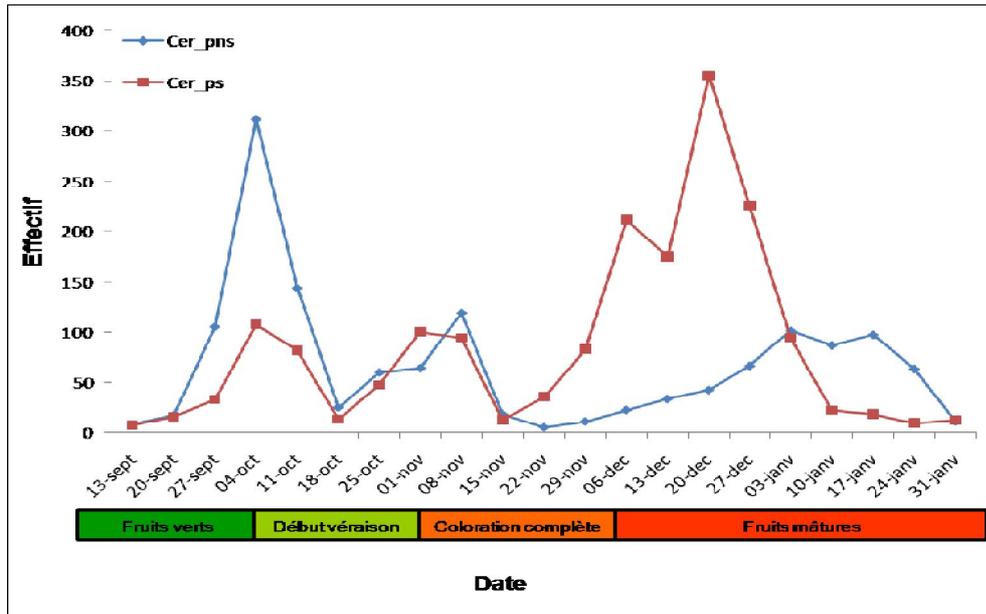
Figure 5.27 : Analyse en composantes principales (A.C.P.) des effectifs de l'aleurode et de la mineuse des feuilles dans la parcelle stressée

5.3.3. Fluctuations spatio-temporelles de la cératite

Les graphes qui suivent correspondent aux fluctuations de la cératite au niveau de la parcelle stressée et la parcelle non stressée, ces derniers ont été réalisés sur la base des captures effectuées par des pièges à phéromones, étant donné que le piégeage est pratiquement la méthode la plus fiable pour le suivi de l'activité des adultes de cette mouche.

Les graphes montrent que les captures sont très importantes en nombre atteignant un maximum de plus de 300 individus et enregistrant quatre principaux pics durant pratiquement quatre périodes de captures.

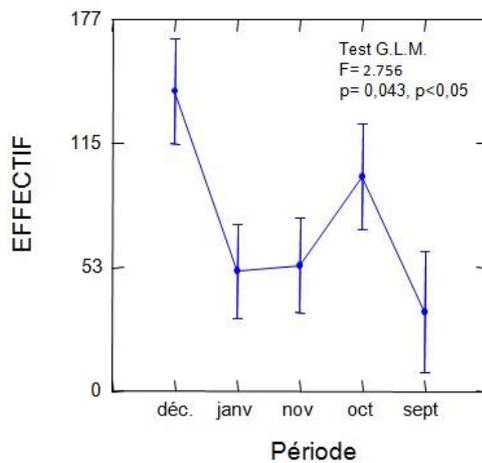
La première période de capture, de la mi-septembre à la mi-octobre, enregistre deux pics pour les deux parcelles, cependant, le pic qui correspond à la parcelle non stressée est plus important que celui de la parcelle stressée ; la deuxième période de capture, qui dure un mois, enregistre deux pics plus au moins similaires pour les deux parcelles ; enfin, la troisième période de capture qui coïncide avec la maturité des fruits est la période de capture la plus importante qui enregistre un taux de capture très important pour la parcelle stressée.



Cer_pns : cératite parcelle non stressée, **cer_ps** : cératite parcelle stressée

Figure 5.28 : Fluctuations des effectifs de la cératite (pièges à phéromones)

Les analyses statistiques montrent que l'activité des vols de cératite est clairement influencée par le facteur temps avec une différence significative, contrairement au facteur parcelle qui, quant à lui, montre une différence non significative.



NS

Figure 5.29 : modèle G.L.M. appliqué à la fluctuation spatiotemporelle des vols de mouche des fruits, N=25

Dans le but de vérifier l'évolution des activités de vol de la cératite sous l'effet combiné du temps et du type de stress, nous avons eu recours à l'analyse de la variance type ANOVA. L'interaction des facteurs période/parcelle dénote que la variation des effectifs de la cératite est statistiquement très hautement significative (Figure 5.).

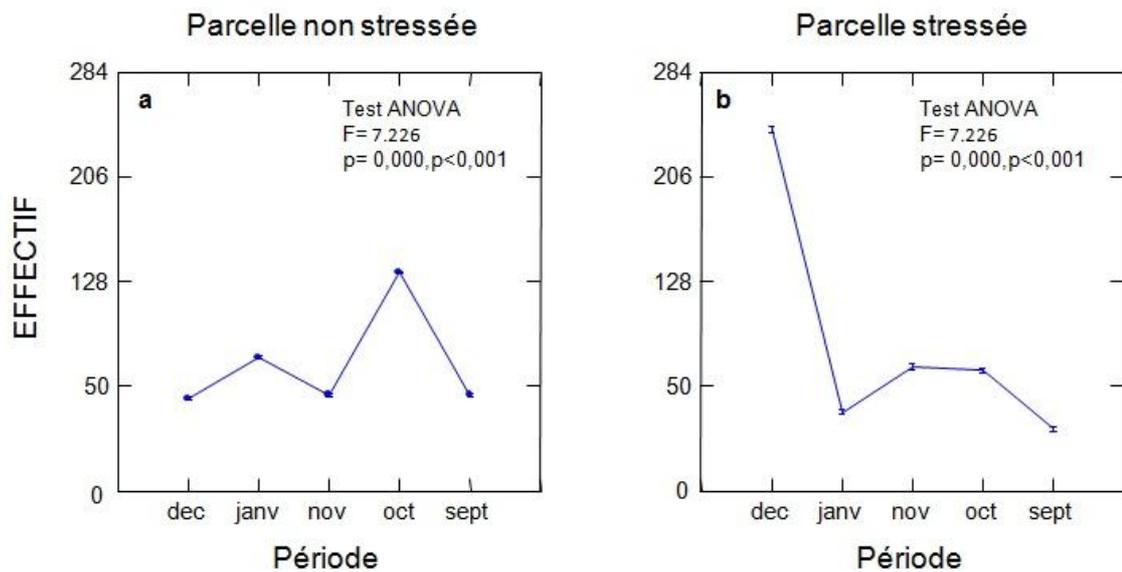


Figure 5.30 : Modèle ANOVA appliqué à l'interaction période/parcelle (N=25)

L'analyse en Composantes Principales effectuée avec PAST vers 1.95 (Hammer *et al.*, 2001) est satisfaisante dans la mesure où plus de 95% de la variance sont exprimés sur les 2 premiers axes (Figure.).

Une vision globale de projection spatiale sur l'analyse multivariée nous permis de distinguer une différence entre la dynamique des individus de la cératite entre la parcelle stressée et la parcelle non stressée par absence de corrélation entre les deux vecteurs qui les correspondent ; la même analyse nous montre les période d'activité de cette mouche des fruits qui sont pour la parcelle non stressée très

importante au mois d'octobre et aussi importante pour la parcelle stressée au mois de décembre (figure V.3).

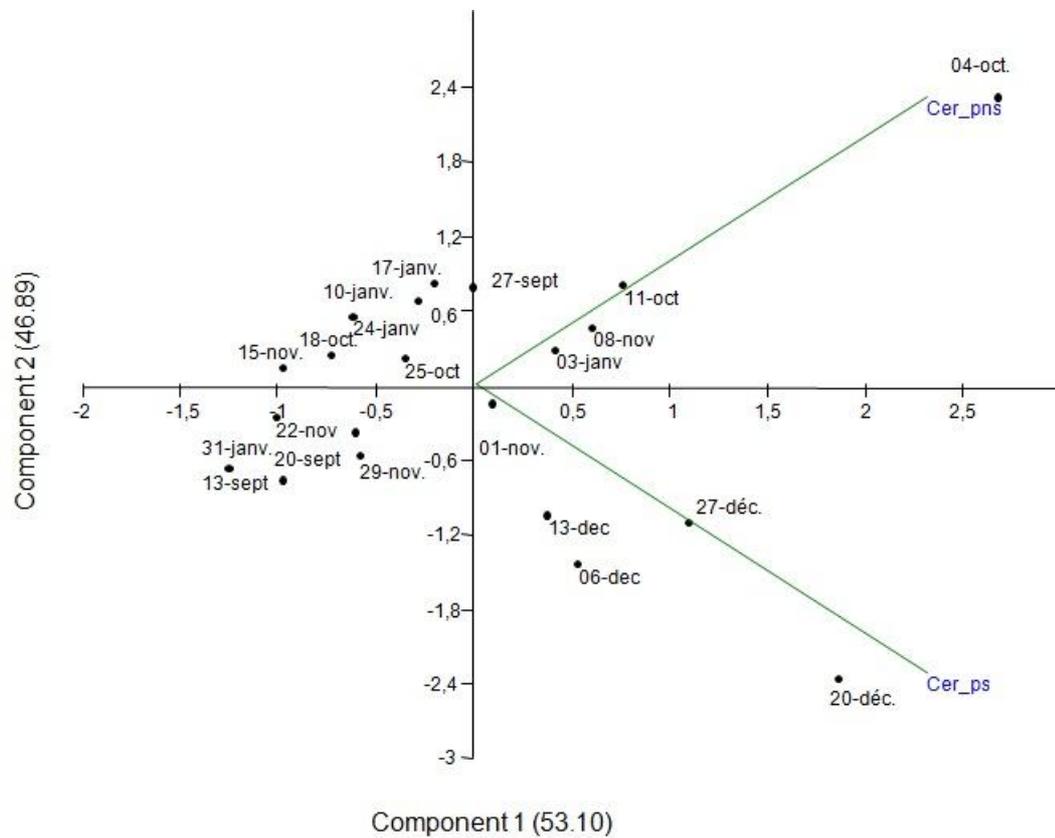


Figure 5.31 : Analyse en composantes principales (A.C.P.) des effectifs de la cératite dans le temps et entre la parcelle stressée et la parcelle non stressée

5.4. Etude des fluctuations spatiotemporelles des ravageurs selon les facteurs abiotiques et biotiques étudiés

5.4.1. Fluctuations des ravageurs selon les facteurs climatiques

En vue de comprendre au mieux le comportement des insectes, nous avons choisis d'étudier l'influence des facteurs abiotiques et écologique d'où l'influence

de la température et de la pluviométrie sur la dynamique des ravageurs étudiés à savoir la mineuse des feuilles, l'aleurode et la mouche des fruits.

Les graphes qui suivent montrent que la mineuse diminue son effectif avec la diminution des températures.

Concernant l'aleurode, celui-ci augmente son effectif de septembre à décembre malgré les chutes de pluies enregistrées et la diminution des températures surtout pendant le mois de novembre, cela jusqu'à janvier où janvier durant lequel, cet insecte, diminue son effectif coïncidant avec les températures les plus faibles de toute la période d'étude.

La cératite quant à elle est directement influencée par la pluviométrie que la température, nous remarquons clairement que l'effectif de cette mouche augmente lorsque la pluviométrie diminue, cela est clairement montré pendant les mois d'octobre et de janvier.

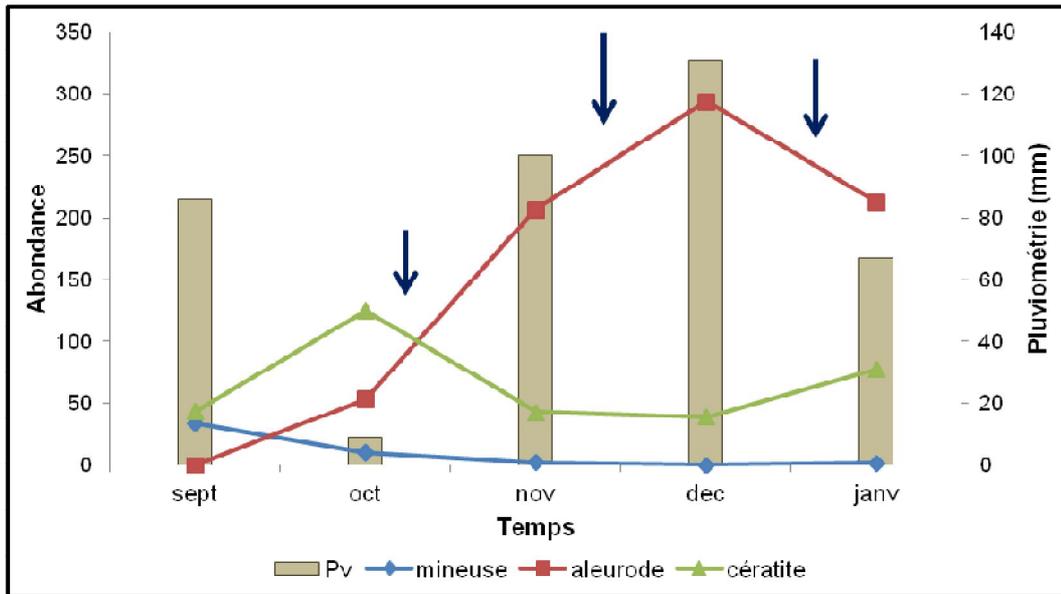


Figure 5.32 : Comparaison des fluctuations des ravageurs avec les moyennes des précipitations mensuelles

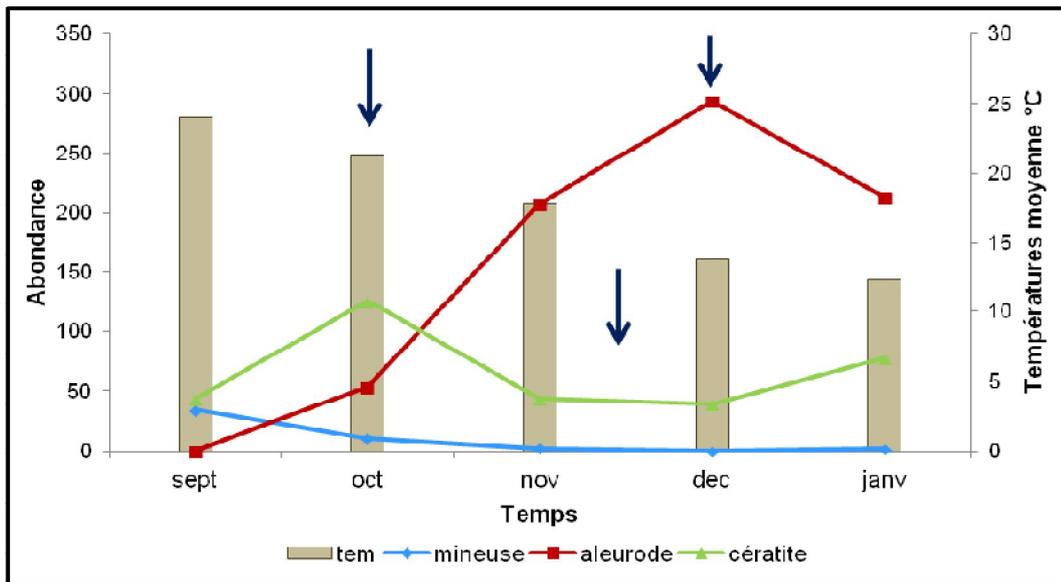


Figure 5.33: Comparaison des fluctuations des ravageurs avec les moyennes des températures mensuelles

La comparaison des fluctuations des insectes étudiés avec les facteurs climatiques, montre que les densités des populations de la mineuse sont corrélés positivement avec la température, les densités des populations de l'aleurode sont corrélés négativement avec la température ; ces derniers ravageurs ne sont pas corrélés avec la pluviométrie ; les densités des populations de la cératite sont corrélés négativement avec la pluviométrie et elles ne le sont pas avec la température.

Tableau 5.5 : Corrélations de Pearson entre les densités des populations des ravageurs étudiés et les facteurs climatiques

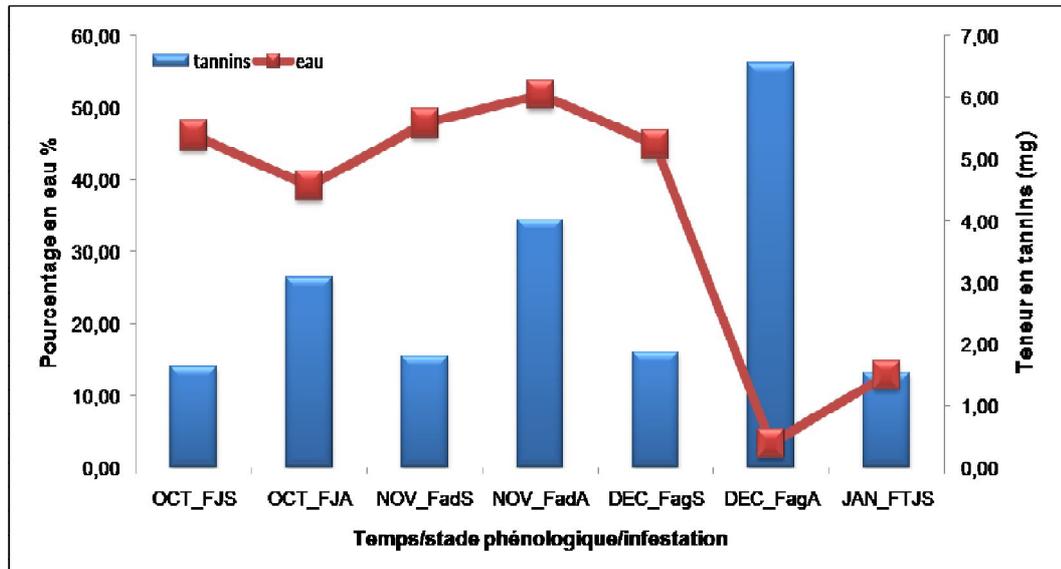
	mineuse	aleurode	cératite	Tem (°C)	Pv (mm)
mineuse	-	0,055452	0,89541	0,0706	0,78683
aleurode	-0,86953	-	0,53028	0,0322	0,27039
cératite	0,082235	-0,37813	-	0,81361	0,013613
Tem (°C)	0,84623	-0,90943	0,14692	-	0,53101
Pv (mm)	-0,16822	0,6142	-0,94927	-0,37751	-

5.4.2. Fluctuations des éléments biochimiques dans les différents compartiments

Des analyses biochimiques ont été effectuées sur les feuilles et les fruits afin de valoriser la défense de la plante, et répartition de ces éléments entre les différents compartiments de la plante.

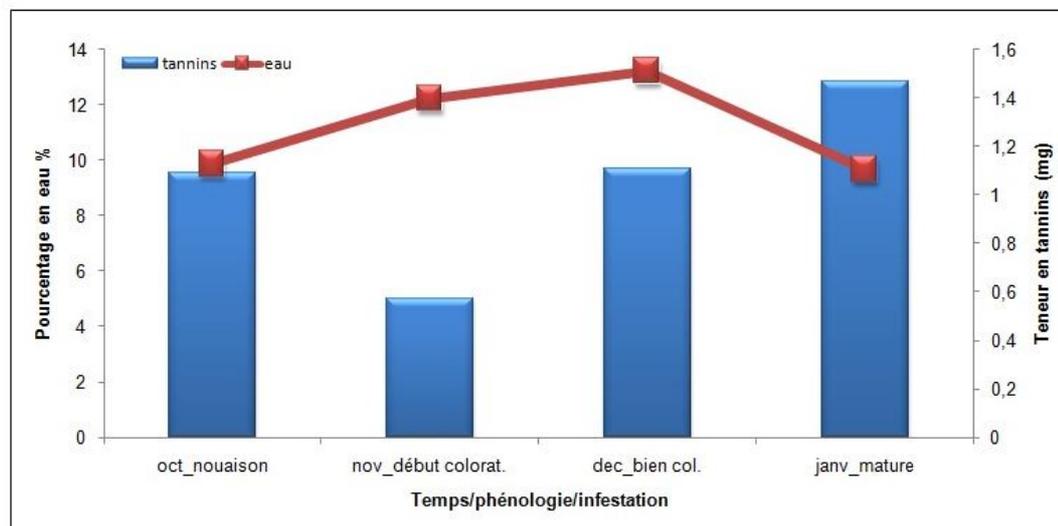
Concernant le compartiment feuille, nous remarquons, d'après les graphes mentionnés ci-dessous, que le pourcentage en eau des feuilles au niveau des feuilles attaquées diminue, cela est démontré pendant le mois d'octobre et le mois de décembre.

Les tanins condensés, contrairement, à l'eau augmentent au niveau des feuilles infestées par rapport aux feuilles saines durant tout les mois et surtout au mois de décembre.



OCT_FJS : octobre_feuilles jeune saine, **OCT_FJA** : octobre_feuille jeune attaquées, **NOV_FadS** : novembre_feuilles adultes saines, **NOV_FadA** : novembre_feuilles adultes attaquées, **DEC_FagS** : décembre_feuilles âgées saines, **DEC_FagA** : décembre_feuilles âgées attaquées, **JAN_FTJS** : feuilles très jeunes saines

Figure 5.34 : Fluctuation temporelle des tannins et de l'eau selon la phénologie et l'infestation du compartiment feuille



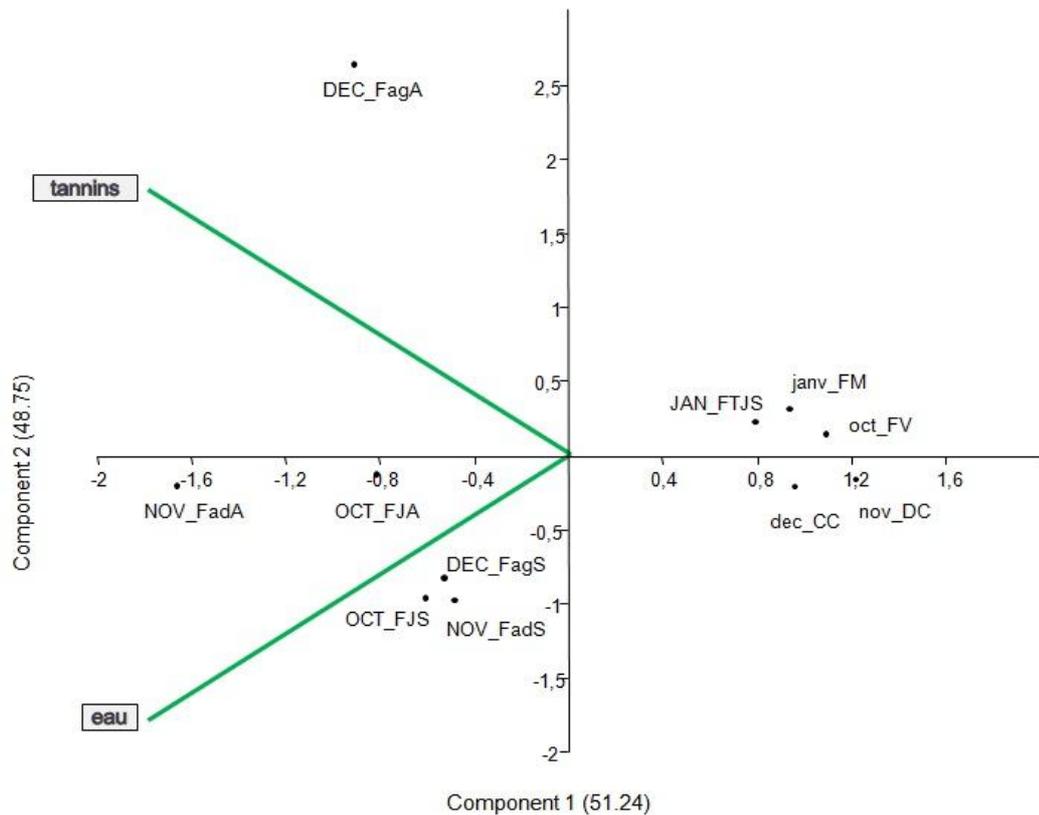
Oct_nouaison : octobre nouaison, **nov_début colorat** : novembre début coloration, **dec_bien col** : décembre bien coloré, **janv_mature** : janvier mature

Figure 5.35 : Fluctuation temporelle des tannins et de l'eau selon la phénologie et l'infestation du compartiment fruit

L'analyse en Composantes Principales effectuée avec PAST vers 1.95 (Hammer *et al.*, 2001) est satisfaisante dans la mesure où plus de 95% de la variance sont exprimés sur les 2 premiers axes(Figure,).

Cette analyse montre que la plante distribue de façon différente les tanins condensés et l'eau et il n'existe pas de corrélation entre ces deux éléments qui évoluent différemment dans la plante.

La même analyse montre que les tanins se prononcent au niveau des organes atteints que ceux sains. L'eau est plus présente au niveau des organes jeunes que ceux plus âgés.



OCT_FJS : octobre_feuilles jeune saine, **OCT_FJA** : octobre_feuille jeune attaquées, **NOV_FadS** : novembre_feuilles adultes saines, **NOV_FadA** : novembre_feuilles adultes attaquées, **DEC_FagS** : décembre_feuilles âgées saines, **DEC_FagA** : décembre_feuilles âgées attaquées, **JAN_FTJS** : feuilles très jeunes saines, **Oct_nouaison** : octobre nouaison, **nov_début colorat** : novembre début coloration, **dec_bien col** : décembre bien coloré, **janv_mature** : janvier mature

Figure 5.36 : Analyse en composantes principales (A.C.P.) des teneurs en tannins et des pourcentages en eau

Nous avons appliqué le modèle général linéaire (G.L.M.), aux teneurs des tannins et aux pourcentages de l'eau des feuilles et des fruits de manière à étudier les variations de ces deux éléments importants et les différences qui existent entre les compartiments d'un même arbre et entre l'état d'infestation d'un même compartiment.

Les analyses statistiques démontrent que les teneurs en tannins ne varient pas dans le temps et entre les parcelles, cependant et au sein d'un même arbre les

teneurs en tanins varient entre les compartiments feuille et fruit et pour un même compartiment cet élément varie entre un organe sein et un organe infesté.

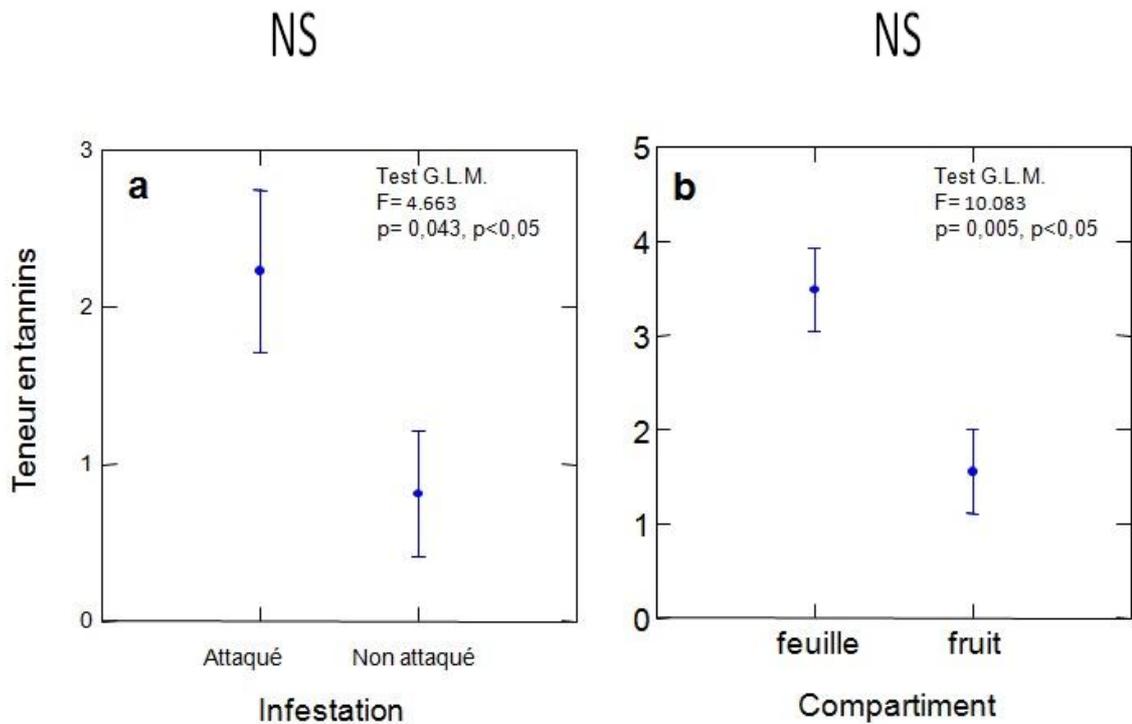


Figure 5.37 : Modèle G.L.M. appliqué aux teneurs des tanins (N=28)

Dans la même optique, le test ANOVA vient confirmer la différence en tanins qui existent entre un même compartiment agressé et non agressé, en analysant les interactions entre les facteurs infestation et compartiment en ressortant une différence hautement significative.

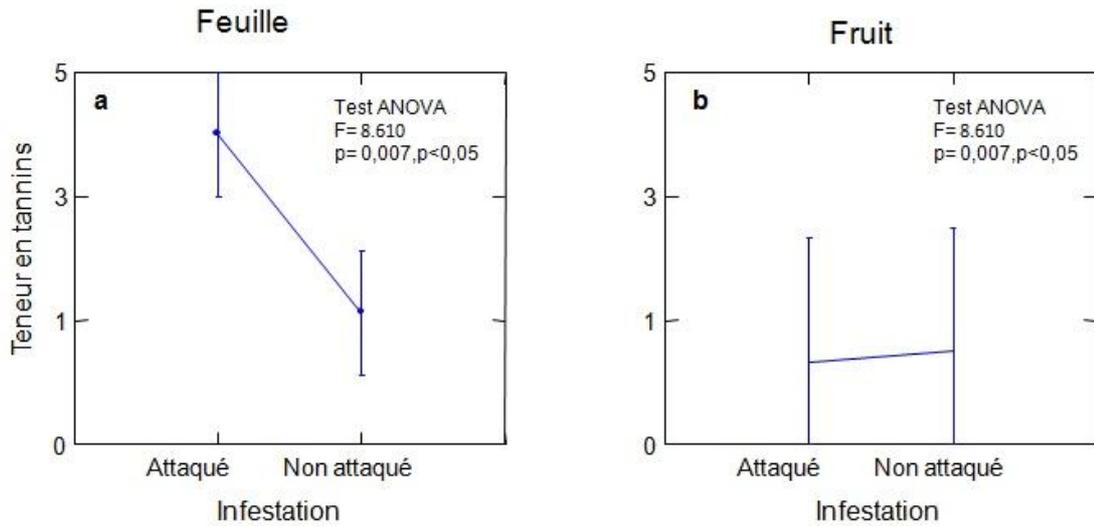


Figure 5.38 : Modèle ANOVA appliqué aux teneurs des tannins entre l'infestation de chaque compartiment (N=28)

Le modèle G.L.M. qui permet d'étudier l'effet strict des différents facteurs sans faire intervenir les interactions entre facteurs.

Ce modèle est appliqué au pourcentage en eau des compartiments et nous a permis de déceler que la composition en eau des feuilles et des fruits ne varie pas dans le temps, ni entre les parcelles, ni selon l'infestation, en revanche la teneur en eau varie avec une différence hautement significative entre les fruits et les feuilles.

NS

NS

NS

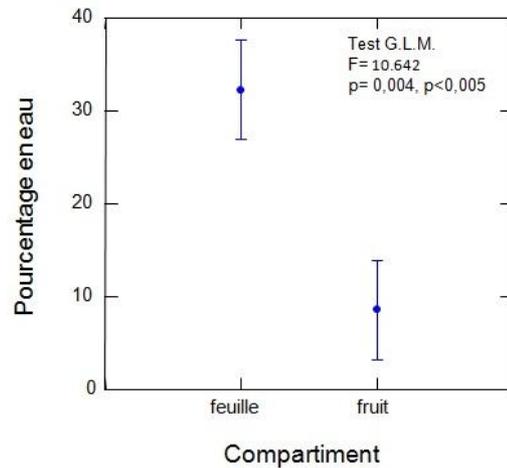


Figure 5.39 : Modèle G.L.M. appliqué aux pourcentages de l'eau des compartiments

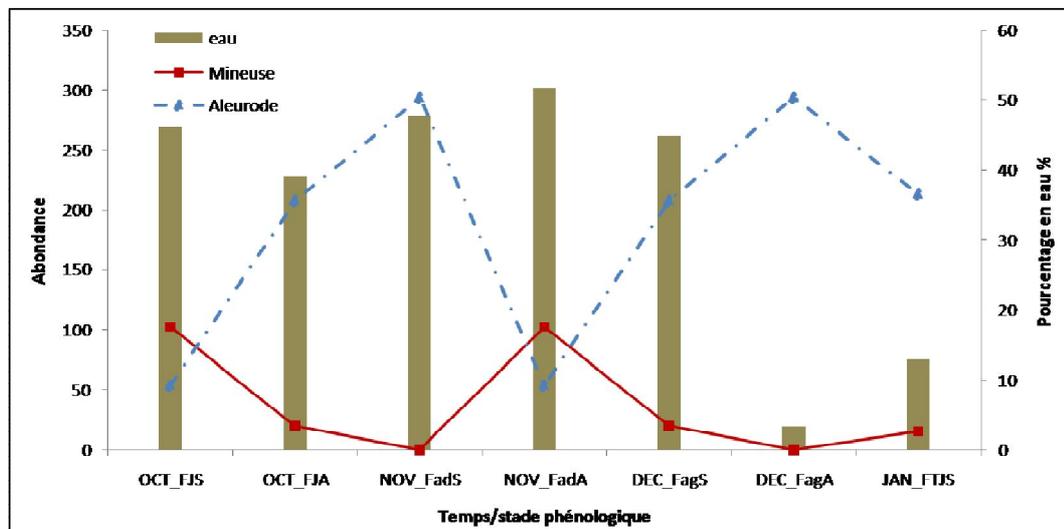
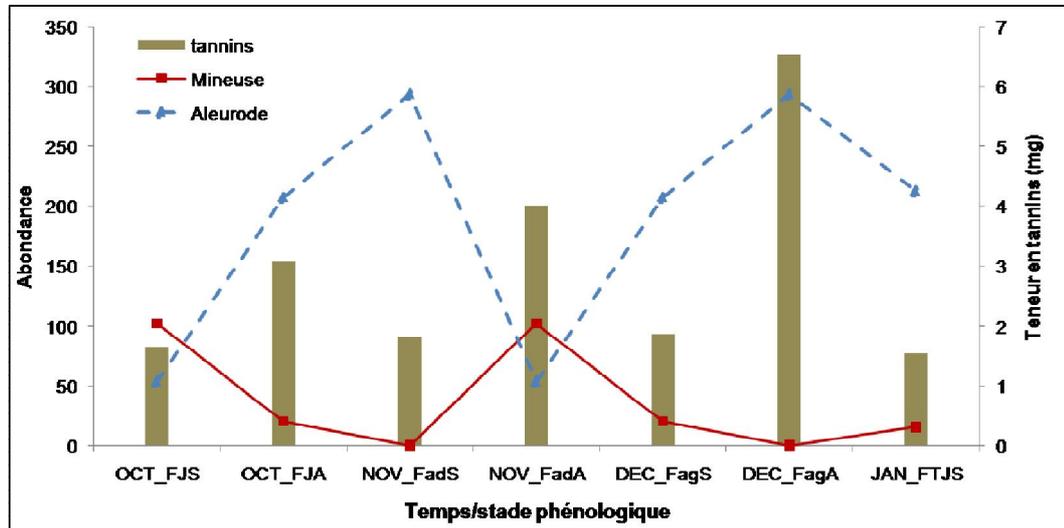
5.4.3. Fluctuations des ravageurs selon les teneurs en tanins condensés et les pourcentages en eau

Les figures suivantes superposent les fluctuations des ravageurs étudiés avec les teneurs en tanins condensés et les pourcentages en eau des feuilles et des fruits.

5.4.3.1. Sur le compartiment feuille

Concernant la mineuse des feuilles, nous déduisant, d'après les graphes, qu'il n'existe pas de liaison entre sa dynamique et les fluctuations des teneurs en tanins condensés ; pour l'eau, nous pouvons constater que *Phyllocnistis citrella* ne préfèrent pas les organes âgés qui sont pauvres en eau.

La même chose est notée pour l'aleurode qui ne montre aucune influence sous les fluctuations des teneurs en tanins et sous les pourcentages en eau.



OCT_FJS : octobre_feuilles jeune saine, OCT_FJA : octobre_feuille jeune attaquées, NOV_FadS : novembre_feuilles adultes saines, NOV_FadA : novembre_feuilles adultes attaquées, DEC_FagS : décembre_feuilles âgées saines, DEC_FagA : décembre_feuilles âgées attaquées, JAN_FTJS : feuilles très jeunes saines

Figure 5.40 : Superposition des effectifs de la mineuse et de l'aleurode aux teneurs des tanins et des pourcentages en eau des feuilles

Si l'on compare les teneurs en tanins condensés et les pourcentages en eau des feuilles avec les densités des ravageurs, nous retrouvons qu'il n'existe aucune corrélation entre ces facteurs.

Tableau 5.6 : Corrélations entre les densités de l'aleurode et de la mineuse et les teneurs en tanins et les pourcentages en eau des feuilles

	tannins	eau	Mineuse	Aleurode
tannins	-	0,25728	0,79892	0,64061
eau	-0,49628	-	0,21754	0,22279
Mineuse	-0,11929	0,53345	-	0,00012757
Aleurode	0,21676	-0,52837	-0,97857	-

5.4.3.2. Sur le compartiment fruit

Selon les graphes, nous notons que les effectifs de la cératite n'ont pas de suite logique avec l'évolution des pourcentages en eau, par contre, et pour ce qui est des tanins condensés, nous déduisons que lorsque l'effectifs de la mouches diminue les teneurs en tanins diminuent et vis versa.

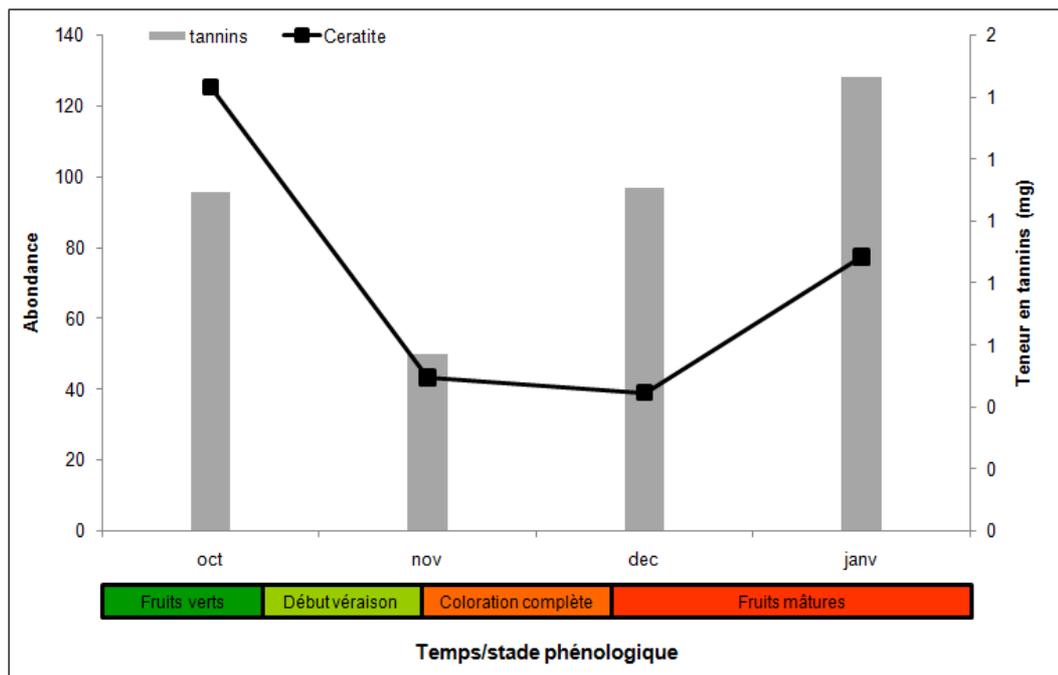
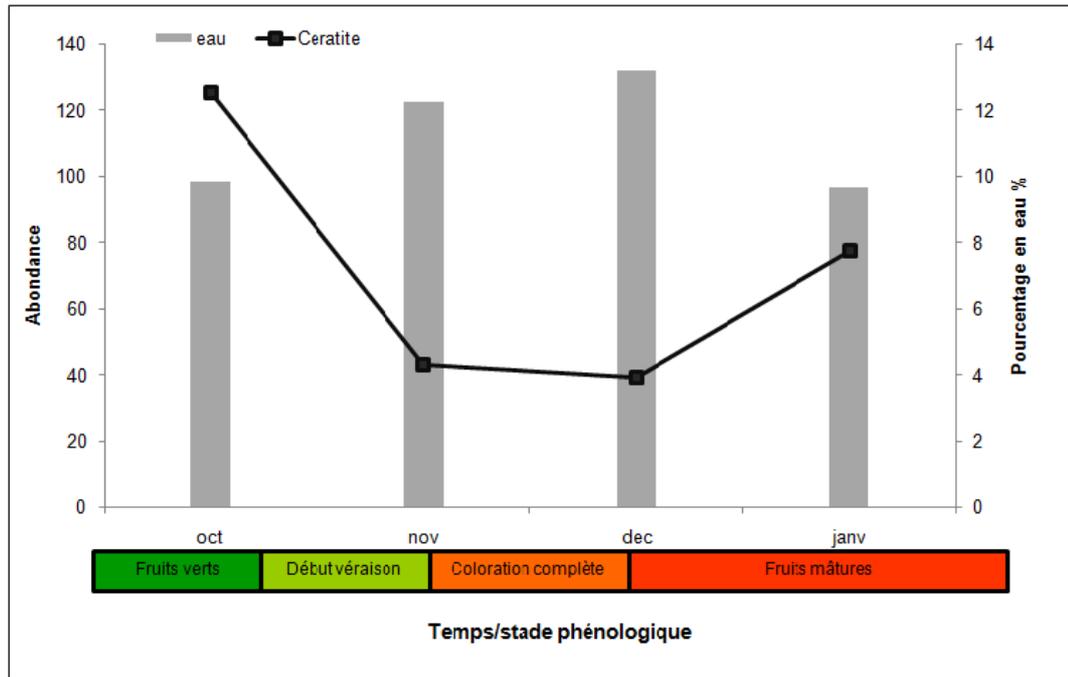


Figure 5.41 : Superposition des effectifs de la mouche des fruits aux teneurs des tannins et des pourcentages en eau des fruits

La comparaison entre les teneurs en tanins condensés et les pourcentages en eau des fruits avec les effectifs de la cératite, nous retrouvons qu'il n'existe aucune corrélation entre ces facteurs.

Tableau 5.7 :Corrélations entre les effectifs de la cératite et les teneurs en tanins et les pourcentages en eau des fruits

	tannins	eau	Ceratite
tannins	-	0,44852	0,63286
eau	-0,55148	-	0,16524
Ceratite	0,36714	-0,83476	-

CHAPITRE 6

DISCUSSION GENERALE

L'expérience acquise dans les problèmes de lutte en verger nous amène aujourd'hui à considérer le verger d'agrumes et la faune qui l'habite, comme un ensemble où les interventions, quelque soit leur nature, contre un ravageur donné, doivent prendre en considération l'état cet ensemble [140]. La mineuse des feuilles, l'aleurode floconneux et la mouche des fruits sont des insectes ravageurs qui peuplent de façon importante, pratiquement, tous les vergers d'agrumes, bien que leurs attaques varient d'une variété à une autre ; dans ce sens, le but de ce travail est d'étudier les fluctuations de ces trois fléaux en comparant leurs comportements sous l'effet d'un stress exercé par piégeage et vis-à-vis la réaction défensive de la plante hôte.

La présente étude vient, dans un premier temps, évaluer le système de piégeage installé comparant ainsi les deux types de piège utilisés ; dans le cadre de cette investigation, les résultats obtenus ont montré que l'aleurode est l'insecte le plus capturé par le piège delta et que la cécidomyie est plus capturée par le piège à phéromone ; comparant les deux parcelles, nous constatons que le nombre brut des individus des ravageurs capturés au niveau de la parcelle stressée est plus important que celui qui est enregistré au niveau de la parcelle non stressée ; dans un deuxième contexte, les résultats des captures, qui reflètent l'activité des vols des ravageurs, ont montré qu'il y a une différence entre l'apparition des ravageurs

et un décalage temporel entre les vols de ces derniers au sein d'une même parcelle et entre les parcelles.

De ce fait, on peut émettre l'hypothèse que les captures des insectes qui diffèrent sont dépendantes du type du piège et sa contenance en phéromone ou non, de ce fait, les captures qui représentent un stress pour les insectes influent sur leur comportement vue le décalage temporel différent qui existe entre les vols insectes comparant les deux parcelles.

Le recours aux pièges à phéromone ou aux pièges visuels fournit de l'information sur l'activité des ravageurs et sur leur nombre. Les pièges peuvent servir à valider les modèles de degrés-jours, lesquels prévoient l'émergence des insectes. Les pièges à phéromone sont des pièges encollés garnis d'une hormone sexuelle femelle qui attire les mâles adultes. Les différents leurres phéromonaux sont spécifiques aux espèces à piéger. Utiliser les pièges à phéromone pour déterminer la présence ou l'absence d'ennemis et le premier vol substantiel ou les pics d'activité de certains ennemis. Les pièges visuels jaunes ou verts encollées attirent certains insectes parce qu'ils leur offrent un stimulus visuel. Ces pièges peuvent servir à révéler la présence et l'abondance relative d'un insecte.

Devant l'incapacité de la lutte chimique, plusieurs auteurs se sont penchés sur la combinaison des facteurs pouvant affecter les populations des ravageurs tels que les stimuli olfactifs et visuels. Le piégeage de masse consiste à l'utilisation de cet ensemble de stimuli par le biais d'un grand nombre de pièges en vu de réduire au maximum la population adulte de l'insecte visé.

Afin de rendre ces méthodes alternatives plus efficaces, il est pertinent, entre autre, de suivre les stades précoces des attaques de bioagresseurs des cultures. En effet, cette phase est une étape clé dans la compréhension des mécanismes sous-tendant le déclenchement et les dynamiques de propagation des bioagresseurs.

Les chercheurs de l'INRA de l'Unité de Recherches Intégrées en horticulture de Sophia Antipolis ont donc développé une méthode automatisée permettant de détecter les bioagresseurs, de les compter, de les localiser, et d'établir ainsi un suivi précis du stade précoce en permettant d'agir de façon ciblée et sans retard.

Cette méthode est basée sur l'utilisation des pièges englués colorés, qui sont un moyen très courant pour attirer et capturer les insectes volants dans le but de les identifier et de les dénombrer. Elle a été particulièrement développée pour compter les aleurodes adultes, les thrips et les pucerons. Aujourd'hui, la méthode en tant que telle s'appuie sur des logiciels et matériels la rendant opérationnelle. Pour une utilisation industrielle, des développements complémentaires sont à envisager.

Cette méthode présente l'avantage d'être extrêmement simple, précise et rapide. Son utilisation en tant qu'outil d'aide à la décision permettrait d'optimiser les moyens de lutte contre les bioagresseurs de culture en fonction des conditions biotiques d'une culture dans un contexte d'agriculture biologique et/ou d'agriculture en Protection Biologique [141].

Le principe du piège à phéromone repose sur la réponse des mâles à l'émission d'une phéromone par la femelle avant l'accouplement. Les individus attirés par une phéromone synthétique ou par une femelle non-fécondée sont capturés par des dispositifs variés. Le piège delta est basé sur l'attraction visuelle des insectes par les couleurs les résultats de ce type de piégeage donnent donc une image biaisée de la communauté réelle. Cependant, vu que le piège delta était dépourvu de phéromone les captures étaient plus au moins faibles [142 ; 143].

L'utilisation des pièges Mcphail appâtés avec des attractifs alimentaires et des chimiostérilisants réduit significativement l'infestation. Le contrôle par les pièges englués à attractifs alimentaires réduit aussi bien la densité de la population que le taux d'infestation des fruits sous certaines conditions [144].

Les pièges appâtés à l'attractif alimentaire et à la phéromone sexuelle capturent plus de femelles que ceux appâtés uniquement à la phéromone. Pour ceci les modèles mathématiques de BARCLAY *in* FELLAH [144], montrent qu'en piégeage de masse la combinaison des deux types d'attractifs sur le même piège augmente son efficacité.

D'autres auteurs concluent après un essai de piégeage de masse, que cette technique peut être utilisée à la place des traitements insecticides pour le contrôle de la mouche des fruits, mais ayant l'inconvénient de n'être dirigée que vers le stade mobile du ravageur et qu'elle n'est efficace qu'en cas de vergers isolés où le risque de ré invasion est minimisé [145].

En Tunisie, les captures étaient 4 à 5 fois plus importantes dans la parcelle traitée par le piégeage de masse. Les niveaux d'infestation étaient relativement faibles; de l'ordre de 9,6% correspondant à des réductions des piqûres de l'ordre

de 82% et 89 % par rapport aux parcelles traitées chimiquement et aux témoins [145].

La mineuse des feuilles des agrumes est responsable de nombreux dégâts sur les jeunes arbres (en pépinière ou au champ) où elle creuse des galeries dans les jeunes feuilles, ralentissant considérablement leur développement.

La mise en place d'une stratégie de lutte à l'échelle du verger est complexe car les générations sont difficiles à repérer. L'évaluation de systèmes de piégeage pour identifier les pics de présence et le suivi du cycle biologique constituent une priorité pour l'optimisation de la lutte chimique sur jeune verger.

Concernant le système de piégeage, il paraît efficace pour repérer les générations et positionner le traitement. La durée d'action de la paraphéromone en condition climatique difficile est de 3 semaines [145].

L'étude de l'évolution spatiotemporelle globale des ravageurs étudiés montre que les pics enregistrés au niveau de la parcelle stressée sont plus nombreux que ceux enregistrés au niveau de la parcelle non stressée, avec une dynamique qui diffère entre les insectes, cette dernière montre que, durant la première période c'est la mineuse qui domine avec absence de l'aleurode, puis la situation s'inverse presque tout le reste de la période d'étude ; cependant, il existe une courte période durant laquelle les deux ravageurs cohabitent au même temps avec un chevauchement de leurs effectifs ; l'ordre d'arrivée, calculé sur les dénombrement des insectes montre que les insectes, au niveau de la parcelle non stressée se manifestent différemment par rapport à la parcelle stressée.

Dans ce contexte, nous supposons que, dans un biotope donné, les insectes, qui sont obligés de partager l'habitat et la source alimentaire, développent une relation compétitive entre eux qui fait que, selon la biologie de chacun, les insectes, organisent un certain calendrier durant lequel ils se manifestent, d'où l'appellation d'insecte primaire ou pionnier et d'insecte secondaire. Nous supposons également que le stress exercé sur les ravageurs influe sur leur structuration d'où la différence existante entre les deux parcelles.

La réponse au stress désigne un ensemble de réactions comportementales et physiologiques permettant de maintenir l'homéostasie de l'organisme face à une situation défavorable. Cet ensemble de réactions a été appelé « Syndrome Générale d'Adaptation » (General Adaptation Syndrome ou GAS). Ce syndrome observé chez les animaux et les plantes comprend trois étapes. Une phase d'alarme ou phase initiale de réponse, suivie par une phase de résistance au cours de laquelle l'organisme essaie de s'adapter à la perturbation et de rétablir l'homéostasie. Chez les insectes, des stimuli appelés cognitifs, sont des facteurs de stress abiotique ou biotique, perceptibles par les organes de sens.

Considérer l'ensemble des activités des Insectes dans leur milieu naturel, dans leur habitat, par rapport à celui-ci comme par rapport aux fonctions vitales qu'ils doivent accomplir, c'est vouloir interpréter leur psychisme, beaucoup plus que de faire œuvre de physiologiste, quoique ici encore, les biologistes modernes aient inventé la « psychophysiologie » pour s'efforcer de normaliser ce qui pourrait paraître irrationnel et éviter pudiquement de se référer aux seuls « instincts », puisque tous les actes ou « modes de comportement » sont édifiés dans le système nerveux, même nous ne le comprenons pas toujours. Logiquement, l'étude du système nerveux et de l'influx nerveux devrait donc précéder celle du

comportement proprement dit. Une espèce biologique occupe une aire de répartition qui lui est propre, qui peut être constituée de plusieurs types d'environnements. Les forces évolutives qui s'exercent sur un ensemble d'individus dans un environnement donné (une population) entraînent une adaptation à l'environnement local. De ce fait, on constate que les populations qui occupent des environnements différents ont tendance à diverger les unes des autres d'un point de vue génétique et phénotypique [146]. Cette règle a notamment été illustrée par le phénomène de renforcement qui peut conduire à la spéciation [147].

Les espèces invasives, telle que la cératite dans notre cas, peuvent être définies comme des espèces exotiques qui s'étendent à partir d'un point d'introduction situé en dehors de leur aire de répartition et deviennent abondantes. De par leur impact sur la biodiversité, les invasions biologiques sont de plus en plus considérées comme l'une des composantes du changement global [148].

Une fois une espèce exotique établie, son éradication est souvent impossible et la mise en place de méthodes de lutte, quand elle est possible, est souvent difficile et coûteuse [149]. La prédiction des invasions représente donc un enjeu important [150 ; 151 ; 149 ; 152].

Les espèces envahissantes sont décrites comme ayant une fécondité et un taux d'accroissement naturel élevé, une bonne survie, et une large niche climatique [153 ; 149]. Être invasif ou non-invasif n'est pas une propriété absolue d'une espèce, mais plutôt une rencontre entre les traits des espèces et ceux des composantes de la communauté destinataire. De toute évidence une espèce n'est capable d'envahir que des milieux où les conditions biotiques et abiotiques lui sont

favorables. En particulier, la composition de la communauté résidente, en termes d'ennemis naturels, de ressource et de compétiteurs, détermine l' « opportunité de niche » de l'envahisseur [154].

D'après le modèle conventionnel de la théorie de la niche écologique, le premier déterminant de la compétition interspécifique est le chevauchement dans les ressources utilisées. Deux espèces, tel que l'aleurode et la mineuse, qui ont des niches fondamentales (niches potentielles occupées en l'absence de compétiteurs) similaires seront fortement en compétition lors de la première rencontre. Cette interaction compétitive peut avoir deux conséquences: soit un déplacement écologique, par lequel une ou les deux espèces se déplacent ou réduisent leur niche jusqu'à ce que la coexistence devienne possible, soit l'exclusion d'une des espèces [155 ; 156]. Ainsi, en pratique, la compétition interspécifique tend à se détruire elle-même, une compétition interspécifique forte ne peut être observée que durant des situations de dynamique d'interaction transitoires, et non entre des espèces en phase de coexistence stable. A cet égard, les situations de non-équilibre, comme dans le cas des invasions biologiques, fournissent une opportunité unique d'observer la compétition en action.

La compétition interspécifique est définie comme une réduction de la fécondité individuelle, de la survie, ou de la croissance résultant de l'exploitation commune des ressources ou de l'interférence avec des individus d'une autre espèce [157]. Deux types de compétition sont généralement reconnus. La compétition par exploitation n'implique pas le comportement et se produit quand les ressources sont insuffisantes pour les individus des deux espèces [158 ; 159 ; 157]. La ressource utilisée par une espèce réduit sa disponibilité pour les autres. Dans la compétition par interférence, par son comportement, une espèce prive une autre

espèce d'accès à la nourriture ou aux sites de vie. Ceci peut se produire même quand la ressource est en quantité suffisante.

La plupart des études sur la compétition sont descriptives et concernent rarement plus de deux espèces: l'augmentation de la densité d'une espèce est accompagnée par la diminution de la densité d'une deuxième espèce. Un grand nombre d'expériences ont donc mesuré l'importance de la compétition par la modification des abondances [160 ; 161 ; 155]. Les mécanismes à l'œuvre dans la compétition sont souvent peu connus et peuvent être spécifiques de chaque paire d'espèces en compétition. Une autre approche, bien qu'indirecte, est d'identifier des traits chez les espèces, qui peuvent être utilisés pour prédire le déplacement compétitif. Les stratégies d'histoire de vie et les traits de comportement sont ainsi deux déterminants importants de la compétition chez les insectes [162].

Par ailleurs, l'importance de la compétition interspécifique a été très discutée en écologie spécialement au niveau de son rôle dans la structure des communautés d'insectes phytophages [163 ; 156 ; 164 ; 165 ; 160]. Des revues bibliographiques récentes démontrent que la compétition interspécifique est largement répandue chez les insectes [166 ; 167 ; 168]. Dans leur revue sur les déplacements compétitifs chez les insectes et arachnides, Reitz & Trumble [168], montrent que ceux-ci sont généralement observés entre des espèces très proches et souvent lors de phénomènes d'invasion, une espèce exotique déplace une espèce native (33% des cas) ou une autre espèce exotique préalablement établie (55% des cas). Après l'analyse de 193 couples d'espèces de compétiteurs Denno *et al.* [166], concluent que la compétition interspécifique affecte de façon importante la distribution et l'abondance des populations d'insectes phytophages. Ainsi, la structure des populations de phytophages est autant influencée par la compétition que par les ennemis naturels ou les plantes hôtes.

Utiliser les traits d'histoire de vie ou les traits démographiques pour caractériser la stratégie des compétiteurs implique que la compétition est principalement liée à l'exploitation des ressources ; cependant les traits du comportement peuvent aussi être impliqués dans la compétition au travers de l'interférence. Si l'agression directe entre espèces permet à une espèce plus agressive d'avoir accès à la ressource au détriment d'une autre, la compétition par interférence peut également impliquer une monopolisation anticipée des ressources et leur défense [162]. Chez les insectes, d'après Case & Gilpin [169], l'interférence est fréquente, en dépit d'un coût écologique élevé, car elle fournit des bénéfices rapides. La prédation intragilde est une forme plus avancée de l'interférence, particulièrement efficace quand elle vise les oeufs de l'autre espèce car le coût de cette interférence est peu élevé [169].

Cette définition consensuelle de l'unité de sélection a conduit à l'apparition des termes "tactique et stratégie" définies comme "un ensemble de traits coadaptés désignés par la Sélection Naturelle pour résoudre des problèmes écologiques particuliers" [170]. D'aucun voyait dans cette définition une part de finalisme et d'anthropomorphisme. En aucun cas, la stratégie signifie que les animaux choisissent consciemment d'adopter une stratégie qui maximiserait par exemple, leur chance de survie ; STEARNS et SOUTHWOOD [170 ; 171], distinguent les stratégies des tactiques. Les tactiques sont des ensembles de traits alors que les stratégies regroupent un ensemble de tactiques. Une tactique est une réponse aux facteurs proximaux (biotiques et abiotiques) alors que la stratégie répond au facteur ultime : la sélection naturelle.

En résumé, pour nous une stratégie est une combinaison de traits d'histoire de vie exprimée par un génotype et susceptible d'être favorisée par la sélection

naturelle dans un contexte écologique donné. Les traits d'histoire de vie impliqués sont donc les caractéristiques morphologiques, physiologiques, comportementales, démographiques et écologiques qui ont un lien direct avec la reproduction et la survie. La taille à la naissance, le patron de croissance, la taille et l'âge à la maturité, le nombre, la taille et la sex-ratio des descendants, l'investissement reproductif selon l'âge et la taille, les schémas de mortalité selon l'âge et la taille, et la durée de vie sont répertoriés comme les plus importants [172].

La variabilité temporelle du milieu peut conduire à une taille de ponte inférieure [173]. La stratégie consistant à minimiser la variance de la taille de ponte présente une meilleure fitness que celle qui consiste à pondre beaucoup d'oeufs les années fastes (exemple, les années où les ressources alimentaires ne manquent pas) et peu d'oeufs les années difficiles. La fitness est définie dans cette étude par la moyenne géométrique des taux d'accroissements finis. Cette stratégie qui optimise le compromis entre moyenne et variance correspond au "bethedging" [174 ; 175]. De même, il peut être plus avantageux de réduire la taille de ponte si le risque de prédation pour la descendance est fort. Ainsi, quand la portée est entièrement détruite, les parents disposent de suffisamment d'énergie pour engendrer de nouveaux descendants [172].

L'étude des fluctuations des insectes ravageurs étudiés nous a permis de mieux cerner le comportement de chaque ravageur sous un stress et vis-à-vis des autres espèces dans un biotope donné.

L'aleurode est un insecte qui présentait un effectif plus important au niveau de la parcelle non stressée que celle stressée, cet effectif coïncide avec la poussée

de sève automnale et se présente de manière importante au niveau des orientations cardinales nord et sud qui concernent ce verger.

Nos résultats nous laisse supposer que l'aleurode cherche à travers son biotope les bonnes conditions à son développement, cependant, il ne tolère pas le stress exercé par le piégeage puisque son meilleur taux de développement est atteint à la parcelle non stressée.

La mineuse, contrairement à l'aleurode, se développe bien à la parcelle stressée qu'à la parcelle non stressée surtout pendant le mois d'octobre, avec une préférence marquée des orientations nord et centre ; cet insecte pond un nombre important d'œuf durant le mois de novembre.

Nous suggérons que la mineuse n'est pas influencée par le piégeage, d'où son bon développement dans la parcelle stressée, on peut ajouter que, ce ravageur, occupe le vide écologique laissé par l'aleurode au niveau de cette parcelle.

Il est à noter que la mineuse et l'aleurode présentent une dynamique différente avec, cependant, une préférence identique des orientations nord et centre qui présentent, selon notre avis, des conditions microclimatiques d'alimentation et d'habitat favorables à leurs développements.

Le temps de développement, la mortalité et le poids des larves sont les indices de performance les plus importants et les plus étudiés dans le cadre des études reliées à la dynamique des populations d'insectes.

Seulement quelques études ont documenté les changements de la qualité de feuillage avec une meilleure résolution temporelle [176 ; 177 ; 178 ; 179 ; 180]. La sélection de régime alimentaire par les herbivores peut être limitée par des caractéristiques biochimiques tant pour les plantes que les animaux [181 ; 182].

On peut aussi expliquer le maintien des insectes, surtout de l'aleurode et de la cératite, durant la période d'étude même en présence des fluctuations des supports alimentaires et non alimentaires, par l'hypothèse de SIMPSON et SIMPSON [183], qui disent que lorsqu'un insecte est confronté à un déséquilibre nutritionnel, il peut essayer de le compenser de trois façons différentes ; Il peut ainsi soit augmenter son ingestion, soit changer sa source de nourriture (changement d'hôte, de partie de la plante) ou encore ajuster son efficacité de conversion de sa nourriture. La capacité physique des espèces peut également engendrer un changement de réponse face au toxique par un « effet de sélection », c'est-à-dire que les plus faibles meurent les premiers [184].

Vers la fin de l'année, on assiste à la fin du cycle végétatif, (repos végétatif) de la plante ; nos résultats ont montré une augmentation du nombre des oeufs pour la mineuse et l'aleurode, durant cette période. Lorsqu'elle est limitée par le temps, une femelle aura tendance à pondre ; lorsqu'elle est limitée par les œufs, elle préférera se nourrir pour reconstituer ses réserves [185 ; 186]. En effet, la variation temporelle de la qualité nutritionnelle induit des changements dans le comportement sexuel [187 ; 188], parental [189 ; 190 ; 191], social ou migratoire

[192], car en fonction des réserves accumulés, l'individu devra choisir entre s'alimenter ou réaliser une autre activité.

DEDRYVER [193], qualifie la modification des densités des populations par l'antibiosis qui d'après lui, joue un rôle important en modifiant un grand nombre de facteurs clés de la dynamique des populations dont en particulier la fécondité des insectes et leur espérance de vie. L'antibiosisselon cet auteurs'exerce à l'échelle de l'espèce végétale en fonction de son évolution physico – phénologique.

ROITBERG et PROKOPY [194], mentionnent que la réduction de la survie peut être engendrée par un partage des ressources les plus efficaces conduisant à une compétition interspécifique soit pour l'espace, soit pour les ressources nutritives, entre les espèces afin d'assurer leur maintien. En effet, les populations naturelles constituent des systèmes complexes dont les propriétés dépendent et évoluent en fonction des paramètres biotiques et abiotiques de leur habitat et une densité dépendantes des ressources alimentaires engendrant une compétition pour ces ressources entre autres l'augmentation du risque de compétition intraspécifique de la progéniture.

La théorie des traits d'histoire de vie analyse, dans une perspective d'écologie évolutive, comment les variations des caractéristiques de vie majeures des organismes conduisent à des différences de fitness. Quand des contraintes génétiques, physiologiques ou biomécaniques empêchent un individu de maximiser tous ses traits d'histoire de vie, il doit réaliser des compromis (trade-off). La sélection naturelle, visant à maximiser la fitness des organismes, favorisera la combinaison des traits qui est la mieux adaptée aux conditions écologiques ambiantes. La prise en compte des mécanismes physiologiques et des aspects non-énergétiques des différents traits d'histoire de vie est nécessaire

à la compréhension fine de leur nature adaptative et des contraintes qui en ont limité l'évolution.

La qualité du feuillage des arbres varie selon les espèces herbivores, selon les individus de la même espèce, selon les compartiments de l'arbre lui-même, et même selon les feuilles exposées au soleil et ceux qui sont dans l'ombre, au niveau de la même canopée [195] et aussi en fonction du temps sur plusieurs durées : interannuel, saisonnier et journalier [196]. La diminution la teneur en azote et en eau et pendant la période de poussée, l'augmentation de la dureté des parois, vont ainsi généralement faire office de défense chimique et physique [197]. Une telle hétérogénéité spatio-temporelle est contraignante pour les insectes, en rendant le feuillage de grande qualité difficile de trouver, elle les force à se déplacer fréquemment pour la recherche de nourriture de bonne qualité, attirant potentiellement l'attention de prédateurs [198].

L'hétérogénéité du feuillage peut agir comme une composante essentielle de la défense de l'arbre contre de gros dégâts liés aux insectes folivores. Au moins un groupe d'insectes folivores peut parfois contourner les défenses de l'arbre causant ainsi des dégâts sérieux : comme les espèces qui se nourrissent de jeunes feuilles au printemps [199].

De tous les facteurs environnementaux, le rayonnement solaire est le plus important car il est la source d'énergie qui conduit à la production biologique de matière sèche [200 ; 201]. Par ailleurs, de nombreuses études ont montré que la productivité des vergers était proportionnelle à l'interception lumineuse du couvert végétal [202 ; 203 ; 204 ; 205]. Celle-ci est essentiellement conditionnée par la

forme, la hauteur de l'arbre et la densité de plantation [202]. Le mode de conduite des arbres influence par conséquent la quantité d'énergie lumineuse reçue par le feuillage. Les systèmes de conduite actuellement développés tiennent compte de ce facteur pour favoriser la photosynthèse, le développement et la coloration des fruits ainsi que la formation des bourgeons floraux. Cependant, même si la taille des arbres fruitiers vise à réduire autant que possible les zones d'ombre, l'éclairement reste hétérogène dans la couronne de l'arbre. Cette hétérogénéité augmente avec le volume de la couronne. Pour les arbres fruitiers, des études sur pêcher et sur pommier ont montré que les feuilles soumises à un éclairement élevé présentent une photosynthèse maximale et une teneur en azote élevée ainsi qu'un parenchyme palissadique plus développé.

L'importance de l'exposition à la lumière pendant l'expansion foliaire pour le développement d'une capacité photosynthétique élevée est bien connue [206 ; 207]. Cette acclimatation aux différents régimes lumineux s'effectue pendant l'ontogenèse des feuilles et elle diffère selon les variétés [208].

Selon SORIA [209], et DHOUBI et *al.* [210], la mortalité larvaire chez les *Citrus*, en particulier l'oranger, pourrait être due à la composition chimique de l'écorce des fruits. De leur côté, BERTIN et *al.* [211], signalent que la faible teneur en eau et les huiles essentielles de la peau entraînent une forte mortalité des œufs et des plus jeunes larves ; ces dernières peuvent être tuées par les sécrétions gommeuses des fruits. SAMPAIO et *al.* [212], ont signalé que l'acidité du fruit d'orange peut agir sur le taux d'infestation par la mouche méditerranéenne des fruits mais d'une manière non significative. NICANOR et *al.* [213], ont rapporté, pour leur part, que l'acidité agit sur la mortalité larvaire. Des résultats de l'analyse de la variance ressort, également, que la position des fruits sur l'arbre n'a pas un effet significatif sur le nombre de pupes par fruit

La dynamique de la cératite était suivie en se basant sur la dynamique des vols de ses adultes dénombrés au niveau des pièges. Les résultats ont montré des taux de capture très importants qui dépassent les 300 individus surtout au niveau de la parcelle stressée, la dynamique de cet insecte diffère entre les parcelles et les pics les plus importants sont enregistrés durant les mois de décembre et janvier.

D'après nos résultats, on peut dire que la densité des pièges, qui diffère entre les parcelles, joue un rôle majeur concernant les taux de capture, la cératite qui est présente tout au long de la période d'expérimentation, provient, probablement, des autres cultures hôtes avoisinantes, aussi, cet insecte, qui présente une grande préférence de la variété thomson, s'attaque tôt à ses fruits tolérant ainsi les obstacles biochimiques des fruits verts et immatures, et augmente son attaque au stade fruits mature en fin d'année.

L'hôte influe considérablement l'épidémiologie de la Cératite. Cette influence à partir de la séquence des hôtes. Elle revêt une importance capitale car elle détermine le nombre de générations et donc le nombre de femelles en quête de ponte dans un biotope donné. L'absence d'hôtes pour une période donnée conditionne le niveau des populations. Alors que l'éloignement par rapport aux cultures pouvant être contaminées, conditionne le taux d'infestation [214].

Il a été prouvé par plusieurs auteurs que la Cératite visite préférentiellement les endroits dégagés plutôt que ceux diffus. Elle préfère également le côté Sud de l'arbre, ou bien le côté Est [215]. Quant à GAHBICHE [216], elle a montré l'existence sur les *Citrus* de deux gradients décroissants d'infestation l'un allant de

l'extérieur vers l'intérieur de l'arbre, et l'autre selon ses points cardinaux. Le côté Sud-est présente le taux d'infestation le plus élevé, ce qui tranche entre la préférence au côté sud et au côté est de l'arbre.

L'étude de l'évolution montre une succession de l'infestation au rythme de la succession de la maturité des fruits. L'augmentation du taux d'infestation est en relation directe avec l'augmentation du taux des captures [216]. Pour ce qui est de l'impact de l'infestation sur la chute des fruits, SORIA [217], a trouvé que lorsque la larve du 3ème stade effectue son saut caractéristique au sol, le fruit peut ne pas tomber.

Le comportement de ponte des insectes a un impact majeur sur la dynamique des populations d'insectes, car les œufs et les larves sont, en général, les stades de vies les plus vulnérables [218 ; 219]. Par conséquent, le comportement de ponte d'une femelle affecte son aptitude phénotypique, car il détermine en partie la survie de sa progéniture. La stratégie de ponte d'une femelle consiste à décider où pondre, combien d'œufs pondre, quand pondre et comment les répartir selon les conditions du milieu. Ce comportement est très variable d'une espèce à une autre et dépend des facteurs abiotiques comme l'intensité lumineuse, la température, l'humidité et d'autre part, les facteurs biotiques comme les prédateurs, les proies et les compétiteurs. En plus des indices visuels et olfactifs de l'environnement que utilise la femelle pour effectuer la recherche des sites de ponte [220 ; 221 ; 222].

Il ressort des études que la variété Thomson est la plus piquée. Ceci rejoint les résultats rapportés par ABDELLI, SMAIL & KEDDOUCI, et DEKHLI [223 ; 224 ; 225], qui ont considéré la variété Thomson comme un hôte préférentiel de la cécidomyie mais ils diffèrent de ceux de DELASSUS et *al.* [226], qui classent la clémentine et la Thomson au même niveau d'infestation.

Cela s'expliquerait comme l'ont signalé SAMPAIO et *al.* [227 ; 228], par l'attractivité exercée par la Thomson et qui serait due à ses composés volatiles émis bien avant la maturation des fruits. Ces composés sont des stimuli olfactifs pour la cécidomyie. Pour leur part, DHOUBI et *al.* [229], ont rapporté que des paramètres chimiques tels que la teneur en huiles essentielles de l'écorce et la nature des substances volatiles pourraient jouer un rôle non négligeable dans l'attraction ou la répulsion du ravageur. FERON [230], a mis en évidence l'importance de l'intensité lumineuse et de la qualité de la lumière qui peuvent provoquer des réponses variables quant au choix du site d'oviposition. Il rapporte que la brillance du site d'oviposition, plutôt que sa couleur a une influence majeure sur le dépôt des œufs. Les facteurs climatiques pourraient également être à l'origine de la différence des niveaux d'infestation observés. Selon ABDELLI [223], les basses températures et spécialement si elles sont associées aux grandes pluies, augmentent considérablement la mortalité des adultes. La période et le degré de maturité des fruits qui varient selon les variétés pourraient être à l'origine des différences des niveaux d'infestation.

KATSOYANNOS [231], KATSOYANNOS et *al.* [232], ont constaté que les adultes de la cécidomyie sont attirés par les fruits volumineux. De même, PAPAJ & OPP [233], ont déduit que le volume des fruits joue un rôle dans le taux d'infestation et cela peut justifier nos résultats sur la Thomson.

Les insectes d'où la mineuse, l'aleurode et la cécidomyie sont influencés directement par les conditions climatiques, dans ce sens, nos résultats viennent démontrer que la mineuse et l'aleurode présentent une corrélation avec les températures et que la cécidomyie est beaucoup plus influencée par la pluviométrie.

Dans cette optique, nous suggérons que ces résultats dépendent de la biologie et l'écologie des insectes sachant que la mineuse et l'aleurode qui développent leurs stades biologiques sur les feuilles sont, plus au moins, à l'abri des pluies et sont ainsi plus influencés par les températures surtout au niveau des orientations dans lesquelles ils se développent le plus. La dynamique des vols de la cératite est influencée directement par la pluviométrie, il faut dire que les pluies empêchent la mouche de voler en agissant physiquement sur elle.

L'étude de la synthèse climatique, en particulier l'indice d'EMBERGER classe la région de Blida à l'étage bioclimatique subhumide à hiver doux, Le diagramme Ombrothermique de l'année d'étude montre que durant le mois de septembre, on a enregistré des chutes importantes de pluies et que le mois d'octobre présentait des conditions « printanières » avec une pluviométrie faible et des températures voisinant les 20°C.

Le développement des insectes dépend étroitement des conditions climatiques et principalement de la température qui règle la durée du cycle évolutif [234]. La théorie des traits d'histoire de vie cherche donc à fournir une explication évolutive pour interpréter la diversité et la complexité du cycle de vie d'une espèce, à élucider le mécanisme d'allocation des ressources destinées à la croissance et la maintenance des fonctions somatiques avec les performances reproductrices, ou "effort de reproduction" [235 ; 236 ; 237].

La température représente le facteur écologique essentiel, puisse que son influence se fait sentir de façon constante sur les œufs, les larves, les nymphes et les adultes. Elle influe sur l'émergence, l'activité de vol, la reproduction, le développement embryonnaire, la nutrition et le métabolisme. Une essence qui se trouverait dans des conditions défavorables aux insectes est incapable d'assurer

leur développement, même si elle possède les substances indispensables à leur nutrition [238].

Dans un tel contexte, il est légitime d'avancer que les modifications du climat (température ou pluviosité), qui sont susceptibles d'avoir des conséquences directes sur la disponibilité des insectes ravageurs, doivent être intégrées dans un processus de prédiction de façon à contenir les réponses physiologiques, comportementales et biologiques dans le cadre des changements globaux. Il est plutôt clair que des modifications à long terme de la pluviométrie ou des températures plus élevées semblent néanmoins exercer une influence déterminante sur l'importance des épidémies, même s'il est très difficile de prévoir quelles seraient les déprédateurs favorisés ou défavorisés.

Toutes les espèces vivantes sont livrées aux « intempéries » et donc à la chaleur et au froid. Toute la physiologie des animaux « à sang froid », les ectothermes, est dominée par la température ambiante : le rythme des battements du cœur, la vitesse de locomotion, l'intensité des échanges gazeux respiratoires, la production de chaleur pendant un temps déterminé sont des fonctions croissantes de la température. La température indique le degré d'énergie, aussi réduit soit il, d'un système vivant. Plus tard, l'écologie biodynamique nous apprendra que toutes ces activités élémentaires de croissance sont incluses dans un vaste système cyclique de l'énergie. On a voulu caractériser numériquement l'influence de la température sur chaque processus biologique ou physiologique par un « coefficient de température » par analogie aux réactions chimiques. Ainsi varieront, entre certaines limites, la durée de développement d'un Insecte, le nombre de ses générations, l'apparition de « phases » successives ou alternatives.

BENASSY [239], a signalé que les différentes phases caractérisant le développement des jeunes larves depuis l'éclosion jusqu'à leur fixation sont sous l'étroite dépendance des conditions climatiques. Selon WEEMS [240], le développement des œufs, des larves et même des pupes ne peut se faire à 10°C et d'après DELRIO [241], les œufs deviennent infertiles pour des températures minimales allant de 4 à 7°C.

FLETCHER [242], signale également que plusieurs facteurs environnementaux influencent la distribution et les populations de mouches des fruits. Parmi ces facteurs, la température et l'humidité paraissent les plus importantes. Selon cet auteur, ces facteurs climatiques n'ont pas seulement un effet direct sur les fluctuations des populations des espèces de mouches des fruits. Ils auraient aussi un effet indirect à travers leur influence sur l'hôte et les ennemis naturels. Les actions directes et indirectes de ces facteurs climatiques sur les mouches des fruits ont précisément une incidence sur l'accouplement et la ponte, entraînant ainsi la variation des attaques sur les fruits [243].

La température a une influence très importante sur le développement et la survie des Tephritidae. De nombreuses études comparatives ont été réalisées où les seuils minimums de développement et les constantes thermiques ont été calculés pour différentes espèces [244 ; 245 ; 246 ; 247 ; 248 ; 249 ; 250 ; 251]. Ces études montrent que l'espèce dominante pourra être différente suivant la température et par conséquent suivant la latitude et l'altitude.

TSITSIPIS & ABATZIS [252], ont observé que chez *Bactrocera oleae* (Gmelin) le temps de développement à 20°C des œufs pouvaient augmenter de 84 à 102h

lorsque l'humidité relative décroît de 100 à 75%. En conditions naturelles, l'influence de l'humidité sur le stade embryonnaire et les stades larvaires est certainement davantage modulée par le fruit hôte que par les conditions climatiques. Seules quelques études ont été réalisées sur l'influence de l'humidité relative sur le développement nymphal alors qu'il pourrait s'agir d'un facteur important affectant la distribution des espèces [253 ; 254 ; 255 ; 256].

L'espèce du fruit hôte influe, au travers de sa qualité, à la fois sur le développement des stades immatures, avec une répercussion possible sur la fécondité des adultes, et sur le comportement des adultes. FITT [257], a mis en évidence que l'abondance des espèces sur différents fruits hôtes est davantage due au comportement de choix des femelles qu'à la spécialisation larvaire. Toutefois, si beaucoup de plantes hôtes peuvent supporter le développement complet de différentes espèces de Tephritidae, la qualité de l'hôte détermine des différences importantes dans la survie, le développement larvaire et la fécondité des adultes. D'autres études ont montré que le temps de développement larvaire de *C. capitata* à 25°C passe d'environ une semaine sur un hôte favorable tel que la mangue (*Mangifera indica* L.) à plus de trois semaines sur le coing (*Cydonia oblonga* Miller) [258 ; 259]. Par ailleurs, le choix du site de ponte par la femelle adulte est déterminé par des stimuli visuels et olfactifs provenant du fruit [260 ; 261 ; 262 ; 263].

L'action mécanique des pluies sur les populations d'insectes a été peu étudiée, faute de technique adaptée. Les quelques travaux se rapportant à l'effet mécanique de la chute des pluies ont consisté à corréler des variations d'effectifs des ravageurs avec des variations de pluviométrie [264 ; 265]. Il s'agit essentiellement d'une approche qualitative.

Il est de plus en plus manifeste que le réchauffement global actuel influence les écosystèmes et, notamment, induit la modification des aires de répartitions de certains groupes animaux. Des études précédentes en biologie moléculaire [266], et en écologie fonctionnelle [267 ; 268], ont permis d'aboutir à un schéma global d'interaction milieu / individu / stress thermique qui sélectionne des modes d'adaptation particulièrement représentatifs des processus microévolutifs selon les niches microclimatiques.

Ainsi, notre hypothèse est une continuité de la synthèse très complète de nombreuses observations réalisées par MATTSON et HAACK ainsi que KORICHEVA *et al.* [269 ; 270], qui suggèrent que les sécheresses favorisent les pullulations d'insectes phytophages. Outre un effet indirect souvent bénéfique sur les insectes eux mêmes (températures plus élevées, précipitations plus faibles), les sécheresses ont aussi une action indirecte sur les phytophages via leur plante hôte. Ainsi, l'augmentation de la température de surface des feuilles du fait de la fermeture des stomates serait souvent de l'ordre de 2 à 4°C, et cet environnement thermique pourrait être idéal pour beaucoup d'insectes. De plus, la qualité nutritive des feuilles s'améliore généralement en cas de sécheresse, par suite de l'augmentation de la concentration en composés azotés solubles (acides aminés) ou en sucres. Également, une des conséquences majeures des sécheresses est de provoquer l'affaiblissement des arbres et de conduire à une baisse de leurs capacités de résistance. Souvent, on assiste à une augmentation de la concentration en certains composés secondaires dans les tissus des plantes. Celle-ci neutraliserait fréquemment l'effet bénéfique de l'augmentation de la concentration en azote soluble.

De même, CATES et ALEXANDER [271], avancent qu'un arbre mal alimenté en eau, peut aussi être plus attractif pour les insectes à cause d'une modification de son spectre d'odeurs (émission de volatiles attractifs tels que l'éthanol ou la

modification du spectre de terpènes), composés qui permettent aux arbres de repousser les attaques des ravageurs pionniers.

L'exposition des plantes à des conditions de sécheresse engendre une réaction d'adaptation qui se traduit par des changements de nature métabolique (sucres solubles totaux et proline), physiologique et morphologique. L'accumulation de la proline est l'une des stratégies adaptatives fréquemment observées chez les plantes pour limiter les effets du stress hydrique. Elle est liée à l'osmorégulation cytoplasmique.

Au niveau du compartiment feuille et du compartiment fruit, les résultats ont montré que les tannins augmentent avec l'attaque des ravageurs et que l'eau diminue mais ces résultats ne sont pas statistiquement significatifs ; les teneurs en tannins sont stables dans le temps pour les organes sains ; au sein d'un même arbre les teneurs en tannins et le pourcentage en eau varient d'un compartiment à un autre. Les teneurs en tannins ne varient pas entre les parcelles ; la mineuse n'est pas influencée par les fluctuations des teneurs en tannins, en revanche, elle ne tolère pas les organes âgés et pauvres en eau ; l'aleurode ne montre aucune corrélation entre les teneurs en tannins et les pourcentages en eau ; la cératite, quant à elle, ne présente pas de relation avec l'eau contrairement aux tannins.

Nous supposons, d'après nos résultats, que les teneurs en tannins et les pourcentages de l'eau sont influencés directement par la physiologie de l'arbre et stress auquel elle est soumise. La plante qui se trouve sous un stress hydrique est plus susceptible d'être attaquée par des bioagresseurs au niveau de ses différents compartiments ce qui la pousse à mobiliser ses moyens de défense qui sont focalisés vers l'attaque dépendant de son ampleur et de l'importance de l'organe attaqué.

Les chimistes écologistes ont de longue date montré un vif intérêt à l'identification des facteurs exogènes et génétiques responsables de la variation intraspécifique dans la composition des substances chimiques des plantes, et comment l'importance de tels facteurs tant indépendamment qu'interactivement changent dans les temps. De telles informations sont primordiales dans notre compréhension des mécanismes qui sont à la base et les interactions intermédiaires des plantes avec les herbivores, les pathogènes et l'environnement abiotique [272 ; 273 ; 274].

Les données bibliographiques [275 ; 276 ; 277 ; 278], devraient également nous permettre de signaler que plusieurs facteurs exercent une influence sur la dynamique des populations d'insectes ravageurs, mais une connaissance de l'écologie nutritionnelle de ces insectes est essentielle pour compléter une image adéquate de ces facteurs et de leurs interactions. Dans leur environnement, les insectes phytophages sont susceptibles de rencontrer au cours de leur existence une gamme de ressources dont la qualité nutritive est très variable. La qualité nutritive du feuillage dépend surtout de son contenu en éléments nutritifs (azote, sucres et eau) et peut être affectée par la présence de substances allélochimiques (phénols, terpènes, etc.). Cette variabilité dans la qualité nutritive du feuillage entre les plantes relève de plusieurs facteurs, tels que la nature des espèces et des conditions abiotiques dans l'environnement, et est susceptible d'influencer la biologie des insectes herbivores.

Ces composés chimiques secondaires non directement liés au métabolisme de base peuvent engendrer une réduction de l'acceptabilité de la plante vis-à-vis de ses ravageurs. Sous l'effet de la pression de la sélection naturelle, les plantes ont ainsi développé la capacité de synthétiser ou accumuler des toxiques pouvant

être classés en plus de 12 groupes distincts. Aussi, certains composés d'origine végétale ont été utilisés comme insecticides (pyréthre, roténone ou nicotine) pour lutter contre les ravageurs des cultures.

Pour réduire l'alimentation des insectes phytophages, la plante ne doit pas nécessairement produire une substance hautement toxique pour l'insecte. Deux termes sont couramment utilisés lorsque l'on se réfère aux substances chimiques impliquées dans les préférences alimentaires des insectes : les attractifs (ou stimulant) et les répulsifs. Le même composé peut néanmoins jouer à la fois le rôle de stimulant pour certaines espèces et répulsif pour d'autres.

La mortalité causée par l'application des méthodes de contrôle ou par l'ingestion des composés de défense produits par la plante hôte sera déterminante sur le nombre d'individus qui formera la génération suivante ('Fitness'). Le poids des larves et des chrysalides est positivement corrélé avec le nombre d'œufs produits [279].

Les tannins peuvent avoir des effets positifs, négatifs ou neutres sur les herbivores. Pour les insectes affectés négativement, les mécanismes d'action des tannins sont : la réduction de la disponibilité de l'azote nutritionnelle [280], la réduction de la nourriture consommée [281 ; 282 ; 283 ; 284], et un effet direct toxique pour certaines espèces. Par ailleurs, les tannins peuvent agir comme phagostimulant à certains insectes [281 ; 285]. Les composés polyphénoliques et particulièrement les tannins hydrolysés pourraient protéger l'insecte contre certaines infections virales et réduire les effets du *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* [286]. Les tannins peuvent également s'opposer à la prédation des feuilles par un mécanisme de chimioréception au lieu de diminuer la qualité nutritive des feuilles [287]. DETHIER [288], a émis l'hypothèse que les tannins solubles inhibent les récepteurs de sucre chez certains insectes faisant ainsi

considérer la plante comme une source de nourriture inappropriée. De tels mécanismes permettraient à ces produits d'agir comme agents de défense sans être ingérés.

Les tannins influencent la croissance, le développement et la fécondité de plusieurs insectes herbivores [176 ; 289 ; 290 ; 291]. La croissance réduite causée par les tannins a deux inconvénients majeurs. Premièrement, la taille réduite des chrysalides des femelles se traduit par un plus faible nombre d'œufs et une plus petite taille d'œuf ce qui affecterait possiblement la survie et la santé des individus de la génération subséquente [292 ; 293]. Deuxièmement, le temps de développement larvaire prolongé peut entraîner une mortalité plus élevée due à la prédation [176]. Il existe divers mécanismes par lesquels les herbivores atténuent l'impact négatif des tannins [286].

La qualité foliaire change à plusieurs échelles de temps : interannuel, saisonnier, et journalier [294], d'où les concentrations en tannins qui varient largement selon l'espèce de la plante, à l'intérieur d'une même espèce, l'âge de la plante, les caractéristiques du site de croissance et la saison indiquent que les concentrations des tannins sont élevées pour les plantes tropicales à cause de la synthèse favorisée par la lumière. L'acidité du sol augmente les niveaux des tannins condensés chez *Lotus* sp. Les plantes sur les sites non favorables produisent des phénols en concentrations relativement élevées [295]. ont examiné les concentrations en tannins dans le feuillage du chêne et ont trouvé que le contenu des phénols extractables et la capacité de précipiter des protéines étaient élevés dans le jeune feuillage et que les tannins condensés augmentaient avec la maturation des feuilles. FEENY et BOSTOCK [296], ont trouvé que les tannins hydrolysés restaient relativement constants durant toute la période de développement des feuilles du chêne.

Durant un stress hydrique, la plupart des plantes diminuent leur potentiel osmotique par accumulation d'osmolytes (ions inorganiques, acides aminés, sucres solubles, acides organiques, polyols) ce qui leur permet de limiter l'évapotranspiration et d'accentuer l'extraction de l'eau du sol. Le métabolisme de l'azote est perturbé et se caractérise par l'hydrolyse des protéines, le métabolisme du carbone est également perturbé et l'hydrolyse de l'amidon entraîne une augmentation des concentrations en sucres solubles. En général, ces sucres solubles sont connus comme étant très phagostimulants pour de nombreux lépidoptères [297]. GERSHENZON *in* KUMBASLI [298], signale que sous l'effet d'un stress hydrique, la quantité des composés de défense auraient tendance à augmenter.

Pour les essais visant à déterminer l'impact des tannins sur les insectes, BERENBAUM [299], souligne que les effets négatifs des tannins sont dus à leur toxicité et à leur effet répulsif et non à leur réduction de digestibilité tels que suggérés par plusieurs auteurs comme [300 ; 301 ; 302].

On peut suggérer d'autre part, en rejoignant notre hypothèse aux résultats d'OSIER *et al.* [293], qui ont montré que le niveau des tannins condensés et des glycosides phénoliques variait de manière imprévisible avec le temps, et ne réagit pas avec le modèle saisonnier, et donc peu sensible aux facteurs environnementaux, surtout si la plante est soumise à une bioagression continue tout au long de l'année par différents ravageurs.

Pour la biosynthèse de tannins, les plantes détournent les métabolites primaires du métabolisme particulièrement le glucose, en métabolites secondaire.

Par conséquent les ossatures des squelettes carboniques sont perdues pour des processus de croissances dans un sens strict. Ils sont canalisés du métabolisme primaire pour la synthèse de composés phénoliques [303].

Dans les conditions environnementales, les plantes sont souvent sujettes à des facteurs extrêmes : hydriques, thermiques, pédologiques et autres, engendrant différents types de stress [304 ; 305]. La nutrition de la plante se trouve sous la dépendance, non seulement de sa constitution génétique [305], mais aussi d'une série de facteurs écologiques et culturaux qui sont susceptibles d'influencer la composition de la sève [306]. Les composés chimiques (supports alimentaires et principes actifs), dans le feuillage des plantes hôtes, varient ainsi selon la maturation du feuillage [307], la nature du stress, [308], et les actions anthropiques [309 ; 308].

La relation dépendante insecte-plante constitue le point charnier qui peut expliquer non seulement la préférence d'un groupe de plantes particulier pour la qualité de son alimentation, mais aussi tout les traits de vie de l'insecte, ce qui s'accorde avec les travaux de CAMPANELLA et WOLF [310], dirigés sur les différentes activités des phytophages se traduisent par l'influence des réserves énergétiques sur les comportements autres qu'alimentaires. DEDRYVER [311], qualifie la modification des densités des populations par l'antibiosis. D'après le même auteur le phénomène joue un rôle important en modifiant un grand nombre de facteurs clés de la dynamique des populations. L'antibiosis s'exerce à l'échelle de l'espèce végétale en fonction de son évolution physico-phénologique : Globalement, une plante jeune est plus sensible à la contamination par les ailés et les aptères et y sont plus fréquents. Cette sensibilité diminue quant la plante acquiert une certaine maturité pour augmenter à nouveau à la sénescence. En effet, la variation temporelle des réserves induit des changements dans le comportement sexuel [312], parental [313 ; 314 ; 315], social ou migratoire, car en

fonction de ses réserves, l'individu devra choisir entre s'alimenter ou réaliser une autre activité.

L'eau occupe un rôle essentiel dans les phénomènes métaboliques [316] [197 ; 317-198], de la photosynthèse au transport et l'accumulation des éléments minéraux et à la multiplication cellulaire, pour assurer la croissance et le développement des plantes [318 ; 319]. Les dégâts produits par le stress hydrique se manifestent par une chlorose, des phénomènes de sénescence l'abscission des feuilles de la base et le flétrissement ainsi qu'une réduction de la surface foliaire des feuilles nouvellement formées [320 ; 321 ; 322]. Un stress hydrique peut limiter ainsi la croissance des végétaux, en modifiant le bilan entre la disponibilité et les besoins et au niveau de la balance hormonale ainsi qu'une diminution de la pression de turgescence de la plante qui se traduit par une perte d'eau du contenu cellulaire [323].

CATES et ALEXANDER [271], avancent qu'un arbre mal alimenté en eau, peut aussi être plus attractif pour les insectes à cause d'une modification de son spectre d'odeurs allomoniques (émission de volatiles attractifs tel que l'éthanol ou la modification du spectre de terpène), et kairomoniques (composés qui permettent aux arbres de repousser les attaques des ravageurs pionniers).

L'ingestion des composés de défense produits par la plante hôte sera déterminante sur le nombre d'individus «Fitness» qui formera la génération suivante.

Pour une espèce donnée, le stade végétatif influence également la teneur en tannins. Généralement, lors de la croissance de l'appareil végétatif, il y a une dilution des tannins. Dans les feuilles, la quantité et la qualité des tannins changent lors de la maturation. De même, la teneur en tannins diminue généralement lors du mûrissement des fruits. La qualité des tannins condensés varie aussi en fonction du stade végétatif [324].

CONCLUSION

Dans notre pays, l'agrumiculture constitue aujourd'hui, d'un point de vue économique, une culture très importante. Les problèmes phytosanitaires de cette dernière sont classés parmi les contraintes majeures pour le développement de ce secteur.

L'évolution des agro-écosystèmes est fortement perturbée par les changements environnementaux dont l'impact des bioagresseurs et/ou les activités anthropiques englobant les divers traitements phytosanitaires, la fertilisation et d'autres pratiques culturales. La connaissance des interactions entre les ravageurs et leurs plantes hôtes et entre ravageur et ravageur sont un préalable nécessaire pour l'amélioration des techniques de lutte et le développement des méthodes de lutte intégrée.

La mineuse des feuilles, la mouche blanche et la mouche des fruits sont des fléaux à intérêt économique considérable et qu'il faut surveiller de près. Ce travail qui englobe l'étude de ces ravageurs au même temps nous a permis de mieux comprendre le comportement de ces insectes et de confirmer l'étroite liaison qui existe entre les stades biologiques des insectes et leur taux de développement avec les stades phénologiques de la plante et son état de « santé ». Cependant, ces ravageurs sont également influencés par d'autres facteurs, d'où ceux climatiques et par leur génotype qui programme chacune de leur activité biologique. Il est à noter que lorsque les insectes sont soumis à un

stress, ils changent de comportement de façon à répondre au mieux à leurs besoins, ces changements ont été bien démontrés par le calcul de l'ordre d'apparition qui a montré une différence entre les insectes dans les deux parcelles étudiées.

La compilation des différents résultats nous a permis de conclure que la composition phytochimique de la plante hôte, d'où les teneurs en tannins et en eau, lorsqu'elle est face à une agression produit une quantité importante en tannins, cette quantité varie dans le temps, selon l'ampleur de l'attaque et entre les compartiments. En revanche, une plante, si elle est soumise à un stress, surtout hydrique, devient vulnérable et susceptible d'être attaqués par des bioagresseurs.

Enfin, nous estimons que d'autres études viennent compléter celle-ci en ce qui concerne l'évaluation du piégeage et sa contribution dans la lutte intégrée ; concernant les insectes, il serait plus intéressant d'élargir la gamme d'insectes étudiés pour mieux comprendre le comportement d'un groupe par rapport à un autre ; pour ce qui est de la plante hôte et de ses mécanisme de défense, la question qui se pose est que une plante qui se trouve dans de meilleur conditions peut détourner les attaques de ses ravageurs, et est que l'Homme, à travers ses pratiques, favorise l'installation des ravageurs et des maladies ?

APPENDICES

APPENDICE A

LISTE DES SYMBOLES ET D'ABREVIATIONS

ha	hectare
FAO	Food and Agricultural Organization
mm	millimètre
USA	United States of America
m	mètre
°C	: Degrés Celsius
km	kilomètre
PV	pluviométrie
%	pourcent
g	: Gramme
T	température
A.E.K.	Abdelkader
I.T.A.F	: Institut Technique d'Arboriculture Fruitière de Boufarik
Km	: Kilomètre
SAEX	Société agricole d'exploitation
ONCV	Office national de commercialisation des produits viti-vinicole
EURL	Entreprise unipersonnelle à responsabilité limitée
MF	: Matière fraîche
MS	: Matière sèche
m	: Mètre
mg	: Milligramme
mm	: Millimètre
ml	: Millilitre
min	: minute
N°	: Numéro
P	: Pluviométrie
Hcl	: Acide hydrique
T°max	: Température maximale
T° min	: Température minimale
T° moy	: Température moyenne

APPENDICE B

Variations mensuelles des températures et de la pluviométrie dans la région de Mouzaia durant la période 1995- 2010 d'après l'Agence National des Ressources Hydrauliques de Soumàa (A.N.R.H.).

Année	Paramètre	Jan	Fév	Ma	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
1995	Tmoy (°C)	14.9	17.4	16.7	18.4	23.9	26.0	30.3	32.3	26.3	25.1	19.5	18.6
	T min (°C)	6.0	7.5	5.0	5.5	11.0	16.0	21.0	23.0	17.5	16.5	11.0	11.0
	Tmax (°C)	25.5	28.0	28.0	39.0	38.5	40.0	41.0	44.0	35	36.0	33.0	26.0
	Pv (mm)	176.9	69.5	167.7	21.5	0	18.9	0	26.7	36.2	21.1	86.1	46.4
	Evap (mm)	170.3	58.5	132.7		98.0	57.1	87.5			59.4	114.8	91.0
	Vent moy (Km/h)	3.8	3.7	8.5		1.7	1.7	1.4		1.5	1.7	2.2	2.5
1996	Tmoy (°C)	16.8	14.1	17.3	18.7	21.6	25.5	30.0	30.4	25.1	20.7	19.1	17.2
	T min (°C)	10.0	6.0	8.0	8.0	13.0	15.0	20.5	22.5	17.0	10.5	9.0	6.0
	Tmax (°C)	27.5	23.0	36.0	32.0	33.0	41.0	45.0	39.0	35.0	29.5	32.0	28.0
	Pv (mm)	118.6	204.4	58.0	292.4	25.3	4.5	4.1	0.8	33.3	67.8	14.9	47.9
	Evap (mm)	144.5	209.7	186.4	172.2	140.8	115.3			132.4		68.7	86.6
	Vent moy (Km/h)	2.3	2.4	1.8	1.6	1.7	2.6			5.5		5.8	5.3
1997	Tmoy (°C)	16.3	15.7	16.0	19.1	22.3	25.4	26.5	28.9	27.0	24.2	19.0	15.5
	T min (°C)	8.5	6.5	7.0	8.5	11.5	15.5	18.0	19.5	18.0	10.5	8.5	6.5
	Tmax (°C)	26.0	27.0	27.5	31.5	40.0	40.5	40.0	39.0	39.5	36.0	31.0	23.5
	Pv (mm)	41.8	32.0	7.6	104.6	23.4	1.6	2.6	18.5	51.8	88.7	156.5	113.6
	Evap (mm)	101.0	49.9	31.1	108.1	80.5	94.9	63.1		104.2	176.7	195.5	224.1
	Vent moy	6.1	3.0	3.5	3.7	3.7	4.7	4.6		4.1	3.3	6.5	3.9

	(Km/h												
1998	T moy (°C)	15.0	16.0	16.8	18.9	20.8	26.1	29.2	34.2	27.7	21.2	14.8	14,9
	T min (°C)	5.0	8.0	6.5	7.5	11.0	14.5	18.5	29.5	18.5	10.5	5.5	
	T max (°C)	24.5	28.0	28.0	32.0	33.5	40.0	40.5	39.0	45.5	35.5	26.5	
	Pv (mm)	34.3	62.5	49.7	79.4	237.2	0.8	0.1	18.1	22.8	37.2	103.5	49,7
	Evap (mm)	74.0	78.4	70.4	108.6	308.9	56.6	40.0		53.7	37.6	123.7	
	Vent moy (Km/h)	3.7	2.7	2.7	4.3	3.3	3.4	3.1		3.5	3.1	3.0	
1999	T moy (°C)	15,9	14,9	19,3	21,3	26,7	29,3	33	35,3	27,9	25.6	16.5	14.6
	T min (°C)									19	15	4.5	4.5
	Tmax (°C)									41	40.5	29	26.0
	Pv (mm)	9,2	2,2	11,4	35	31,5	0	0,2	0	25.2	10	116.0	202.1
	Evap (mm)									48.41	65.14	146.38	43.7
	Vent moy (Km/h)									3.6	3.7	3.6	4.41
2000	T moy (°C)	12,8	16,1	17.6	17,09	21,52	24,15	26,1	27,13	23,94	18,56	15,61	13,02
	T min (°C)	5,5	7	7	10,3	16,04	17,48	19,06	19,38	17,33	12,33	9,5	7,01
	Tmax (°C)	23.5	26.5	31	23,88	27	30,83	33,14	34,88	30,56	24,67	21,73	19,04
	Pv (mm)	11,2	6,4	20,6	42,9	50,8	0	0	4,2	10,1	85,9	131,3	49,3
	Evap (mm)	36,4	71,6	107,8	159,9	165,5	235,4	256,5		169,4	97,7	74,3	56,5
	Vent moy (Km/h)	3	2,8	4,6	5,2	3,6	4,2	3,5		3,5	3,4	4,3	3,8
2001	T moy (°C)	12,16	11,38	17,52	16,03	19,13	25,33	26,69	28,12	24,23	22,83	14,48	10,85
	T min (°C)	17,77	18,44	24,67	23,26	25,2	32,8	33,64	35,09	30,43	29,29	19,9	16,74
	Tmax (°C)	6,45	4,33	10,37	8,8	13,66	17,86	19,76	21,16	18,03	16,38	9,06	4,96
	Pv (mm)	197,1	57,1	62,7	59,2	23,8	0,5	0	0	28,7	14	69,6	71

	Evap (mm)	59,7	56,6			152	277,4	281,4	153,6	70,5	137,3	68,6	37,2
	Vent moy (Km/h)	4,5	3,6			3,5	4,1	2,3	4,3	3,6	3,2	3,8	2,3
200 2	T moy (°C)	11,1	12	14,6	14,7	19,8	25,3	26,5	25,58	24,5	21,89	16,73	12,93
	T min (°C)	3,69	4,05	6,3	9,96	12,4	17,9	21	19,82	18,03	15,48	11,56	7,41
	T max (°C)	18,51	20	22,9	22,4	27,2	32,8	32	31,35	30,98	28,3	21,9	18,45
	Pv (mm)	63,8	42,1	74,6	58,3	32,1	0,7	17,4	15,5	10,2	78	140,5	114,5
	Evap (mm)	36,6	50,3	96,7	114,9	183,2	251,3	224,3	197,8				
	Vent moy (Km/h)	2,1	2,9	3,7	3,4	3,7	3,7	3,5	3,9				
200 3	T moy (°C)	10,3	10,2	14,34	15,89	19,18	26,4	27,97	28,71	23,21	20,04	15,7	10,56
	T min (°C)	5,69	4,39	6,89	9,4	12,41	19,36	21,36	21,83	18	12	9	4
	T max (°C)	14,91	16,01	21,8	22,38	25,96	33,45	34,59	35,59	29,5	25	22	18
	Pv (mm)	107,1	50,7	52,4	73,8	105,7	2	0,7	1,5	33,4	35	83,9	118,0
	Evap (mm)									156,6	98,3	59,6	33,5
	Vent moy (Km/h)									3,2	2,9	3,6	2,8
200 4	T moy (°C)	10,7	12,4	12,7	15,57	17,0	25,14	27,8	29	26,4	24,4	13,4	10,7
	T min (°C)	3,5	5	1,5	7,5	11,5	17,5	19,5	22,9	16,5	15	7,5	3,5
	T max (°C)	20	26	19,5	25,5	26,5	33,5	38	35,1	37,5	37,5	18,5	18,5
	Pv (mm)	109,1	58,5	84,3	72,7	164,1	4,6	6,5	3,7	11,8	43,3	95,4	170,4
	Evap (mm)	42,2	65,9	69,1	105,6	107,6	201,3	240,8		148,7	134,72	50,9	38,3
	Vent moy (Km/h)	2,9	3,3	2,6	3,4	3,7	2,8	3,4		3,08	2,5	2,0	3,2
200 5	T moy (°C)	6,4	7,7	12,6	16,8	22,4	26,5	28,5	27,3	24,3	21,9	14,7	11,1
	T min (°C)	1,5	2,5	3,5	7	15	18	21,5	21	17	15,5	6,5	5,5
	T max	12,2	13,3	21	23	30	37	35	40	32	32	26	18,2

	(°C)	5	5										5
	Pv (mm)	94.2	128.4	58.2	40.6	5.6	1.9	0	2.4	49.5	69.7	84.8	101.0
	Evap (mm)	34.5	44.8	66.9	96.2	166	218.5	266.9	233.4	151.8	107.5	50.2	42.3
	Vent moy (Km/h)	2.62	3.6	3.01	2.8	2.4	3.4	3.7	3.5	2.0	2.1	2.4	3.0
2006	T moy (°C)	9.3	10.3	17.3	18.5	22.4	25.1	29.0	27.45	24.9	23.5	18.2	12.4
	T min (°C)	2	4	6	9.5	14.5	15.5	22.0	21.5	17.0	15.5	10.5	6.0
	T max (°C)	2	4	6	9.5	14.5	15.5	22.0	21.5	17.0	15.5	10.5	6.0
	Pv (mm)	168.1	101.1	25.2	9.1	150.3	0.0	0.0	2.0	43.1	23.3	68.0	176.7
	Evap (mm)	26.7	46	93.7	108.5	144.7	221.7	269.7	225.5	140.2	130.4	78.2	33.9
	Vent moy (Km/h)	2.2	3.7	4.0	2.8	3.15	4.25	3.75	3.61	3.1	2.49	2.09	2.56
2007	T moy (°C)	11.9	14.1	13.6	16.1	22.1	24.4	28.1	28.0	24.8	17.1	14.1	11.4
	T min (°C)	5.5	6.0	3.5	12.0	13.0	18.0	21.0	20.5	18.5	11.0	3.5	3.0
	T max (°C)	20.0	24.5	27.0	25.0	37.5	31.5	35.5	39.0	34.5	23.0	26.5	22.0
	Pv (mm)	11.4	51.3	153.7	102.8	15.5	14.3	3.7	14.3	64.9	100.0	177.1	70.2
	Evap (mm)	41.3	62.7	82.1	70.8	166.4	190.8	241.9	192.3	96.7	23.2	38.8	28.4
	Vent moy (Km/h)	2.08	4.2	3.59	3.02	3.07	3.51	3.63	4.07	4.24	2.91	2.33	2.46
2008	T moy (°C)	12.4	12.8	14.5	18.3	19.6	24.7	28.6	29.4	22	20.6	14.3	10.5
	T min (°C)	4.0	3.0	3.0	10.5	14.0	17.0	21.5	23.0	17	14.0	8.0	2.5
	T max (°C)	20.5	22.0	23.0	28.5	26.0	34.5	36.0	36.0	30.5	32.0	22.0	17
	Pv (mm)	24.3	29.0	74.2	23.6	63.6	4.3	3.4	0.0	50.2	131.9	111.1	150.3
	Evap (mm)	43.0	46.2	86.9	126.2	114.6	179.7	192.8	135.7		82.7	58.9	37.0
	Vent moy (Km/h)	2.88	2.36	4.2	3.5	3.42	3.55	3.54	3.32	3,4	2.96	4.27	3.93
2009	T moy (°C)	10.9	11.0	14	15.3	22.9	26.9	29.8	28.4	24.0	21.2	17.7	13.8

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **MARC LATEUR. M., 2002**-Protection et production intégrées. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, n° 6, (2), 67–77
2. **RIDRAY G., 2002**- Situation de la protection intégrée des cultures légumières sous serres et abris dans l'arc méditerranéen français. INRA. alénya, pp. 13.
3. **RIBA G., SILVY C., 1989**- Combattre les ravageurs des cultures, enjeux et perspectives. INRA, Paris, 230 pp.
4. **ANONYME, 1998**- Développement et politiques agro-alimentaires dans la région méditerranéenne. IAM : Instituts Agronomiques Méditerranéens. Rapport annuel 1998. Bari, Chania, Montpellier, Zaragoza. 20 P.
5. **ALTIERI, MA. 1999**- The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agric Ecosyst Environ*, n° 74, pp. 19-31.
6. **SILVESTRI F., 1922**- État actuel de la lutte contre la mouche des olives. *In* : La lutte contre la mouche des olives dans les divers pays. Annexe au rapport de M. Francisco Bilbao y Sevilla, 6^e Assemblée Générale Inst. Int. Agric.
7. **TSCHARNTKE T, DEWENTER IS, KRUESS A, THIES C., 2002**- Characteristics of insect populations on habitat fragments: a mini review. *Ecol Res*, n°17, pp. 229-39.
8. **MEADOW R. ET FOLKEDA A., 2007**- Natural insecticides for the control of root flies in *Brassic*as. *IOBC/wprs Bulletin* Vol. 30 (8), 159 P.
9. **IMBERT E., 2005**- Mediterranean *Citrus*. CLAM Economic Commission Secretary. Department of the Cirad. Market News Service. *FruiTrop Monthly*.

10. **ONTIVERO C. ET BOURINET A., 2008**-Les agrumes bio. ProNatura. Info presse. France. 5p. Site web: www.pronatura.com
11. **ANONYME, 2005**- Les agrumes de méditerranée. Rev. FRuiTRoP. N°122, pp. 4.
12. **ANONYME, 2006**-Agrumes frais et transformés. Données statistiques annuelles de la F.A.O., 45P.
13. **ANONYME, 2007** - Citrus-Special Feature Article. Office of Global Analysis. Foreign Agricultural Service/ USDA: United States Department of Agriculture. 8P.
14. **ANONYME, 2006**- Perspectives de développement des agrumes. I.T.A.F.V., Alger. 8P.
15. **PRALORAN J.C., 1971**- Les agrumes. Ed. Maisonneuve et Larousse. France. 565 p.
16. **LOUSSERT R., 1989**- Les agrumes. Ed. Techniques et documentation. Vol. 1. Paris. 113 p.
17. **ANONYME, 1995**- Conduite d'un verger d'agrumes. I.T.A.F.V., Boufarik, Algérie. 60 p.
18. **ANONYME, 2003**- Fruits et légumes biologiques des régions tropicales. Information de Marché, Certification et Production pour Producteurs et Sociétés de Commerce Internationales, Conférence des Nations Unies pour le Commerce et le Développement. FAO, Nations Unies, New-York et Genève, 340p
19. **LE BELLEC F., 2005**- La culture des agrumes, Cirad Guadeloupe- UPR 77 : Production fruitière intégrée. Site web : <http://Caribfruits.cirad.fr>.
20. **FLETCHER B.S., 1989**- Ecology; movements of *Tephritid* fruit flies. In: World crop pests 3(B). Fruit flies; their biology, natural enemies and control (Ed. by Robinson, A.S.; Hooper, G.), pp. 209-219. Elsevier, Amsterdam, Netherlands

21. **BACK, E.A. & PEMBERTON, C.E., 1918-** The Mediterranean fruit fly in IHawaii. United States Department of Agriculture Bulletin n°536, 1-118.
22. **(RONALD F.L. ET JAYMA L., 1992-** Crop knowledge Master. *Anoplolepis longipes* (Jerdon). Department of entomology. Honolulu, Hawaii. 121 p.
23. **ANONYME, 2007-**
<http://agspsrv34.agric.wa.gov.au/ento/Surveillance/Fruit%20fly>.
24. **BALACHOWSKY A. ET MENSIL L., 1935-** Les insectes nuisibles aux plantes cultivées, leurs mœurs, leurs distributions. Ed. Henmann et Cie, Tom. III, Paris, 927 p.
25. **HILL D.S., 1975-** Agricultural Insect Pests of The Tropics and Their Control. Cambridge University Press: London.
26. **WHITE, I.M. AND HARRIS M.M.E., 1992-** Fruit Flies of Economic Significance: Their Identification and Bionomics. ACIAR: Canberra.
27. **SIMON H., KEN W. & WALKER K., 2006-** Mediterranean fruit fly (*Ceratitidis capitata*) Pest and Diseases Image Library. Museum Victoria .
28. **FULLER M, FASULO TR., 1998-** Mediterranean Fruit Fly Pest Alert Archives. <http://entnem.ufl.edu/pestalert/Medfly/medfly.htm>.
29. **MORENO D., 2000-** Field evaluation of a phototoxic dye, phloxine B, against three species of fruit flies (*Diptera: Tephritidae*). USDA ARS.<http://nps.ars.usda.gov/publications/publications.htm?lognum=0000115809>
30. **IVO R., 2005-**La *Ceratitidis capitata* in Lombardia Quaderni della ricerca. Università degli Studi di Milano. Facoltà di Agraria. Regione Lombardia Agricoltura. Facoltà di Agraria *QUADERNI DELLA RICERCA. N° 47 GIUGNO 2005. Italie. 41 P.*
31. **ANONYME, 2001-** For males only: temperature-sensitive Medflies. Agricultural Research Magazine. United States Department of Agriculture, Washington, D.C.
<http://www.ars.usda.gov/is/AR/archive/jun00/flies0600.htm> .

32. **QUILICI S., 1999-** Korail Océan Indien. Le Magazine de la Coopération Régionale. 37 P.
33. **ANONYME, 2003-** Mediterranean Fruit Fly Action Plan. USDA: United States Department of Agriculture. 84 P.
34. **KAACK, H., 2005-** Protection intégrée en agrumiculture. Direction de la Protection des Végétaux et GTZ (Projet Contrôle Phytosanitaire). Maroc. 77 p.
35. **ANONYME, 1998-** Lutte intégrée contre la mouche des fruits à la Réunion. Rev. FRUITROP : Recherches et Solutions. N° 50. PP. 11.
36. **QUILICI S., 2002-** In : Fruit crop pest management (insects and mites). Ed. David Pimentel. Encyclopedia of pest management . New-York : Marcel Dekker, p. 313-316.
37. **VARGAS, R. I., WALSH W. A., HSU C. L., SPENCER J., MACKEY B. AND WHITEHAND L., 1994-** Effects of sterile Mediterranean fruit fly (*Diptera: Tephritidae*) releases on the target species, a non target tephritid, and a braconid parasitoid (*Hymenoptera: Braconidae*) in commercial coffee fields. J. Econ. Entomol. 87: 653-660.
38. **WANG XG ET MESSING RH., 2003-** Intra- and interspecific competition by *Fopius arisanus* and *Diachasmimorpha tryoni* (Hymenoptera: Braconidae), parasitoids of Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (*Diptera: Tephritidae*). Biological Control 27: 251-259.
39. **WHARTON RA., 1987-** Changes in nomenclature and classification of some *opiine braconidae* (*Hymenoptera*). Proceedings of the Entomological Society of Washington 89: 61-73.
40. **GREANY PD., TUMLINSON JH., CHAMBERS DL., BOUSH GM., 1977-** Chemically mediated host finding by *Biosteres (Opus) longicaudatus*. A parasitoid *tephritidae* fruit fly larvae. Journal of Chemical Ecology 3: 189-195.
41. **LAWRENCE P.O., 1981-** Host vibrations cue to host location by the parasite, *Biosteres longicaudatus*. *Oecologia* 48: 249-251.

42. **ANONYME, 2009-** *Naturalis Bioinsecticide* based on *Beauveria bassiana* Strain ATCC 74040. L'apporto biologic alla agricoltura integrate. 21P.
43. **KNIPLING, E.F., 1955-** Possibilities of insect control or eradication through the use of sexually sterile males. *J. Econ. Entomol.* 48: 902-904.
44. **ANGELI I., 1999-** Table of nuclear root meen square charge redii. I.A.E.A: International atomic energy. Nuclear Data Services. Rev. 1, n° 163, 11 p.
45. **ANONYME, 2008-** Nouvelles méthodes de lutte contre la mouche méditerranéenne des fruits. CR 8ème Conférence Internationale AFPP sur les Ravageurs en Agriculture, Montpellier. Site web : www.afpp.net.
46. **ZHANG A., O'LEARY VC. AND QUARLES W., 1994-** Chinese IPM for citrus leafminer, *IPM Practitioner* xvi (8):10-12.
47. **BEATIE GAC., SOMSOOK V., WATSON DM., CLIFT AD. AND JIANG L. 1995-** Field evaluation of *Steinernema carpocapae* (Weiser) (Rhabdidae: Steinernematidae) and selected chemicals for control of citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* Stainton (*Lepidoptera: Gracillariidae*) *Journal of Australian Entomological Society* 34: 335-342.
48. **CARIJO, C.ET GARCIA, E., 1994-** *Phyllocnistis citrella* (Stainton, 1856) (*Insecta, Lep., Gracillariidae, Phyllocnistinae*) en los cultivos citricos de Andalusia (Sur de Espana): Biologia, ecologia y control de la plaga. *Bol. San. Veg. Plagas* 20, 815-826.
49. **ANAGNOU VERONIKI M., 1995-** First record of citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* (Stainton) on *citrus* groves of mainland and island. Greece. *Ann. Inst. Phytopathol. Benaki* 17,149-152.
50. **ANAGNOU VERONIKI M., VOLAKAKIS I., GIANNOULIS I., 1995-** The citrus leafminer. A new pest in Greece. *Agric. Crop. Anim. Husb.* 1995- 6, 10-15.
51. **CARRIDO VIVAS A., GASCON LOPEZ I., 1995-** Distribution de fases immaturas de *Phyllocnistis citrella* Stainton, segum el tamano de lhoja. *Bol. San. Veg. Plagas* 21, 59-571.

52. **BALACOWSKY A.S., 1966-** Entomologie appliquée à l'agriculture. Ed Masson et Cie. Vol. 1. Tom. II, 1921 P.
53. **LEBLANC F., FOURNIER P. ET ETIENNE J., 1998-** La mineuse des feuilles des agrumes : *Phyllocnistis citrella* (Stainton). Fiche technique. INRA et Cirad.
54. **AHMED M., 1998-**LA MINEUSE DES POUSSSES DES AGRUMES Etat actuel et perspectives d'avenir, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Complexe Horticole d'Agadir, Bulletin réalisé à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture (PNTTA)
55. **S. AGADR M. KORCHI et A. TAHTAH, 1998-**La Mineuse de l'Oranger *Phyllocnistis citrella* (St), Lépidoptère: *Phyllocnistidae*. Direction de la Protection des Végétaux, des Contrôles Techniques et de la Répression des Fraudes (DPVCTRF), Service de la Protection des Végétaux. Bulletin réalisé à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture (PNTTA).N°40. Maroc.
- 56 **MORSE J.G., LUCK R.F. AND GRAFTON-CARDWELL E.E., 2007-** The evolution of biologically-based integrated pest management in California citrus: history and perspective. UC Plant Protection Quarterly 16(4)/17(1):1-11. http://www.uckac.edu/ppq/PDF/oct2006v16_04_--jan2007v17_01_.pdf
- 57 **GEVORK A., 2007-** Citrus Leafminer (*Phyllocnistis citrella*), Senior Biologist, Los Angeles County Department of Agricultural Commissioner/Weights & Measures.
- 58 **PENAJE., DUNCAN R. and BROWNING H., 1996-** Seasonal abundance of *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: *Gracillariidae*) and its parasitoids in Southern Florida citrus. Environmental Entomology Vol. 25 (3): 698-702.
- 59 **HEPPNER J.B., 1993-** Citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* in Florida (*Lep.*, *Gracillariidae*, *Phyllocnistinae*). *Trop. Lepididoptera* , n°4, 49-64.
- 60 **MUNGROO Y. AND ABEELUCK D., 2000-** THE CITRUS PEST, *PHYLLOCNISTIS CITRELLA* STAINTON AND ITS CONTROL IN MAURITIUS. Agricultural Research and Extension Unit

61. **LAPOINTE S.L., ET LEAL, W.S., 2007-** Describing seasonal phenology of the leafminer *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) with pheromone lures: controlling for lure degradation. COPYRIGHT 2007 Florida Entomological Society. Pp 1.
62. **ANDO T, TAGUCHI KY., UCHIYAMA M., UJIYE T., ET KUROKO H., 1985-** (7Z-11Z)-7, 11- hexadecadienal sex attractant of the citrus leafminer moth, *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera, Phyllocnistidae). Agricultural and Biological Chemistry, Tokyo 49: 3633-3653.
63. **BERKANI A., 1989-** Possibilités de régulation des populations d'*Aleurothrixus floccosus* Mask. (Homoptera, Aleurodidae) sur agrumes par *Cales noaki* How. (Hymenoptera. Alphelinidae) en Algérie. Th. Doc. Etat, Univ, Aix-Marseille, 140 P.
64. **ONILLON J.C., 1969 -** A propos de la présence en France d'une nouvelle espèce d'Aleurode nuisible aux citrus *Aleurothrixus floccosus* Mask. (Homopt. Aleyrodidae) Compte Rendu de l'Académie d'Agriculture de France 55: 937-941.
65. **RUSSELL L. M. AND ETIENNE J., 1985-** A list of the *Aleyrodidae* of the Island of Reunion. Proc. Entomol. Soc. Wash. 87, 202—206.
66. **MOUND A. ET HALSEYS H., 1978-** Whitefly of the world: a systematic catalogue of the *Aleyrididae* (Homoptera) with host plant and naturel enemy data in British. Welliam. Clowes and sons limited; 340 P.
67. **BIHI B., 1988-** Aperçu bio-écologique de l'aleurode floconneux: *Aleurothrixus floccosus* Maskell (Homoptera, Aleurodidae) sur agrumes dans la region de Béni saf (Ain Temouchent). Thèse d'ingénieur, INA El-Harrach, Alger, 90 P.
68. **BOUKHALFA, H. y P. BONAFONTE, 1979-** Observations des populations de l'aleurode des Citrus, *Dialeurodescitri* Ashmead (Hom. Aleurodidae) dans la plaine de la Mitidja (Algérie), pendant la période hivernale et post-hivernale. Fruits, 34: 43-52.
69. **GRASSE P. P., 1951 -** Traité de zoologie : Anatomie, Systématique, biologie. Insectes supérieurs et hémiptéroïdes. Ed. Masson et Cie paris.T. X. Fasc. II pp 978-984.

70. **ONILLON JC. ET ABBASSI M., 1973-** Notes bio-ecologiques sur l'aleurode flocconeux des agrumes *Aleurothrixus floccosus* Mask. (*Homopt.*: *Aleyrodidae*) et moyens de lutte 2, pp. 43-47.
71. **BALACHOWSKY A.S. ET MESNILL, 1936-** Les insectes nuisibles aux plantes cultivées. Ed. Busson, Paris, Tome 2, 506 P.
72. **ABBASSI, M. 1975-** The presence in Morocco of a new species of aleyrodid *Aleurothrixus floccosus* Maskell (*Homoptera*, *Aleurodidae*). *Bulletin. Section Regionale Ouest Palaeartique, Organisation Internationale de Lutte Biologique*. N° 5:173-176
73. **LEBLANC F., FOURNIER P. ET ETIENNE J., 1998 -** Fiches techniques d'identification et d'initiation à la protection raisonnée des vergers d'agrumes en Guadeloupe. Cirad-Inra, Guadeloupe (France), 17 p.
75. **CHAPOT H., et DELUCCHI V.L., 1964 –** Maladies, troubles et ravageurs des agrumes au Maroc. Ed. I.N.R.A., Rabat, 339 p.
74. **DRIESTADT S. H. & FLINT F. L., 1995-** Ash whitefly (*Homoptera*: *Aleyrodidae*) overwintering and biological control by *Encarsia inaron* (*Hymenoptera*: *Aphelinidae*) in northern California. *Environ. Entomol* 24: 459-464.
76. **MONTOYA R. ET SKELLY J., 1995-** Implicaciones del cambio climático en el comportamiento de las plagas : coevolución plantainsecto. *In* : Sanidad forestal en bosques mediterráneos y templados. Implicaciones de la contaminación atmosférica y del cambio global, n°23-27, 24 p.
77. **KHARRAT S. ET ABDERRAHMANE J., 2005-** Lien entre la préférence d'oviposition et la performance subséquente des larves chez la mineuse des agrumes *Phyllocnistis citrella* Stainton [*Lepidoptera* : *Gracillariidae*]. *Phytoprotection*, Volume 86, numéro 1, avril / avril 2005, p. 25-29. Québec.
78. **PARFAIT G., JARRY M., 1987-** Diversité végétale et impact des insectes phytophages : une revue bibliographique des méthodes appliquées au cas des cultures associées. *Acta oecol. Oecol. gener.*, 8(3), 365-378.
79. **ALTIERI M.A., LETOURNEAU B., 1982-** Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop Protection*, 1(4), 405-430.

80. **PERRIN R.M., 1980-** The role of environmental diversity in crop protection. *Protection Ecology*, 2, 77-114.
81. **ALTIERI M.A., LETOURNEAU D.K., 1982-** Vegetation diversity and insect pest outbreak. *Plant Sciences*, 2(2), 131-169.
82. **RUSSEL P.E., 1989-** Enemies Hypothesis: A review of the effect of vegetational diversity on predatory insects and parasitoids. *Environ. Entomol.*, 18(4), 590-599.
83. **Van Emden H.F., 1964-** The role of uncultivated land in the biology of crop pests and beneficial insects. *Scient. Hortic.*, 17, 121-136.
84. **DUELLI P., 1988-** *Aphidophaga* and the concepts of island biogeography in agricultural areas. In E. Nielczyk & A.F.G. Dixon : Ecology and Effectiveness of *Aphidophaga*. 89-93.
85. **STARY P., 1972-** Host range of parasites and ecosystem relations, a new viewpoint in multilateral control concept. (*Hom. Aphididae; Hym. Aphidiidae*) *Ann. Soc. entomol. Fr.*, (N.S) 8(2), 351-358.
86. **STARY P., 1978-** Seasonal relations between lucerne, red clover, wheat and barley agro-ecosystems through the aphids and parasitoids (*Homoptera. Aphididae; Hymenoptera, Aphidiidae*). *Acta. entomol. bohemoslov.*, n° 75, 286-311.
87. **ALTIERI M.A., 1986-** *L'agroécologie -bases scientifiques d'une agriculture alternative*. Debar. *Acta. entomol. bohemoslov*, 237 P.
88. **VAN DEN BOSCH R., TELFORD A.D., 1964-** Environmental modification and biological control. In P. Debach: Biological control of insects pests and weeds. Reinhold, New-York, 459-488.
89. **RABB R.L., STINNER R.E., VAN DER B., 1976-** Conservation and augmentation of natural enemies. In C.B.Huffacker & P.S. Messenger

: *Theory and Practice of Biological Control*. Academic Press, N.-Y., 233-254.

90. **ANDOW D.A., 1988-** Management of weeds for insect manipulation in agroecosystems. In M.A. ALTIERI & M. LIEBMAN : *Weed Management in Agroecosystems : Ecological approaches*. CRC Press, Boca Raton (Floride, USA), 265-301.

91. **BERNARD B., 2002-** La communication chimique dans le monde vivant. Chercheur à l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm),

92. **BERNARD B., 2000-** La communication chimique. Chercheur à l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm),

93. **BARBIER M., 1976 -** Introduction à l'écologie chimique.
<http://perspectives.univ-perp.fr>

94. **BANAIGS B., S.D. –** La communication chimique dans le monde vivant. Inserm, Université de Perpignan, p 137.

95. **BAUR P., MARZOUK H., SCHONHERR J. ET RAUER H., 1996 –** Mobilities of organic compounds in plant cuticles as affected by structure and molar volumes of chemicals and plant species. *Planta*, 199, pp. 404-412.

96. **CASSIER P., BOHATIER J., DESCOINS C. ET NAGNAN-LE MEILLOUR P., 2000-**Communication chimique et environnement. Les relations animales intraspécifiques et interspécifiques. Belin Sup. Sciences. ISBN 2701126762

97. **STREBLER G., 1989-**Les médiateurs chimiques. Leur incidence sur la bioécologie des animaux. Lavoisier Tec & Doc.

98. **A.M. CORTESERO / J.C. CASSARD-** Mécanismes de régulation de la production d'odeur dans la communication intra ou interspécifiques chez les plantes

99. **DUFFIELD G.E., GIBSON R.C., GILHOOLY P.M., HESSE A.J., INLEY C.R., GILBERT F.S. ET BARNARD C.J., 1993-** Choice of flowers by foraging honey bees (*Apis mellifera*): possible morphological cues. *Ecological entomology*. 18:191-197.
100. **ANONYME, 2002-** Relation plante-insecte. *Antennae*, Vol. 9, No. 1 hiver 2002. Marie-Claude Nicole
101. **BARBOSA P. ET WAGNER M.R., 1989-** Introduction to forest and shade tree insects. Academic Press. San Diego, California. 639 p.
102. **HUFFAKER C.B. ET GUTIERREZ A.P., 1999-** *Ecological entomology*, Second Edition. John Willey & Sons, New York, New York. 756 p.
103. **ROSENTHAL G.A. ET JANZEN D.H., 1979-** Herbivores, their interaction with secondary plant metabolites. Academic Press. New York, New York. 718 p.
104. **CHAPMAN R.F. ET BLANEY W.M., 1979-** How animals perceive secondary compounds in ecosystem. Academic Press. New York, New York. 98 p.
105. **CLOUTIER C., 1999-** Fascicule Les relations plantes-insectes dans Notes de cours. Université Laval 7 p.
106. **QUIRION P. ET BOURBEAU P., 1994-** Lexique des sciences biologiques. Faculté des Sciences et Génie, Université Laval. Sainte-Foy, Québec. 733 p.
107. **PAINTER R. H., 1951 –** Insect resistance in crop plants: University of Kansas Press. 520 p.
108. **Van Emden H.F., 2003-** Conservation biological control: from theory to practice. *In*: van Driesche R., ed. International symposium on biological control of arthropods. Morgantown, WV, USA: USDA Forest Service, 199-208.

109. **PAINTER R.H., 1958** - Resistance of plants to insects. *Rev. Entomology* 3. New York, pp.267-290.
110. **PHILIPPE J.C., 1983**- Dans la nature, la règle générale chez les plantes est la résistance. *Compte Rendus à l'Académie des Sciences, Paris*, 1983, 296, 225-230
111. **KOGAN M., 1975** – Plant resistance in pest management. In *Introduction to insect pest management*, ed. W. a. Sons; New York, pp. 103-146.
112. **DELLA PENNA D., 2001**-*Plant Physiology*, Vol. 125, pp. 160–163.
113. **AUGER J., DUGRAVOT S., NAUDIN A., ABO-GHALIA A., PIERRE D. et THIBOUT E., 2002** – Utilisation des composés allelochimiques des *Allium* en tant qu'insecticides, *Use of pheromones and other semiochemicals in integrated production*. IOBC wprs Bulletin Vo.: 25.
114. **ZUCKER W.V., 1983** - Tannins: does structure determine function, An ecological perspective. *American Naturalist*, 121: 335-365.
115. **SWAIN T., 1979**- Tannins and lignins, pp.657-682. In (G.A. Rosenthal and D.H. Janzen, Eds.) *Herbivores*. Academic Press, New York.
116. **HASLAM E., 1981**- Vegetable tannins. In (Conn, E.E. ed.): *The Biochemistry of Plants*. Vol. 7. New York: Academic Press, pp. 527-544.
117. **STAFFORD H.A., 1990** - Flavonoid Metabolism. CRS Press, Boca Raton, FL, USA, pp. 63-99.
118. **HÄRTEL O., 1951** - Gerbstoff als Ursache "voller" Zellsäfte. *Protoplasma*, 40: 338-347.
119. **FORSYTH W.G.C., 1964** - Physiological aspects of curing plant products. *Annual Review of Plant Physiology*, 15: 443-448
120. **RAO, K.S., 1988**- Fine structural details of tannin accumulations in non-dividing cambial cells. *Annals of Botany*, 62: 575-581.

121. **FEENY P.P., 1970** – Seasonal changes in oak leaf tannins and nutrients as a cause of spring feeding by winter moth caterpillar. *Ecology*, 51: 565-581.
122. **BERENBAUM M., 1990**- Evolution of specialization in insect-umbellifer associations. *Annu. Rev. Entomol.*, **35**, 319-343.
- 123 **SCHULTZ J. C., 1988** – Many factors influence the evolution of herbivore diets, but plant chemistry is central. *Ecology*, vol. 69, pp. 896-897.
124. **SCHOONHOVEN L.M., JERMY T. & VAN LOON J.J.A., 1998**-*Insect-plant biology: from physiology to evolution*. London: Chapman & Hall.
125. **STAMP N, 2003**- Out of the Quagmire of plant defense hypotheses. *The Quarterly Review of Biology*, 78: 23-55. 92 P.
126. **BERKALOFF A., 2004**-Les Pathogènes des Plantes et les Mécanismes de Défense, Les Insectes et leur Maîtrise, Les Biopesticides. *Le bulletin des biotechnologies*, N° 218. INRA. France. Pp. 5-15
127. **BERKALOFF A., 2004**- La Physiologie des Plantes, Les Pathogènes des Plantes et les Mécanismes de Défense, Les Insectes et leur Maîtrise. *Le bulletin des biotechnologies*, N° 231 INRA. France. Pp. 6-10.
128. **MILAIRE H.G., 1987**- *LES METHODES ALTERNATIVES EN PROTECTION DES CULTURES CAS DES RAVAGEURS PHYTOPHAGES*. Cercles des Naturalistes de Belgique, extrait Érable 4/1987, pages 5 à 13 1/6. INRA.
129. **MUTIN G., 1969** - L'Algérie et ses Agrumes. *Extrait de la revue de geo.* , Lyon, Vol 441, 36p.
130. **STEWART C.R., 1978** – role of carbohydrates in proline accumulation wilted Barley leaves. *Plant Physiol*, 61, 775-778.
131. **DAJOZ R., 1985** – Précis d'écologie. *Ed. Bordas, Paris, 505 p.*

132. **LACHIHEB A.**, optimisation de la dose dans le cadre d'un projet de lutte contre la cératite. Ecole supérieure d'agriculture de Mograne – Ingénieur
133. **ANONYME, 2007**- Bulletin OILB, vol. 30, n°4, 279 P.
134. **ANONYME, 2001**-*Guidance for Registration Requirements for Pheromones and Other Semiochemicals Used for Arthropod Pest Control*, qui fait partie du document 12 de la série sur les pesticides de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) (ENV/JM/MONO(2001)12).
135. **ANONYME, 1986**- Les phéromones. Phytoma 1986, n° 375
136. **ANONYME, 1987**- Extrait de Phytoma - Défense des cultures N° 390.
137. **VASSEUR R. ET SCHVESTER D., 1957**- Biologie et écologie du pou de saint José *Quadraspidiatus perniciosus comst* en France. Ann. INRA, série C, n°8, pp. 5-161.
138. **ONILLON, J.C, ONILLON J., ET TOMASSONE R., 1971**- Contribution à l'étude de la dynamique des populations d'homoptères inféodés aux agrumes. Estimation de la surface d'une feuille en fonction de deux plus grandes dimensions. Ann. Zool. Ecol. Anim. 3 : 183- 193.
139. **MERGHEM R., BRUN N. et JAY M., 2001** - Quantitative estimation of polyphenolic compounds *Vicia faba* L. (Leguminosae) seeds ,*Rev.Science et technology, univ.Constantine, Algérie* : 65-69. 130.
140. **BENASSY C., 1975** - Les cochenilles des agrumes dans le bassin méditerranéen , *Ann.Inst.Nat.Agro.*, 6 : 118-142.
141. **BOISSARD P., 2011** – Piégeage des insectes. Unité de Recherches Intégrées en Horticulture INRA Sophia Antipolis. INRA.
romain.piovan@paris.inra.fr
142. **MARSHALL S.A., ANDERSON R.S., ROUGHLEY R.E., BEHAN-PELLETIER V. ET DANKS H.V., 1994**- Terrestrial arthropod diversity:

planning a study and recommended sampling-techniques, *Bulletin of Entomological Society of Canada*, 26, p. 1-33. des milieux terrestres, Paris, Masson, 303 p

143. **MORA F., 1994-** Techniques et méthodes d'échantillonnage des peuplements d'invertébrés épigés circulant en système forestier exploité ou non, Lyon, DEA Analyse et modélisation des systèmes biologiques.
144. **FELLAH, H., 1996-** Contribution à l'étude de la bioécologie de la mouche méditerranéenne des fruits *ceratitis capitata* Weidemann (*Diptera* : *Trphritidae*) sur fruits d'été. Mémoire de fin du cycle de spécialisation de L'INAT.
145. **TISON G. ET PAOLACCI P. M., 2005-** Evaluation de systèmes de lutte contre la mineuse des agrumes. tison@corse.inra.fr -www.areflec.or
146. **QUESTIAU, S., 1999-** "How can sexual selection promote population divergence." *Ethology ecology and evolution. Nature* 11: pp. 313-324.
147. **KOLBE, J. J. ET GLOR, R. E., 2004-** "Genetic variation increases during biological invasion by a Cuban lizard." *Nature* 431(7005): 177-181.
148. **VITOUSEK P.M., D'ANTONIO C.M., LOOPE L.L. & WESTBROOKS R., 1996-** Biological invasions as global environmental change. *American Scientist*, 84, 468-478.
149. **KOLAR C.S. & LODGE D.M., 2001-** Progress in invasion biology: predicting invaders. *Trends in Ecology & Evolution*, 16, 199-204.
150. **WILLIAMSON, D.L., 1989-** Oogenesis and spermatogenesis. *In* Fruit flies, their Biology, Natural Enemies and Control. *World Crop Pests* (eds A.S. Robinson & G. Hooper), Vol. 3A, pp. 141-151. Elsevier, Amsterdam.
151. **WILLIAMSON M. & FITTER A., 1996-** The varying success of invaders. *Ecology*, 77, 1661-1666.
152. **SAKAI A.K., ALLENDORF F.W., HOLT J.S., LODGE, D.M., MOLOFSKY J., WITH K.A., BAUGHMAN S., CABIN R.J., COHEN J.E., ELLSTRAND N.C., MCCAULEY D.E., O'NEIL P., PARKER I.M., THOMPSON J.N. &**

- WELLER S.G., 2001-** The population biology of invasive species. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 32, pp. 305-332.
- 153. Lodge, D.M., 1993-** Biological invasions - Lessons for ecology. *Trends in Ecology & Evolution*, 8, 133-137.
- 154. Shea K. & Chesson P., 2002-** Community ecology theory as a framework for biological invasions. *Trends in Ecology & Evolution*, 17, 170-176.
- 155. Schoener T.W., 1985-** On the degree of consistency expected when different methods are used to estimate competition coefficients from census-data. *Oecologia*, 67, 591-592.
- 156. Connell J.H., 1980-** Diversity and the coevolution of competitors, or the ghost of competition past. *Oikos*, 35, 131-138.
- 157. Begon M., Harper J.L. & Townsend C.R., 1996-** Ecology, individuals, populations and communities. Blackwell Scientific Publications, London, UK.
- 158. Dajoz R., 1976-** Précis d'écologie. Dunod, Paris, France.
- 159. Pianka, E.R., 1976-** Competition and niche theory. *In* Theoretical Ecology: Principles and Applications (ed R.M. May), pp. 114-141.
- 160. Connell, J.H., 1983-** On the prevalence and relative importance of interspecific competition: evidence from field experiments. *American Naturalist*, 122, 661-696.
- 161. Schoener, T.W., 1983-** Field experiments on interspecific competition. *American Naturalist*, 122, 240-285.
- 162. Huffaker C.B. & Gutierrez A.P., 1999-** Ecological Entomology. 2nd ed., John Wiley and Sons, New York.
- 163. WIENS J.A., 1977-** Competition and variable environments. *American Scientist*, 65, 590-597.

164. **LAWTON J.H. & HASSELL M.P., 1981-** Asymmetrical competition in insects. *Nature*, 289, 793-795.
165. **SCHOENER, T.W., 1982-** The controversy over interspecific competition. *American Scientist*, 70, 586-595.
166. **DENNO R.F., MCCLURE, M.S., & OTT, J.R., 1995-** Interspecific interactions in phytophagous insects - competition reexamined and resurrected. *Annual Review of Entomology*, 40, 297-331.
167. **STEWART, A.J.A., 1996-** Interspecific competition reinstated as an important force structuring insect herbivore communities. *Trends in Ecology & Evolution*, 11, 233-234.
168. **REITZ, S.R. & TRUMBLE, J.T., 2002-** Competitive displacement among insects and arachnids. *Annual Review of Entomology*, 47, 435-465.
169. **CASE, T.J. & GILPIN, M.E., 1974-** Interference competition and niche theory. *Proceedings of the National Academy of Science (USA)*, 71, 3073-3077.
170. **STEARNS S.C., 1976-** Life-history tactics: a review of the ideas. *Quarterly Review of Biology* 51: 3-47.
171. **SOUTHWOOD T.R.E., 1988-** Tactics, strategies and templets. *Oikos* 52: 3-18.
172. **STEARNS S.C., 1989-** Trade-offs in life-history evolution. *Functional Ecology* 3 : 259-268.MA
173. **BOYCE M.S. & PERRINS C.M., 1987-** Optimizing great tit clutch size in a fluctuating environment. *Ecology* 68: 142-153.
174. **PHILIPPI T. & SEGER J., 1989-** Hedging one's evolutionary bets, revisited. *Trends in Ecology and Evolution* 4: 41-44.
175. **SEGER J. & BROCKMANN H.J., 1987-** *What is bet-hedging?*. Oxford Surveys in Evolutionary Biology. R. Dawkins & M. Ridley, Oxford University

Press, Oxford, pp. 182-211.

- 176. FEENY P., 1976-** Plant apparency and chemical defence in biochemical interactions between plant and insects. In : *Recent advances in phytochemistry*, Wallace J.W. & Mansell R.L. (eds), 10 : 1-40.
- 177. SCHWEITZER D.F., 1979** - Effects of foliage age on body weight and survival in larvae of the tribe Lithophanini (*Lepidoptera : Noctuidae*) , *Oikos* , 32 : 403-408. 177.
- 178. WINT W., 1983** - The role of alternative host-plant species in the life of a polyphagous moth, *Operophtera brumata* (*Lepidoptera : Geometridae*) , *Jour.Anim.Ecol.*, 52 : 439-450. 206.
- 179 FURUTA K., 1987** - Amounts of favorable feeding materials in spring for the maple aphid, *Periphyllus californiensis* Shinji, estimated from the phenological relations between the aphid and host trees , *J.Appl.Entomol.*, 104 : 144-157. 69.
- 180. RAUPP M.J. et DENNO R.F., 1983** - Leaf age as a predictor of herbivore distribution and abundance In: Denno RF, McClure MS (eds) Variable plants and herbivores in natural and managed systems Academic Press Eds. New York, USA, 91p.
- 181. HAUKIOJA E. & HAKALA T., 1978-** Life history evolution in *Anodonta piscinalis* (*Mollusca : Pelecopoda*). *Oecologia* 35: 253-266.
- 182. MAIORANA V.C., 1978** - What kind of plants do herbivores really prefer? *Am.Nat.*, 112 : 631-635. 116.
- 183. SIMPSON S.J. et SIMPSON C.L., 1990** – The mechanisms of nutritional compensation by phytophagous insects. In: *Insect-Plant interactions*. Vol. II. Ed. CRC press, Florida, pp. 111-160.
- 184. STAEMPFLI G., 2001** – Etude des relations entre l'exposition de "*Folsomia candida*" à un micropolluant organique et les effets observés à différents niveaux d'organisation biologique : utilité des biomarqueurs comme outil prévisionnel. Thèse EPFL, Maîtrise d'écologie, Université de Bourgogne, France. 141p.

185. **SIROT E. et BERNSTEIN C., 1996** – Time sharing between host searching and food searching in parasitoids: state-dependent optimal strategies. *Behavioral Ecology* 7(2): 189.
186. **CASAS J., NISBET R.M., SWARBRICK S. et MURDOCH W.W., 2000** – Eggload dynamics and oviposition rate in a wild population of a parasitic wasp. *Journal of Animal Ecology*. 69.185-193.
187. **CAMPANELLA P.J. et WOLF L.L., 1974** - Temporal leks as a mating system in a temperate zone dragonfly (*Odonata : Anisoptera*). I. *Plathemis lydia* (Drury). *Behavior* 5149-87.
188. **RINGO J., 1996** – Sexual receptivity in insects. *Annual Reviews in Entomology* 41473-494.
189. **WIGGLESWORTH V. B., 1972** – The circulatory and system and associated tissues, *The Principles of Insect Physiology*. Chapman et Hall, London.
190. **OLSSON O., 1997** – Clutch abandonment: a state-dependent decision in King Penguins. *Journal of Avian Biology*- 28(3): 264.
191. **GAUTHIER-CLERC M., LEMAHO Y., GENDNER J.P., DURANT J. et HANDRICH Y., 2001** – State-dependent decisions in long-term fasting king penguins, *Aptenodytes patagonicus*, during courtship and incubation. *Animal Behaviour* 62 (4): 661-669.
192. **NUNES S., HA C.-D.T., GARRETT P.J., MUEKE E.-M., SMALE L. et HOLEKAMP K.E., 1998** – Body fat and time of year interact to mediate dispersal behavior in ground squirrels. *Animal Behavior* ; 55. 605-614.
193. **DEDRYVER C.A., 1982** – Qu'est ce qu'un puceron ? Les pucerons des cultures. Jour. D'étude D'inf. *Paris, 2, 3 et 4 mars 1981, A.C.T.A.*, pp. 9 - 20.
194. **ROITBERG B. D., et PROKOPY R. J., 1983** – Host deprivation influence on response of *Rhagoletis pomonella* to its oviposition deterring pheromone. *Physiological Entomology*, 8, 69-72.

195. **DENNO R.F., MCCLURE M.S. & OTT J.R., 1995**- Interspecific interactions in phytophagous insects - competition reexamined and resurrected. *Annual Review of Entomology*, 40, 297-331.
196. **RAUPP M.J. et DENNO R.F., 1983** - Leaf age as a predictor of herbivore distribution and abundance In: *Denno RF, McClure MS (eds) Variable plants and herbivores in natural and managed systems*, Academic Press Eds. New York, USA, 91p.
197. **MATTSON W.A. et SCRIBER J.M., 1987** - Nutritional ecology of insect folivores of woody plants: Nitrogen, water, fiber and mineral considerations. *In : Nutritional ecology of insects, mites, spiders and related invertebrates*, Ed. John Wiley, New York, USA, pp.105-146. 125.
198. **SCHULTZ J.C., 1983** - Impact of variable plant defensive chemistry on susceptibility of insects to natural enemies. *In :Plant resistance to insects*, Ed. Hedin P., Washington, USA, pp.37-55. 175.
199. **HUNTER A.F., 1991** - Traits that distinguish outbreaking and nonoutbreaking Macrolepidoptera feeding on northern hardwood trees ,*Oikos*, 60 : 275-282. 106.
200. **FLORE J. A., LAKSO A. N., 1989**- Environmental and physiological regulation of photosynthesis in fruit crops. *Hortic. Rev.* **11**, 111-157.
201. **LAKSO A. N., 1994**- Environmental physiology of the apple. *In:* Environmental Physiology of Fruit Crops. Vol. 2. Schaffer B., Andersen P.C. (Eds.), CRC Press, 3-42.
202. **PALMER J. W., 1980**- Computed effects of spacing on light interception and distribution within hedgerow trees in relation to productivity. *Acta Hortic.* **114**, 80-88.
203. **ROBINSON T. L., LAKSO A. N., 1991**- Bases of yield and production efficiency in apple orchards systems. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **116** (2), 188-194.

204. **TUSTIN D.-S., CASHMORE W.-M., BENSLEY R.-B., 1998-** The influence of orchard row canopy discontinuity on irradiance and leaf area distribution in apple trees. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 73 (3), 289- 297.
205. **JACKSON J. E., 1980-** Light Interception and utilization by orchard systems. *In: Horticultural Reviews*. Vol. 2 (ed. J. Janick), AVI Publishing Co., Westport, Connecticut.
206. **BOARDMAN N. K., 1977-** Comparative photosynthesis of sun and shade plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 28, 355-377.
207. **BARDEN J. A., 1978-** Apple leaves, their morphology and photosynthetic potential. *Horticultural Science* 13 (6), 644-646.
208. **FALLAHI E., MOON J. W., JORDAN Jr., JORDAN K., 1994-** Photosynthetic acclimation of leaves of three apple cultivars as affected by growth under different light regimes. *Fruit Varieties Journal* 48 (3), 163-170.
209. **SORIA F., 1963-** Etude des populations et de dispersion de *Ceratitis capitata* Wied. (*Diptera : Trypetidae*) en Tunisie a l'aide des radio - isotopes. Int. Atomic. Energy. Agency IAEA I Vienne. pp: 357-363.
210. **DHOUBI M.H., GAHBICH H. & SAADIE B., 1995 -** Evolution de l'attaque des fruits par *Ceratitis capitata* en fonction de la position sur l'arbre et du degré de maturité des oranges. *Fruits*. Vol 50. N°1. pp : 39 – 49.
211. **BERTIN Y., DIDIER C. & DUCELIER D., 1998-** Protection phytosanitaire des agrumes. CIRO-FLHOR. pp : 73 – 76.
212. **SAMPAIO G.H., MYAZAKI I. & OLIVERA D.A., 1984-** Possible factors determining the degree of susceptibility of certain citrus varieties to attack by fruit flies. *Biologico*. Ref 5. pp: 273-284.
213. **NICANOR J., ROY T. & SUSUMU N., 1990-** Host plants of Mediterranean fruit fly (*Diptera: Trypetidae*) on the Island of Hawaii (1949-1985 Survey). *J. Economic Entomol.* Vol. 83 N°5, pp:1864-1878.
214. **MONDY N., 1999-** Dynamique ovarienne chez un parasitoïde

synovigénique. UMR CNRS 6035, Université de Tours. France.

- 215. GAHBICHE H., 1993** - Contribution à l'Etude de la Bioécologie de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* Wiedemann 1829 (*Diptera: Tephritidae*) dans deux biotopes du Nord de la Tunisie. Mémoire de fin d'études du cycle de spécialisation de l'INAT.
- 216. SORIA F., 1961** - Evolution des chutes de fruits dans un verger d'agrumes en Tunisie au cours de la saison agrumicole 1960/61. Ann. de l'INRAT, vol 32: 95-108.
- 217. MINKENBERG O., TATAR M. ET ROSENHEIM A. 1992-** «Egg Load as a Major Source of Variability in Insect Foraging and Oviposition Behavior». *Oikos*. vol. 65, no 1, p. 134-142.
- 218. ROSENHEIM J. A., WILHOIT L. R. ET ANNEL C. A., 1993-** «Influence of intraguild predation among generalist insect predators on the suppression of an herbivore population». *Oecologia*. vol. 96, p. 439-449.
- 219. FREUND R. L. ET OLMSTEAD K. L., 2000-** «Role of Vision and Antennal Olfaction in Habitat and Prey Location by Three Predatory Heteropterans». *Environment/ Entomology*. vol. 29, no 4, p. 721-732.
- 220. HENNEMAN M. L., DYRESON E. G., TAKABAYASHI J. ET RAGUSO R. A., 2002-** «Response to Walnut Olfactor 1 and Visual Cues by the Parasitic Wasp *Diachasmimorpha juglandis*». *Journal of Chemical Ecology*. vol. 28, no 11, p. 2221-2244.
- 221. STACLLER E. 2002-** Plant chemical cues important for egg deposition by herbivorous insects. Coll. «Dans Hilker, M. et Meiners, J. (eds) Chemoecology of Insect Eggs and Egg Deposition». Berlin: Blackwell Publishing, 171-204 p.
- 222. ABDELLI O., 1996-** Etude de quelques aspects de la bioécologie de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824), (*Diptera : Trypetidae*) dans le parc de Chaïb. Thèse. Mag. Inst. Sc. Nat. Uni. Tizi-ouzou. 76p.
- 223. SMAÏL O. & KHEDDOUCI D., 2000-** Relations entre le degré d'infestation de différentes variétés fruitières par *Ceratitis capitata* Wied, 1824 (*Diptera* ;

Trypetidae) et les caractéristiques physico-chimiques des fruits dans différents vergers de la wilaya de Tizi-ouzou, These Ing. Uni. Tizi-Ouzou. 64p.

- 224. DEKHLI L., 2006-** Estimation de l'infestation par *Ceratitis capitata* (Wied. 1824) et suivi de la dynamique de ses populations sur différentes espèces et variétés fruitières à Tizi-ouzou et Boumerdes. These. Ing. Faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques. Uni de Tizi-Ouzou. 90p.
- 225. DELASSUS M., BRICHET J., BALACHOWSKY A. & LEPIGNE A., 1931-** Les ennemis des cultures fruitières en Algérie et les moyens pratiques de les combattre. Ed. Recher. Agro. Algérie. pp : 53 – 62.
- 226. SAMPAIO G.H., MYAZAKI I. & OLIVERA D.A., 1984-** Possible factors determining the degree of susceptibility of certain citrus varieties to attack by fruit flies. Biologico. Ref 5. pp: 273-284.
- 227. QUILICI S., 1993 -** Programme de recherche et d'action sur la mouche méditerranéenne des fruits à l'île de la Réunion. Fruits. Vol. 49. Spécial « Vergers tropicaux ». pp : 28- 41.
- 228. DHOUBI M.H., GAHBICH H. & SAADIE B., 1995 -** Evolution de l'attaque des fruits par *Ceratitis capitata* en fonction de la position sur l'arbre et du degré de maturité des oranges. Fruits. Vol 50. N°1. pp : 39 – 49.
- 229. FERON M., 1962 -** L'instinct de reproduction chez la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* Wied. Comportement sexuel, comportement de ponte. Rev. Pathol veget. Entomol. Agri. Fr. 41, pp : 1 – 129.
- 230. KATSOYANNOS B.I., 1986-** Effect of color properties on the selection of oviposition site by *Ceratitis capitata*. Entomol. Exp. App1. 42, pp: 187 – 193.
- 231. KATSOYANNOS B.I., KOULOSSIS N.A. & PAPADOPOULOS N.T., 1997-** Response of *Ceratitis capitata* to citrus chemicals under semi-natural conditions. Entomologia Experimentalis et Applicata 82. pp: 181–188.
- 232. PAPA J D.R. & OPP S.BR. J., 1989-** Cross inductions of fruit acceptance

by Medfly *Ceratitis capitata*. J. Insect behavior. Vol. 2. 15 ref. pp: 241-254.

- 233. CHARARAS C., 1972** - Les insectes du peuplier, biologie, écologie, nocivité, méthodes de Production, Lib. De la fac. Des sc. Eds. Paris, 272 p. 37.
- 234. LEVINS R., 1968** - Evolution in changing environments, Princeton University Press Eds. Princeton 108.
- 235. BARBAULT R., 1981** - Ecologie de population et des peuplements. Ed. MASSON, 200p.
- 236. ROFF D.A., 1992-** The evolution of life histories: theory and analysis. Chapman & Hall, London.
- 237. CHARARAS C., 1980** – Ecophysiologie des insectes parasites des forêts. Ed. Lib. De la faculté des Sc. Paris, 293p.
- 238. BENASSY C., 1975** - Les cochenilles des agrumes dans le bassin méditerranéen , *Ann.Inst.Nat.Agro.*, 6 : 118-142. 19.
- 239. WEEMS, H. 1974-** Orange spiny whitefly, *Aleurocanthus spiniferus* (Quaintance) (*Homoptera: Aleyrodidae*). Florida Department of Agriculture and Consumer Services.Division of Plant Industry Entomology Circular, 151:1-2.
- 240. DELRIO G., 1985-** Tephritid pests in citriculture. CEC/Proc. Experts meeting. Acireal ; Balkema. Rotterdam. Integrated pest control in citrus. Ed. Recher. CAVALORO and DIMARTINO. pp: 135-149.
- 241. FLETCHER B. S., 1987.** The biology of Dacine fruit flies. CSIRO,Division of entomology , 55 Hastings Road, Warrawee, New South Wales 2074, Australia.
- 242. MANSOUR M. H., 1975-** «The Role of Plants as a Factor Affecting Oviposition by *Aphidoletes aphidimyza* (*Diptera: Cecidomyjidae*)». *Entomologia Experimentalis et Applicata*. vol. 18. p. 173-179.

243. **MESSENGER P.S. & FLITTERS N.E., 1958-** Effects of constant temperature environments on the egg stage of three species of Hawaiian fruit flies. *Annals of the Entomological Society of America*, 51, 109-119.
244. **CROVETTI T., CONTI B. & DELRIO G., 1986-** Effect of abiotic factors on *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera : Tephritidae) - II. Pupal development under constant temperatures. In *Fruit Flies of Economic Importance* (ed R. Cavalloro), pp. 141-147. Balkema, Rotterdam.
245. **DELRIO G., CONTI B. & CROVETTI A., 1986-** Effect of abiotic factors on *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera : Tephritidae) - I. Egg development under constant temperatures. In *Fruit Flies of Economic Importance* (ed R. Cavalloro), pp. 133-139. Balkema, Rotterdam.
246. **YANG P., CAREY J.R. & DOWELL R.V., 1994-** Temperature influences on the development and demography of *Bactrocera dorsalis* (Diptera, Tephritidae) in China. *Environmental Entomology*, 23, 971-974.
247. **VARGAS R.I., WALSH W.A., JANG E.B., ARMSTRONG J.W., & KANEHISA D.T., 1996-** Survival and development of immature stages of four Hawaiian fruit flies reared at five constant temperatures. *Annals of the Entomological Society of America*, 89 (1), 64-69.
248. **VARGAS R.I., WALSH W.A., KANEHISA D., JANG E.B., & ARMSTRONG J.W., 1997-**Demography of four Hawaiian fruit flies (Diptera: Tephritidae) reared at five constant temperatures. *Annals of the Entomological Society of America*, 90, 162-168.
249. **BRÉVAULT T. & QUILICI S., 1999-** Factors affecting behavioural responses to visual stimuli in the tomato fruit fly, *Neoceratitis cyanescens*. *Physiological Entomology*, 24, 333-338.
250. **VARGAS R.I., WALSH W.A., KANEHISA D., STARK J.D., & NISHIDA T., 2000-** Comparative demography of three Hawaiian fruit flies (Diptera: Tephritidae) at alternating temperatures. *Annals of the Entomological Society of America*, 93, 100-108.

Society of America, 93, 75-81.

- 251. TSITSIPIS J.A. & ABATZIS C., 1980-** Relative-humidity effects, at 20-degrees, on eggs of the olive fruit fly, *Dacus oleae* (Diptera, Tephritidae), reared on artificial diet. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 28, 92-99.
- 252. NEILSON, W.T.A., 1964-** Somme effects of relative humidity on development of pupae of the Apple Maggot, *Rhagoletis pomonella* (Walsh). *The Canadian Entomologist*, 96, 810-811.
- 253. SHOUKRY A. & HAFEZ M., 1979-** Studies on the biology of the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata*. Ent. Exp and Appl. N°26. pp: 33-39.
- 254. ESKAFI F.M. & FERNANDEZ A., 1990-** Larval-pupal mortality of Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) from interaction of soil, moisture, and temperature. *Environmental Entomology*, 19, 1666-1670.
- 255. TERUYA T., 1990-** Effect of relative humidity during pupal maturation on subsequent adult eclosion and flight capability of the melon fly, *Dacus cucurbitae* Coquillett (Diptera, Tephritidae). *Applied Entomology and Zoology*, 25, 521-523.
- 256. FITT G.P., 1986-** The roles of adult and larval specializations in limiting the occurrence of five species of *Dacus* (Diptera, Tephritidae) in cultivated fruits. *Oecologia*, 69, 101-109.
- 257. FERNANDES-DA-SILVA P.G. & ZUCOLOTO F.S., 1993-** The influence of host nutritive value on the performance and food selection in *Ceratitis capitata* (Diptera, Tephritidae). *Journal of Insect Physiology*, 39, 883-887.
- 258. CAREY J.R., 1984-** Host-specific demographic studies of the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata*. *Ecological Entomology*, 9, 261-270.
- 259. PROKOPY R.J. & ROITBERG B.D., 1984-** Foraging behavior of true fruit flies [Tephritidae]. *American Scientist*, 72, 41-49.

- 260. ALUJA M. & PROKOPY R.J., 1993-** Host odor and visual stimulus interaction during intratree host finding behavior of *Rhagoletis pomonella* flies. *Journal of Chemical Ecology*, 19, 2671-2696.
- 261. QUILICI S., RIVRY L., & ROSSOLIN G., 1994-** Visual stimuli influencing the choice of oviposition site in *Ceratitis rosa* Karsch (*Diptera: Tephritidae*). In Current research on tropical fruit flies and their management (eds H.S. Yong & S.G. Khoo), pp. 9-21. University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia.
- 262. BRÉVAULT, T. & QUILICI, S., 1999-** Factors affecting behavioural responses to visual stimuli in the tomato fruit fly, *Neoceratitis cyanescens*. *Physiological Entomology*, 24, 333-338.
- 263. HUGHES D., 1963.** - Population dynamics of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.). *J. appl. Ecol.*, 32, 393-424.
- 264. DELOBELA G. L. & LUBEGAM C., 1984-** Rainfall as a mortality factor in the sorghum shootfly, *Atherigona soccata* Rond. (*Diptera, Muscidae*). *Z. angew. Entomol.* 97, 510-516.
- 265. LACOSTE A., 2001-** Neuroendocrinologie et neuroimmunologie du stress chez un modèle invertébrés .l'huître *Crossostrea gigas*.Th. Doc. Station biologique de Roscoff, 344p.
- 266. FLEMING R.A. et VOLNEY W.J.A., 1995-** Effects of climate change on insect defoliator population processes in Canada's boreal forest: some plausible scenarios. *Water, Air, and Soil Pollution*, 82, pp. 445-454.
- 267. LAVOIR A.V. 2004** - Résistance aux stress thermique et lumineuse et émissions de COV chez deux espèces de chênes méditerranéens (*Quercus ilex* et *Quercus suber*). Diplôme d'études approfondies (DEA) BIOSCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT, CHIMIE ET SANTE.
- 268. HAACK R.A., 1997** - White spruce and the spruce budworm: defining the phenological window of susceptibility, *Can. Entomol.*, 129: 291-318. 103.

269. **KORICHEVA J., LARSSON S. et HAUKIOJA E., 1998-** Insect performance on experimental lystressed woody plants: a meta-analysis. *Annu. Rev. Entomol.*, 43, pp. 195-216.
270. **CATES R.G. et ALEXANDER H., 1992-** Host resistance and susceptibility. *In: Bark Beetles of North American Conifers / J.B. Mitton et K.B. Surgeon, Eds. University of Texas Press, pp. 212-263.*
271. **SCHOLL J.P., KELSEY R.G. et SHAFIZADEK F., 1977 -** Involvement of volatile compounds of *Artemisia* in browse preference by mule deer, *Biochem.Syst.Ecol.*, 5 : 291-295. 172.
272. **RICE R.L., LINCOLN D.E. et LANGENHEIM J.H., 1978 -** Palatability of monoterpenoid compositional types of *Satureja douglasii* to a generalist molluscan herbivore *Ariolimax dolichophallus* ,*Biochem.Syst.Ecol.*, 6 : 45-53. 161
273. **LANGENHEIM J.H., FOSTER C.E. et MCGINLEY R.B., 1980 -** Inhibitory effects of different quantitative compositions of *Hymnea* leaf resins on a generalist herbivore *Spodoptera exiqua* , *Biochem.Syst.Ecol.*, 8 : 385-396. 101.
274. **HOUGH J.A. et PIMENTEL D., 1978-** Influence of host foliage on development, survival and fecundity of the gypsy moth. *Environ. Entomol.* 7, pp. 97-102.
275. **SCRIBER, J.M. et F. SLANSKY, JR. 1981-**The nutritional ecology of immature insects. *Annu. Rev. Entomol.* 26, pp.183-211.
276. **RHOADES, D.F., 1983-** Herbivore population dynamics and plant chemistry. Dans: Denno, R.F. et M.S. MCCLure (eds). *Variable plants and herbivores in naturel and managed systems.* New-York. Academic Press. , pp. 155-220.
277. **LORENZETTI F., 1998-** Performances relatives de la livrée des forêts, *Malacosoma disstria* Hbn. sur l'érable à sucre, *Acer saccharum* Marsh. Sain et dépéri et sur le peuplier faux-tremble, *Populus tremuloides* Michx., en relation avec la chimie foliaire. Mémoire de maîtrise, UQAM.

278. **BAUCE É., CARISEY N. et DUPONT A., 2001** - Implications des relations alimentaires plante-insecte dans la lutte contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, *Actes du colloque « Tordeuse des bourgeons de l'épinette »* : 101.
279. **FEENY P.P., 1970** - Seasonal changes in oak leaf tannins and nutrients as a cause of spring feeding by winter moth caterpillars, *Ecology*, 51 : 565-581. 61.
280. **BERNAYS E.A. et CHAMBERLAIN D.J., 1980** - A study of tolerance of ingested tannin in *Schistocerca gregaria*. *Journal of Insect Physiology*, 26: 415-420.
281. **KLOCKE J.A. et CHAN B.G., 1982** - Effects of cotton condensed tannin on feeding and digestion in the cotton pest, *Heliothis zea*. *Journal of Insect Physiology*, 28: 911-915.
282. **LAWSON D.L., MERRITT R.W., KLUG M.J. et MARTIN J.S., 1982** - The utilization of late season foliage by the orange striped oakworm, *Anisota senatoria*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2: 242-248.
283. **REESE J.C., CHAN B.G. et WAISS A.C.J., 1982** - Effects of cotton condensed tannin, Maysin (corn) and Pinitol (soybeans) on *Heliothis zea* growth and development. *Journal of Chemical Ecology*, 8: 1429-1436.
284. **BERNAYS E.A. et WOODHEAD S., 1982** - Plant phenols utilized as nutrients by a phytophagous insect. *Science*, 216: 201-202.
285. **Appel H.M. & Schultz J.C., 1994**- Oak tannins reduce effectiveness of thuricide (*Bacillus thuringiensis*) in the gypsy moth (*Lepidoptera: Lymantriidae*). *Journal of Economic Entomology*, 87: 1736-1742.
286. **SCHOONHOVEN L.M., JERMY T., et VAN LOON J.J.A., 1998** - *Insect-plant Biology: From Physiology to Evolution*. Chapman & Hall Eds. London, UK 173.
287. **DETHIER V.G., 1982** - Mechanism of host-plant recognition. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 31: 49-56.

- 288. HAGERMAN A.E. et BUTLER L.G., 1991** - Tannins and lignins. in G.A. Rosenthal and M.R. Berenbaum (eds.). *Herbivores, Their Interaction with Secondary Plant Metabolites*, Vol. I. The Chemical Constituents, 2nd ed. Academic Press, San Diego California. pp.355-388
- 289. AWMACK C.S. et LEATHER S.R., 2002** - Host plant quality and fecundity in herbivorous insects, *Annual Review of Entomology*, 47 : 817-844. 8.
- 290. STAMP N., 2003** - Out of the Quagmire of plant defense hypotheses. *The Quarterly Review of Biology*, 78: 23-55.
- 291. HAUKIOJA E. et NEUVONEN S., 1987** - Insect population dynamics and induction of plant resistance: the testing of hypotheses. In: *Insect outbreaks*. Edited by P. Barbosa & J.C. Schultz. Academic Press, New York. pp. 411-432.
- 292. OSIER T.L., HWANG S.Y. et LINDROTH R.L., 2000a** - Within- and between-year variation in early season.
- 293. RAUPP M. J. et DENNO R. F., 1983** – Leaf age as a predictor of herbivore distribution and abundance. In: Denno RF, McClure MS (eds) *Variable plants and herbivores in natural and managed systems*. Academic Press, New York, pp 91-124.
- 294. MCKEY D., WATERMAN D.G., GARTLAN J.S. et STRUHSAKER T.I., 1978** - Phenolic content of vegetation in two African rain forests: Ecological implications ,*Science*, 202 : 61-63. 129.
- 295. FEENY P.P., 1992** - The evolution of chemical ecology: contributions from the study of herbivorous insects in G.A. Rosenthal and M.R. Berenbaum, editors. *Herbivores: their interaction with secondary plant metabolites*. Vol. II. Academic Press, Orlando, Florida, USA. . pp. 1-44
- 296. ALBERT P.J. et PARISELLA S., 1985** – Feeding preferences of eastern spruce budworm larvae in two-choice tests with combinations of host-plant extracts. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 38, pp. 221-225.

297. **KUMBAŞLI M.2005** – Etudes sur les composés polyphénoliques en relation avec l'alimentation de la tordeuse des bourgeons de l'épinette *Choristoneura fumiferana* Clem. Thèse de Philosophie Doctor (Ph.D.). Faculté de foresterie et de géomatique. Université Laval, Québec, 2005: 199p.
298. **BERENBAUM M., 1983** - Effects of tannin on growth and digestion in two species of Papilionids. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 34: 245-250.
299. **BERNAYS E.A., CHAMBERLAIN D.J. et Mc CARTHY P., 1980** - The differential effects of ingested tannic acid on different species of Acridoidea. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 28: 158-166.
300. **BERNAYS E.A., COOPER DRIVER G. et BILGENER M., 1989** - Herbivores and plant tannins. *Advances in Ecological Research*, 19: 263-302.
301. **MANUWOTO S. et SCRIBER J.M., 1986** - Effects of hydrolysable and condensed tannin on growth and development of polyphagous Lepidoptera: *Spodoptera eridania* and *Callosamia promethea*. *Oecologia*, 69: 225-230.
302. **MAKESCHIN F., REHFUESS K.E., RÜSCH I. et SCHÖRRY R., 1989** - Anbau von Pappeln und Weiden im Kurzumtrieb auf einem ehemaligen Acker: Standortliche Voraussetzungen, Nährstoffversorgung, Wuchsleistung und bodenökologische Auswirkungen , *Forstwiss.Cbl.*, 108 : 125-143. 117.
303. **HOPKINS., 1999** - Introduction to plant physiology. *Second edition. The university of western Ontario* ,John Wilay and sons. Eds. 512p. 86.
304. **BOUAOUINA S., ZID E. et HAJJI M., 2000** - Tolérance à la salinité, transports ioniques et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (*Triticum turgidum* L.), *Option Méditerranéennes*, 40 : 239-243. 23
305. **CHABOUSSOU F., 1975**- Les facteurs culturaux dans la résistance des agrumes vis-à-vis de leurs ravageurs. *St. Zool. Inst. Nat. Rech. Agro., Bordeaux*, 39 p.

306. **FORKNER R.E., MARQUIS R.J. et LILL J.T., 2004** - Feeny revisited: condensed tannins as antiherbivore defences in leaf-chewing herbivore communities of *Quercus*, *Ecological Entomology*, 29 : 174-187. 65.
307. **BAUCE É., CARISEY N. et DUPONT A., 2001** - Implications des relations alimentaires plante-insecte dans la lutte contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, *Actes du colloque « Tordeuse des bourgeons de l'épinette :* 101
308. **BAUCE É. et HARDY Y., 1988** - Effects of drainage and severe defoliation on the raw fiber content of balsam fir needles and growth of the spruce budworm (*Lepidoptera: Tortricidae*), *Environmental Entomology*, 17: 671-674.
309. **CAMPANELLA P.J. et WOLF L.L., 1974** - Temporal leks as a mating system in a temperate zone dragonfly (*Odonata : Anisoptera*). I. *Plathemis lydia* (Drury). *Behavior* 5149-87.
310. **DEDRYVER C.A., 1982** - Qu'est ce qu'un puceron? *Jour.D'étu et d'inf.Les pucerons des cultures.Acta* , Paris : 9-20. 103
311. **RINGO J., 1996** - Sexual receptivity in insects, *Annual Reviews in Entomology*, 41 : 473-494. 164.
312. **VANCASSEL M., 1977** - Le développement du cycle parental de *Labidura riparia* ,*Biology of Behaviour*, 2 : 51-64. 193.
313. **OLSSON O., 1997** - Clutch abandonment: a state-dependent decision in King Penguins , *Journal of Avian Biology*, 28(3) : 264. 142.
314. **GAUTHIER-CLERC M., LEMAHO Y., GENDNER J.P., DURANT J. et HANDRICH Y., 2001** - State-dependent decisions in long-term fasting king penguins, *Aptenodytes patagonicus*, during courtship and incubation, *Animal Behaviour* : 661-669. 71.
315. **TURNER N.C., 1990** – The benefits of water deficit. In : proceedings of the international congress of plant physiology, New Delhi, India, Vol. 2, Sol. Plant Physiol. Biochem., New Delhi.

316. **BÁLO B., VARGA I., VÁRADI G. et MISIK S., 1995** – Drought damage in vineyards. INRA, Inter drought, VIII-27.
317. **MEDRANO H., AGUILO F. et SOCIAS F.X., 1992** – Effect of drought on subterranean clover: 1- leaf water relations of plants subjected to rapid or slowly induced drought. *Photosynthetica*, 27(3), 413-419.
318. **CABEZA C., KIN A. et LEDENT J. F., 1995** – Effect of irrigation and tiller removal on development and yield of the main shoot in two wheat cultivars. INRA, Inter drought, VIII-29.
319. **DIB T.A., MONNEVEUX P et ARAUS J.L., 1992** - Adaptation à la sécheresse et notion d'ideotype chez le blé dur. II : caractères physiologiques d'adaptation. Elsevier, INRA, Agronomie, 12, 381-393.
320. **DEBAEKE P., CASALS M.L. ET PUECH J., 1996** – Elaboration du rendement du blé d'hiver en conditions de déficit hydrique.1. Etude en lysimètres. *Agronomie* 16, 3 – 23
321. **TURNER N.C., WALTER R.S ET EVANS P., 1987** – Water relations and osmotic adjustment of leaves and roots of Lupines' in response to water deficits. Published in *Crop Sci.*, 27, 977-983.
322. **GATE PH. 1995** – Ecophysiologie du blé. ISBN 2 – 7430 – 0046 – 5. Ed Tec et Doc Lavoisier, 429 p.
323. **HANCOCK, D.L., KIRK-SPRIGGS, A.H., AND MARAIS, E. 2001.** An annotated checklist and provisional atlas of Namibian *Tephritidae* (*Diptera: Schizophora*). *Cimbebasia*, 17:41-72.