

ةيروهمجلا ةسيرنازجلا ةيطارقميدلا ةسيبعشلا

République Algérienne Démocratique et Populaire

ةرازو ميلعتلا يلعل او ثحبلا يملعل

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

ةسردملا ايلعل ةحلافلل - شارحلا-رنازجلا

Ecole Nationale Supérieure Agronomique

EL-HARRACH - ALGER

MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de magister en sciences agronomiques
Option : Santé Végétale et Environnement

SUJET

L'effet des sels minéraux du sol
sur l'écologie de *Parlatoria ziziphi*
(Homoptera : Diaspididae) dans un
verger d'oranger à Rouiba

Présenté Par :

BOUKHOBZA Lalia

Soutenue devant le jury d'examen :

Président	: Mr BENZEHRA A.	Professeur (ENSA)
Promoteur	: Mr BICHE M.	Professeur (ENSA)
Co/promotrice	: Mme BELGUENDOUZ R.	Maitre de conférence-B(Univ.Blida)
Examineurs	: Mr MENZER N.	Chargé de cours (ENSA)
	: Mr SIAFA A.	Chargé de cours (ENSA)

Année universitaire : 2015 / 2016

Dédicace

A mes très chers parents 'Boukhobza Larbi' et 'Bechbech Fatma'

Vos encouragements et vos prières m'ont toujours soutenue et guidé. En ce jour, j'espère réaliser un de vos rêves et être digne de vous. Veuillez trouver, mes très chers parents, dans cette thèse le fruit de votre dévouement ainsi que l'expression de ma gratitude et de mon profond amour. Que Dieu vous garde et vous procure santé et longue vie.

A mon frère 'Mohamed' et mes sœurs 'Rababe, Halima, Aicha et Ikram' pour leur soutien permanent et leurs encouragements continus. Ils ont vécu en même temps que moi toutes les étapes de cette thèse, avec ses joies et ses peines.

A Ma grande mère 'Hafed Zohra' et mes oncles 'Ahmd, Ibrahim, Abedalkader'.

A mes chères amis : Insaf, Abir, Monia, Maha, Zahera, Chahra, Noura, Naredjes, Kamy, Youcef, Zakí, Hamza, Halim et Sifou.

A tous ceux qui ont contribué à notre formation sans exception.

Lalia.

Remerciements

Je tiens à remercier en premier lieu le bon dieu pour la réalisation de ce modeste travail.

J'exprime ma profonde reconnaissance à mon promoteur M^r Biche M. pour m'avoir guidé, conseillé, et prêté assistance tout au long de mon travail.

Mes remerciements vont aussi à M^{me} BELGANDOUIZE R. qui bien voulu accepter d'être ma co-promotrice et qui a contribué à l'orientation et à la réalisation de ce travail.

J'exprime ma profonde gratitude à M^r BENZEHRA A. pour avoir accepté de présider le jury de ma thèse.

Je profite de témoigner mes remerciements à M^r SIAFA A. et M^r MENZER N. qui ont bien voulu examiner et porter juge à ce travail.

Je n'oublierai pas de remercier aussi M^r Bouadis M., le propriétaire du verger dans lequel j'ai effectué mon expérimentation.

Enfin je remercie tous mes amis et toute personne ayant participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Liste des cartes

	Page
Carte 1 : Carte de localisation de la plaine de la Mitidja orientale selon.....	04
Carte 2 : Principaux pays producteurs d'agrumes dans le monde.....	11
Carte 3 : Répartition mondiale de <i>Parlatoria ziziphi</i>	35

Liste des photos

	Page
Photo.n°1: Infestation de <i>Parlatoria ziziphii</i> sur orangers.....	39
Photo n°2: Photo de verger à Rouiba.....	37
Photo n°3: Le séchage des prélèvements du sol.....	80
Photo n°4: Mortier et pilon.....	80
Photo n°5: Un tamis et le sol tamisé.....	81

Liste des tableaux

	Page
Tableau n°1 : Température moyennes, minimales et maximales mensuelles de la région de Rouïba de l'année 2014-2015.....	05
Tableau n°2 : Les moyennes pluviométriques mensuelles de la région de Rouïba.....	06
Tableau n°3 : Vitesse moyenne (V. moy.) des vents, exprimée en mètre par seconde (m/s), à Rouïba de l'année 2014-2015.....	06
Tableau n°6 : Dates de floraisons et de maturations de quelques variétés d'agrumes.....	18
Tableau n°7 : Les principaux éléments chimiques présents dans les plantes.....	67
Tableau n°10 : Distribution cardinale de <i>P.ziziphi</i> sur oranger dans la région de Rouïba.....	106
Tableau n°11 : mortalité cardinale de <i>P.ziziphi</i> sur oranger dans la région de Rouïba.....	120
Tableau 12 : Résultat des analyses de la matière organique.....	131
Tableau n° 13 : Normes d'interprétation du taux du calcaire du sol et les résultats d'analyse du sol en CaCO ₃	132
Tableau n°14 : Echelle d'interprétation du pH eau et les résultats d'analyse du sol.....	133
Tableau n°15 : Résultats d'analyse de l'acidité échangeable.....	134
Tableau n°16 : l'échelle internationale de mesure de la salinité pédologique et les résultats des analyses effectués de la conductivité électrique du sol.....	135
Tableau n° 17 : Résultats des analyses chimiques du sol.....	136
Tableau n° 18 : Résultats des analyses chimiques du sol (suite).....	136
Tableau n° 19 : Normes d'interprétation pour l'Azote	136
Tableau n°20 : Classement des sols en fonction de leur rapport C/N	137
Tableau n°21 : Normes d'interprétation pour le phosphore assimilable.....	138
Tableau n° 22 : Normes d'interprétation pour la C.E.C	141
Tableau 23 : Analyse des corrélations entre les éléments minéraux dans le sol d'oranger à 5%	143

Liste des figures

	Page
Figure 1 : Diagramme ombrothermique Gausse durant l'année 2014	08
Figure 2 : L'évolution des superficies, productions et rendements des agrumes par région de 2005/2009.....	15
Figure 3 : Classification des Hémiptères.....	23
Figure 4 : Morphologie du corps du genre <i>Parlatoria</i> , <i>Lepidosaphes</i> et <i>Aonidiella</i>	24
Figure 5 : Présentation du stylet.....	24
Figure 6 : Male adulte de cochenille diaspine.....	26
Figure 7 : Cycle de développement des cochenilles diaspines.....	32
Figure 8 : Femelle de <i>P. ziziphi</i>	36
Figure 9 : Pygidium de la femelle.....	36
Figure 10 : Mâle et femelle d'une cochenille noire sur une feuille d'agrumes.....	36
Figure 11 : Mâle adulte de <i>Parlatoria ziziphi</i>	37
Figure.12 : Bouclier de mâle	37
Figure 13 : Adulte de <i>Chilocorus bipustulatus</i>	41
Figure 14 : Adulte et larve d'un <i>Rhyzobius lophantae</i>	41
Figure 15 : Adulte et larve de Syrphe	42
Figure 16 : Adulte de <i>Coniopteryx</i> sp.	42
Figure 17 : les signaux électriques caractéristiques engendrés par la cochenille du manioc, <i>Phenacoccus manihoti</i> et <i>P. herreni</i> (Sternorrhyncha, Pseudococcidae)	59
Figure 18 : Schéma représentant les différentes catégories de médiateurs chimiques.....	63
Figure 19 : Fluctuation de la population globale de <i>P.ziziphi</i> sur oranger dans la région de Rouïba.....	100
Figure 20 : Fluctuation des populations larvaires de <i>P.ziziphi</i> sur oranger dans la région de Rouïba.....	101
Figure 21 : Fluctuation des adultes de <i>P.ziziphi</i> sur oranger dans la région de Rouïba.....	101
Figure 22 : Fluctuation des larves du 1er stade de <i>P.ziziphi</i> sur oranger dans la région de Rouïba.....	102
Figure 23 : Fluctuation des larves du 2 ^{ème} stade de <i>P.ziziphi</i> sur oranger dans la région de Rouïba.....	103
Figure 24 : Fluctuation du stade nymphal de <i>P.ziziphi</i> sur oranger dans la région de Rouïba.....	104
Figure 25 : Fluctuation des femelles de <i>P.ziziphi</i> sur oranger dans la région de Rouïba.....	105
Figure 26 : Fluctuation des mâles de <i>P.ziziphi</i> sur oranger dans la région de Rouïba.....	106
Figure 27 : Fluctuation du vol des mâles de <i>P.ziziphi</i> sur oranger dans la région de Rouïba.....	106
Figure 28 : Distribution cardinale des larves et des adultes de <i>P.ziziphi</i> sur oranger dans la région de Rouïba.....	107
Figure 29 : Distribution de la population globale de <i>P.ziziphi</i> en fonction de l'organesur oranger dans la région de Rouïba.....	108

Figure 30 : Distribution des populations larvaires et des adultes de <i>P.ziziphi</i> en fonction de l'organe sur oranger dans la région de Rouiba.....	108
Figure 31 : Fluctuations globale et temporelle des populations de <i>P. ziziphi</i>	109
Figure 32 : Fluctuations des populations de <i>P. ziziphi</i> selon le stade évolutif et le temps.....	110
Figure 33 : Fluctuations des populations de <i>P. ziziphi</i> en fonction des orientations dans la région de Rouiba.....	110
Figure 34 : Analyse comparative des populations de <i>Parlatoria ziziphi</i> sur les feuilles et rameaux.....	111
Figure 35 : La fécondité moyenne des œufs de <i>P.ziziphi</i> sur oranger dans la région de Rouiba.....	112
Figure 36 : Fécondité moyenne chez <i>P. ziziphi</i> sur Oranger dans la région de Rouiba.....	112
Figure 37 : La fécondité moyenne des œufs de <i>P.ziziphi</i> en fonction de les orientations cardinales sur oranger dans la région de Rouiba.....	113
Figure 38 : La fécondité moyenne de <i>P.ziziphi</i> en fonction de l'organes sur oranger dans la région de Rouiba.....	114
Figure 39 : Taux de mortalité globale des populations de <i>P.ziziphi</i> sur oranger dans la région de Rouiba.....	115
Figure 40 : Taux de mortalité des populations larvaires de <i>P.ziziphi</i> sur oranger dans la région de Rouiba.....	115
Figure 41 : Taux mortalité des larves du 1er stade de <i>P.ziziphi</i> sur oranger dans la région de Rouiba.....	116
Figure 42 : Taux mortalité des larves du 2ème stade de <i>P.ziziphi</i> sur oranger dans la région de Rouiba.....	117
Figure 43 : Taux mortalité des stades nymphaux de <i>P.ziziphi</i> sur oranger dans la région de Rouiba.....	117
Figure 44 : Mortalité des populations des adultes de <i>P.ziziphi</i> sur oranger dans la région de Rouiba.....	118
Figure 45 : Taux mortalité des femelles de <i>P.ziziphi</i> sur oranger dans la région de Rouiba.....	119
Figure 46 : Taux mortalité des mâles de <i>P.ziziphi</i> sur oranger dans la région de Rouiba.....	119
Figure 47 : La mortalité globale des populations de <i>P.ziziphi</i> selon les orientation sur oranger dans la région de Rouiba.....	120
Figure 48 : La mortalité comparée des larves et des adultes de <i>P.ziziphi</i> selon les orientation sur oranger dans la région de Rouiba.....	121
Figure 49 : Mortalité globale de populations de <i>P.ziziphi</i> en fonction de l'organes sur oranger dans la région de Rouiba.....	121
Figure 50 : Mortalité des larves et des adultes de populations de <i>P.ziziphi</i> en fonction de l'organe sur oranger dans la région de Rouiba.....	122
Figure 51 : Mortalité globale et temporelle des populations de <i>P. ziziphi</i> (Test: G.L.M).....	123
Figure 52 : Mortalité des populations de <i>P. ziziphi</i> en fonction des orientations dans la région de Rouiba (Test:G.L.M).....	123
Figure 53 : Mortalité des populations de <i>P. ziziphi</i> en fonction des organes dans la région de Rouiba (Test:G.L.M).....	124
Figure 54 : Relations existant dans les sols minéraux entre le pH et la disponibilité des éléments nutritifs pour les végétaux.....	133

Figure 55 : Fluctuations des populations de <i>P.ziziphi</i> en fonction du taux d'Azote assimilable sur oranger à Rouïba.....	144
Figure 56 : Fluctuations des larves et les adultes de <i>P.ziziphi</i> en fonction du taux d'Azote assimilable sur oranger à Rouïba.....	145
Figure 57 : Fluctuations des populations de <i>P.ziziphi</i> en fonction du taux de Phosphore assimilable sur oranger à Rouïba.....	146
Figure 58 : Fluctuations des larves et des adultes de <i>P.ziziphi</i> en fonction du taux de Phosphore assimilable sur oranger à Rouïba.....	147
Figure 59 : Fluctuations des populations de <i>P.ziziphi</i> en fonction de la teneur en Potassium sur oranger à Rouïba.....	148
Figure 60 : Fluctuations des larves et des adultes de <i>P.ziziphi</i> en fonction de la teneur en Potassium sur oranger à Rouïba.....	148
Figure 61 : Fluctuations des populations de <i>P.ziziphi</i> en fonction de la teneur en Magnésium sur oranger à Rouïba.....	149
Figure 62 : Fluctuations des larves et des adultes de <i>P.ziziphi</i> en fonction de la teneur en Magnésium sur oranger à Rouïba.....	150
Figure 63 : Fluctuations des populations de <i>P.ziziphi</i> en fonction de la teneur en Calcium sur oranger dans la région de Rouïba.....	151
Figure 64 : Fluctuations des larves et des adultes de <i>P.ziziphi</i> en fonction de la teneur en Calcium sur oranger dans la région de Rouïba.....	151

SOMMAIRE

	Pages.
Dédicaces	
Remerciements	
Liste des tableaux	
Liste des Figures	
Liste des photos	
Liste des cartes	
Introduction Générale	01
Chapitre 1 : Revue bibliographique	
1 - Présentation de la région d'étude	04
1.1 – Situation géographique.....	04
1.2 – Caractéristiques climatiques.....	05
1.2.1 – Les températures.....	05
1.2.2 – La pluviométrie.....	05
1.2.3 – Les vents.....	06
1.3 – Les facteurs biotiques.....	06
1.3.1 – Données floristiques.....	06
1.3.2 - Données faunistiques.....	07
1.4 - Synthèse climatique.....	07
1.4.1 - Diagramme ombrothermique de Gaussen.....	07
1.5 – Situation agrumicole de la région.....	08
2 – La plante hôte	09
2.1 - Origine et distribution géographique.....	09
2.2 – Aire de culture.....	09
2.3 – Importance économique.....	10
2.3.1 – Dans le monde.....	10
2.3.2 – En Algérie.....	12
2.4 – Position taxonomique.....	16
2.5 – Description.....	16
2.6 – Cycle de développement.....	17
2.6.1 - Calendrier culturel.....	18
2.6.2 - Date de floraisons et de maturations des agrumes.....	18
2.7 – Exigences.....	19
2.7.1 – Exigences édaphiques.....	19
2.7.2 – Exigences climatiques.....	19
2.8 – Problèmes phytosanitaires.....	20
2.8.1 – Les principales maladies des agrumes.....	20
2.8.1.1 – Les maladies bactériennes.....	20
2.8.1.2 – Les maladies à virus ou viroses.....	20
2.8.1.3 – Les maladies cryptogamiques.....	21
2.8.2 – Les principaux ravageurs des agrumes.....	21
3 – Les cochenilles	22
3-1 - Position taxonomique.....	22
3.2 – Morphologie.....	23
3.3 – Mobilité.....	25
3.4 – Alimentation.....	26
3.5 – Reproduction.....	27
3.6 – La fécondation.....	28
3.7 – Cycle de développement.....	29
3.8 – Les dégâts.....	32
4 – Données bibliographiques sur la Cochenille noire (<i>Parlatoria ziziphi</i>)	
4.1 – Généralités.....	
4.2 - Position systématique.....	33
4.3 – Nomenclature.....	33
4.4 – Plantes hôtes.....	33
4.5 – Origine et répartition.....	33

4.6 – Description.....	34
4.7 – Biologie.....	34
4.8 – Dégâts.....	35
4.9 – Moyens de lutte.....	37
4.9.1 - Lutte chimique.....	38
4.9.2 - Lutte biologique et leurs effets.....	40
5 - Nutrition minérale	40
5.1 - Relation insecte-plantes hôtes.....	
5.2 - Relation physique.....	43
5.2.1 - Stimuli physiques impliqués lors de la ponte.....	43
5.2.1.1 - Un choix basé sur une balance entre informations à effets positifs et négatifs.....	44
5.2.1.2 - D'une information floue à une information spécifique : qualité de l'information et contexte évolutif.....	46
5.2.1.3 - Association de stimuli tactiles et chimiques.....	
5.3 - Relation chimique.....	46
5.3.1 - Aspects conceptuels.....	46
5.3.2 - La cuticule végétale.....	47
5.3.2.1 - Les cires épicuticulaires	47
5.3.3 - Autres molécules non constitutives.....	48
5.3.4 - Les métabolites de surface.....	49
5.3.5 - Typologie de l'information chimique utilisée dans la ponte.....	52
5.3.5.1 - Constance et variation des informations chimiques	52
5.3.5.2 - Marquage kairomonal ou phéromonal.....	54
5.3.5.3 - Architecture, structure et fonctionnement des organes impliqués dans la ponte	54
5.3.5.4 - Seuils de détection et seuils comportementaux.....	55
5.3.5.5 - Centralisation des informations et régulation.....	55
5.4 – Relation Nutritionnelle.....	57
5.4.1 - Choix de la plante et prise de nourriture	57
5.5 - Importance de l'alimentation pour les insectes.....	61
5.5.1 – Éléments nutritifs	61
5.5.2 - Balance nutritionnelle.....	64
5.6 - Éléments chimiques présents dans la plante.....	64

66

Chapitre 2 : Protocole expérimental

67

1. - Présentation de la région d'étude	
1.1. - Situation géographique	76
2. - Présentation du verger d'étude.....	76
3. - Protocole expérimental.....	76
3.1. - Sur le terrain.....	
3.1.1 - Prélèvement des feuilles et des rameaux.....	78
3.1.2 - Prélèvement du sol.....	78
3.2. - Au laboratoire.....	78
3.2.1 - Examen des feuilles et des rameaux	79
3.2.2 - Dosage du sol.....	79
3.2.2.1 - Préparation des échantillons.....	79
3.2.2.2 - Méthodes d'analyse	79
	79
	81

Chapitre 3 : Résultats des paramètres bioécologiques de la cochenille

Partie I : Ecologie de *P.ziziphi* sur l'oranger

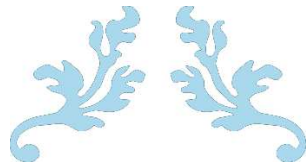
1 - Biologie de <i>Parlatoria ziziphi</i>.....	
1.1 – Dynamique globale des populations.....	99
1.2 - Evolution des populations de <i>P.ziziphi</i> sur oranger dans la région de Rouiba...	99
1.2.1 - Evolution larvaire de <i>P. ziziphi</i>	99
1.2.2 - Evolution des adultes femelles et mâles.....	100
1.2.3 - Evolution du vol des mâles adultes.....	100
1.3 - Distribution cardinale.....	101
1.3.1 - Résultats et discussions.....	105
1.4 - Distribution en fonction de l'organe végétal.....	106
1.4.1 - Résultats et discussions	106
	107
2. - Etude de la Fécondité.....	107
2.1 – Fécondité globale.....	
2.1.1 - Résultats et discussions.....	111
2.2 - En tenant compte des orientations.....	111
2.2.1 - Résultats et discussions	111
2.3 - Fécondité moyenne selon l'organe	113
2.3.1 - Résultats et discussions.....	113
	113
3 - Etude de la Mortalité.....	113
3.1. - Mortalité globale.....	
3.1.1. - Résultats et discussions.....	114
3.2 - Mortalité larvaire.....	114
3.3 - Mortalité des adultes.....	114
3.4. - Mortalité cardinale	115
3.4.1. - Résultats et discussions	118
3.5. - Mortalité spatiale.....	120
3.5.1. - Résultats et discussions	120
Discussion	121
Conclusion	121
	124
	129

Partie II : Résultats des analyses physicochimiques du sol

1 – Les analyses physiques.....	
1.1 – Le Carbone et la Matière Organique (MO)	
1.2 - Calcaire total (CaCO ₃)	131
1.3 – Le pH	131
1.4 - Conductivité électrique (CE)	131
	132
2 - Analyse chimique.....	135
2.1. - L'azote total.....	
2.2. – Le rapport C/N.....	135
2.3 – Les éléments nutritifs.....	136
2.3.1 – L'azote assimilable.....	137
2.3.2 – Le phosphore assimilable.....	137
2.3.3 – Le potassium assimilable.....	137
2.4 – Les bases échangeables.....	138
2.4.1 – Calcium (Ca ⁺⁺).....	139
2.4.2 – Magnésium (Mg).....	140
2.4.3 – Le potassium échangeable (K ₂ O).....	140
2.5 – La capacité d'échange en cations (CEC)	140
2.6 - Le taux de saturation du sol.....	140
Conclusion.....	141
	142
	142

Partie III - Fluctuation des populations de *P. ziziphi* en fonction des éléments minéraux

1 - Relation nutritionnelle entre la teneur de sol d'oranger en éléments chimiques et les populations <i>P.ziziphi</i>	
2 - Fluctuation globale et comparé des populations de <i>P. ziziphi</i> en fonction des éléments minéraux.....	143
2.1 - Les éléments nutritifs.....	
2.1.1 – Azote assimilable.....	143
2.1.2 – Phosphore assimilable.....	143
2.1.3 – Potassium assimilable.....	143
2.2 - Les bases échangeables	146
2.2.1 – Magnésium.....	147
2.2.2 – Calcium.....	149
Conclusion.....	149
Conclusion générale.....	153
Références bibliographiques	155
Annexes	159



INTRODUCTION.



Introduction

Depuis l'antiquité, l'agriculture joue un rôle très important dans la civilisation humaine et dans la révolution socio-économique dans le monde entier. En Algérie, le secteur des agrumes est classé parmi les secteurs les plus importants de l'économie nationale.

La culture des agrumes est délicate, car elle exige une température moyenne élevée et des sols frais ou facilement irrigables. Elle s'accommode mal du voisinage immédiat de la mer, là où la production moyenne des agrumes algériens peut être évaluée à 800.000 quintaux de fruits. Assez variable d'ailleurs, elle oscille entre 600.000 et 1 million de quintaux. La plus forte production moyenne est celle de la Mitidja où elle donne 500.000 quintaux contre 125.000 quintaux en Oranie, et 140.000 quintaux dans le Constantinois (DAS, 2007).

La productivité nationale reste encore faible puisqu'elle connaît des fluctuations qui varient d'une année à une autre. De multiples contraintes contribuent à cette faiblesse en particulier les problèmes liés aux facteurs de production et les contraintes abiotiques et biotiques, notamment les ravageurs. Les diaspines sont parmi les ravageurs d'importance économique pour les agrumes. En suçant le contenu cellulaire des organes végétaux attaqués, elles entraînent la déformation, la décoloration, le brunissement des feuilles et l'affaiblissement généralisé de la plante. Les cochenilles comme *Aonidiella aurantii*, *Parlatoria pergandii*, *Parlatoria ziziphi* et *Lepidosaphes beckii*, sont les espèces les plus importantes et les plus communes sur agrumes dans les conditions algériennes.

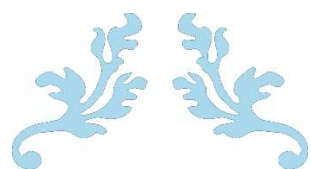
Les producteurs algériens d'agrumes rencontrent des difficultés dans la gestion phytosanitaire des vergers agrumicoles, surtout contre les attaques causées par des espèces de la famille des diaspines, ce qui présente une problématique importante pour l'efficacité des traitements. Cette difficulté est liée à la non compréhension de la relation bio-physicochimique et nutritionnelle de ces ravageurs avec leur plante hôte et le milieu. Schvester (1959) considère que la plante hôte intervient comme un véritable facteur écologique, dont l'action se superpose à celle des facteurs climatiques. Par ailleurs, certains auteurs ont révélé l'existence d'étroites relations entre la qualité et la diversité des ressources alimentaires disponibles, l'abondance et la distribution des communautés animales.

La connaissance de la relation entre le ravageur et sa plante hôte sous l'effet des facteurs physiques de l'environnement reste très mal connue sous les conditions algériennes. Cette dernière, est une donnée fondamentale dans l'interprétation des mécanismes de variation d'abondance et de distribution temporelles du ravageur dans son habitat naturel, afin de comprendre l'impact du facteur plante hôte, de température et d'hygrométrie sur le développement de la cochenille. Ainsi, cette connaissance est un moyen d'envisager des stratégies d'intervention de lutte efficaces au moment opportun, dans le but d'améliorer les rendements et de protéger les productions agrumicoles surtout avant la maturité des fruits afin de les rendre propre à la consommation et acceptable à la commercialisation.

Nous avons essayé d'approcher le problème de la recrudescence du Pou noir de l'oranger, *Parlatoria ziziphi*, sur les *Citrus* par l'étude de la relation entre les éléments minéraux dans le sol et l'abondance de cette cochenille sur oranger. En se basant sur les travaux de Chaboussou (1980) qui considère que tout excès ou carence en relation avec la fertilisation organique azotée pourrait avoir des conséquences directes sur le verger : parasitisme mais également stimulation de l'alternance, baisse ou excès de vigueur et chute des rendements.

De nombreuses recherches ont été entreprises sur la bioécologie de *P.ziziphi*, depuis ceux Balachowsky et Mesnil (1935), jusqu'à ceux de Ouzzani (1984), Zellat (1984), Lasnami (1993) ainsi que Zekri (1993). Actuellement, en Algérie, les recherches sont beaucoup plus orientées sur l'importance des apports nutritionnels des agrumes et leurs influences sur l'évolution du Pou noir de l'oranger dont les premiers travaux sont ceux de Boukhors (2010) qui relate la relation plante hôte insecte, suivit de ceux de Belguendouz (2014) qui a mis l'accent sur les relations chimiques et physico-chimiques entre l'insecte et sa plante hôte.

C'est dans ces contextes, que notre travail aura pour objectif de contribuer à l'étude écologique de *P.ziziphi* sur oranger dans la région de Rouiba et l'effet des sels minéraux du sol sur la dynamique de cette espèce. Le premier chapitre portera donc sur les données bibliographiques sur la cochenille et de sa plante hôte ainsi que la nutrition minérale. Le deuxième chapitre rassemble la présentation de la région d'étude et la méthodologie de travail sur terrain et au laboratoire. Les résultats et les discussions concernant l'écologie de la cochenille étudiée et l'effet de rapport NPK du sol sur sa dynamique sont présentés dans le troisième chapitre.



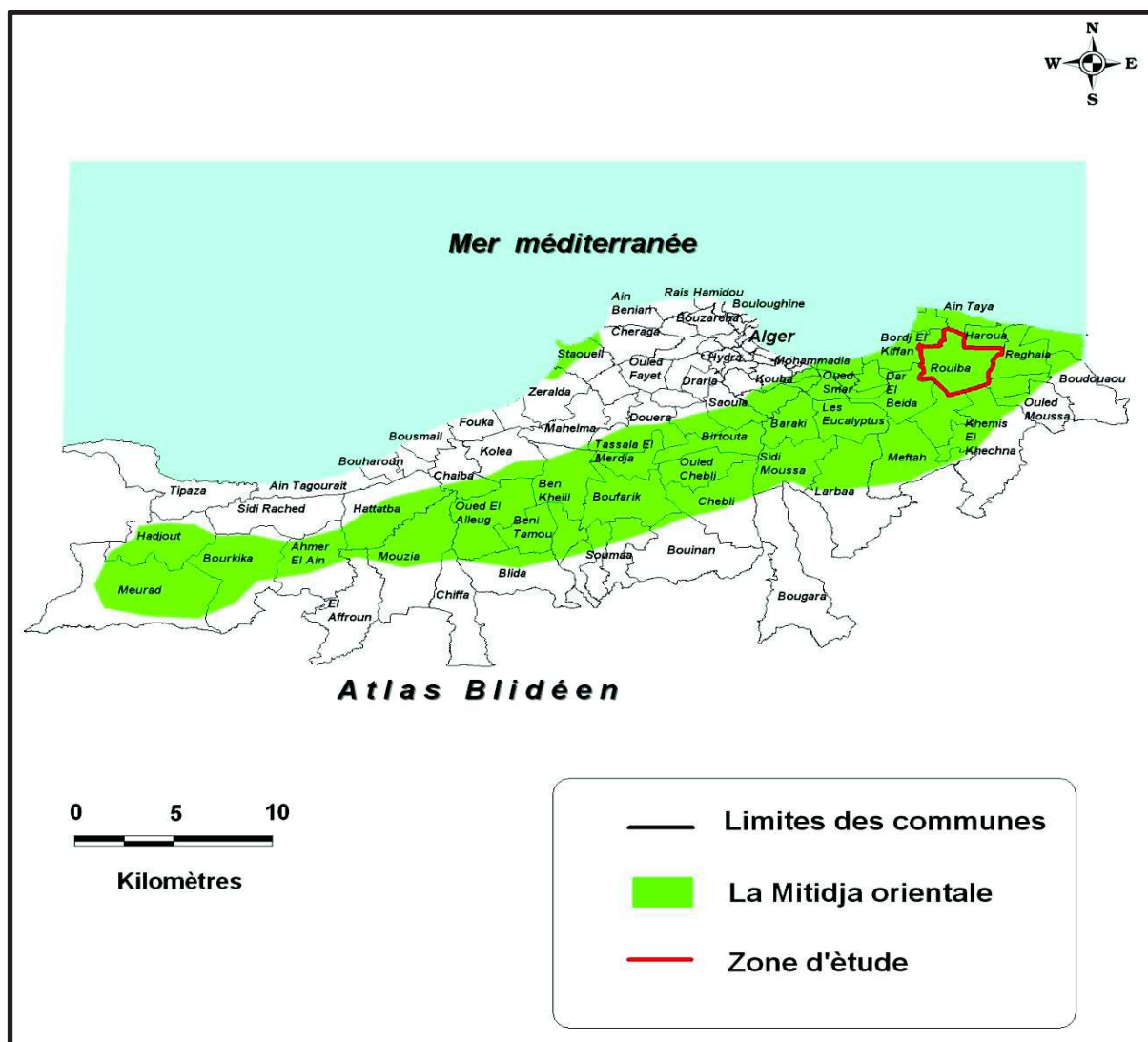
**REVUE
BIBLIOGRAPHIQUE**



1 - Présentation de la région d'étude

1.1 – Situation géographique

Notre étude a été effectuée dans une exploitation privée dans la région de Rouiba. Cette exploitation est située à l'Est de la Mitidja à 25 km de la capitale Alger et à 7 km de la mer Méditerranée. Elle est limitée au nord par la commune de Ain-Taya, au sud par la commune de Khemis El Khechna, à l'est par la commune de Réghaia et à l'ouest par la commune de Dar El Beida (**carte.1**).



Carte 01 : Carte de localisation de la plaine de la Mitidja orientale selon (Mutin, 1977) (modifiée avec le logiciel Map-info).

1.2 – Caractéristiques climatiques

Le climat joue un rôle très important dans la dynamique des populations des insectes. En effet, les êtres vivants ne peuvent se maintenir en vie, que sur des limites bien précises de température, de pluviosité et d'humidité.

1.2.1 – Les températures

Selon **Mostefaoui (2009)** La température représente un facteur limitant de toutes premières importances, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère.

Tableau n°1 : Température moyennes, minimales et maximales mensuelles de la région de Rouiba de l'année 2014-2015 (**O.N.M., 2015**).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S
T.moy.(C°)	24	21	15.5	12.5	10	11	14	15.5	19	23	25.5	25.5	24
T.moy.min.(C°)	18	15	10	7	4	5	8	9	13	16	19	20	18
T.moy.max.(C°)	30	27	21	18	16	17	20	22	25	30	32	33	30

Un mois est dit chaud lorsque sa température moyenne est supérieure à 20°C, et froid lorsque sa température moyenne est inférieure à 20°C (**Ramade 1984**). L'analyse des températures, montre que les hautes températures sont enregistrées au mois d'aout avec une valeur de température moyenne de 25,5°C, et une température maximale de 33°C. Par contre, les basses températures sont notées au cours du mois de janvier avec une température moyenne de 10°C. C'est durant ce mois que la valeur de températures moyennes des minimales attend les 4°C.

1.2.2 – La pluviométrie

Selon **Mercier (1999)** l'eau est un facteur écologique d'importance fondamentale pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres afin d'assurer un équilibre biologique. La tranche pluviométrique annuelle de la zone d'étude se situe entre 800 et 820mm (**F.N.D.A, 1998**).

Tableau n°2 : Les moyennes pluviométriques mensuelles de la région de Rouïba de l'année 2014-2015 (O.N.M., 2015).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S
P.(mm)	25.3	63.3	77.4	95.2	66.6	66.4	71	48.3	43.3	9	5.7	3.3	25.3

Selon le tableau n°2, la période la plus pluvieuse est la période hiverno-automnale. On note qu'une quantité importante de pluviométrie enregistrée au mois de décembre avec une pluviométrie moyenne mensuelle 95,2. Par contre, en été la plus faible pluviométrie moyenne mensuelle est enregistrée au mois d'aout avec 3,3 mm.

1.2.3 – Les vents

Le vent constitue l'un des facteurs climatiques déterminent dans la variation d'un milieu (Selzer, 1946). Dans la plaine de la Mitidja les vents dominants sont ceux qui soufflent du Nord-est vers le Sud-ouest entre les mois de juin et de Septembre. Dont 32,6% des vents sont collines, ou la vitesse est de 1 à 5m.

Tableau n°3 : Vitesse moyenne (V. moy.) des vents, exprimée en mètre par seconde (m/s), à Rouïba de l'année 2014-2015 (O.N.M., 2015)

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S
V.moy (m/s)	3,1	2,3	3	3,1	3	3,3	3,7	2,8	2,7	3	2,9	3	3,1

La vitesse maximale des vents est enregistrée au mois de mars avec 3.7 m/s et la vitesse minimale enregistrer en mai avec 2.3 m/s.

1.3 – Les facteurs biotiques

1.3.1 – Données floristiques

La Mitidja est caractérisée par un couvert végétal très riche, renfermant une grande diversité de cultures (arboricole, herbacée et viticole), et par une flore naturelle très importante. La végétation est de type méditerranéen, dans toute la plaine. (Mutin, 1977).

1.3.2 - Données faunistiques

La faune de la plaine de la Mitidja est très variée. Plusieurs travaux ont été réalisés tels que **Guessoum (2001)** et **Hamadi (1994)** sur les acariens et les Crustacées, **Kabassina (1990)**, **Agrane (2001)** sur les insectes, ainsi que d'autres travaux réalisés sur les mammifères et les oiseaux.

La plaine est aussi sillonnée par des oueds et des cours d'eau ou des groupements végétaux comme les formations à peuplier blancs, frênes, eucalyptus et ormes se développent abondamment, en raison du microclimat qui règne dans ces milieux. La composition floristique spontanée varie en fonction de la saison et des types de cultures, cette diversité des agro systèmes offre divers refuges aux ravageurs constituant des foyers permanents d'infestation.

1.4 - Synthèse climatique

Selon **Faurie *et al* (1980)**, la température et les précipitations représentent les facteurs les plus importants pour caractériser le climat d'une région donnée. Les périodes humides et sèches sont mises en évidence grâce au diagramme ombrothermique de Gaussen.

1.4.1 - Diagramme ombrothermique de Gaussen

Le diagramme ombrothermique de Gaussen permet de définir les mois secs. Un mois est considéré sec lorsque les précipitations mensuelles correspondantes exprimées en millimètres sont égales ou inférieures au double de la température exprimée en degré Celsius (**Mutin, 1977**). Le diagramme ombrothermique tracé pour un lieu est obtenu en portant en abscisse les mois de l'année et en ordonnée les précipitations et les températures. L'échelle des températures est double de celle des précipitations (**Gaussen in Dajoz, 1982**).

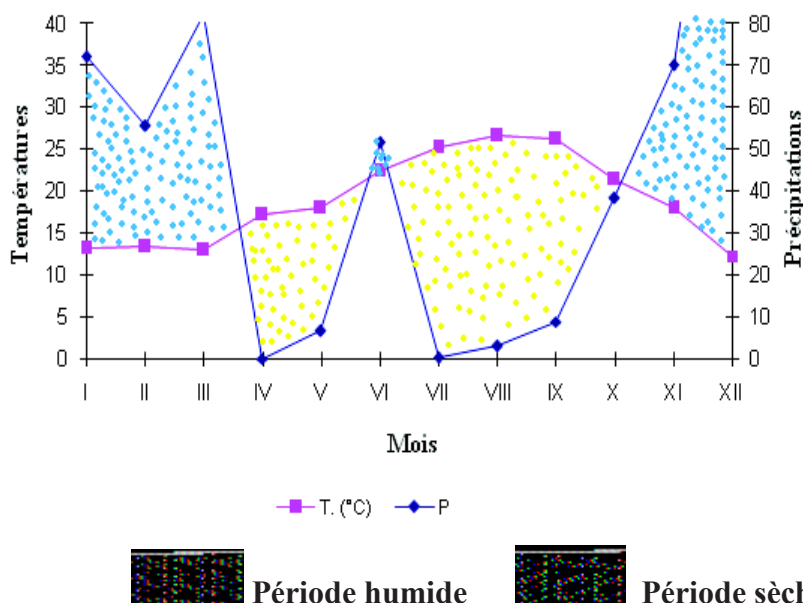


Figure 1 : Diagramme ombrothermique Gaussen durant l'année 2014-2015 (O.N.M., 2015).

Le diagramme ombrothermique ci-dessus (Fig. 1), permet de distinguer deux périodes ; dont la première est humide et s'étale de novembre à la moitié du mois de mars. La seconde est sèche et plus longue, s'étalant sur les reste des mois.

1.5 – Situation agrumicole de la région

Bien que la région de Rouïba soit réputée pour son industrie légère, elle n'est pas moins une région à vocation agricole, ceci grâce au climat méditerranéen qui a fait qu'elle bénéficie d'une assez bonne pluviométrie ainsi qu'aux bonnes ressources en eaux souterraines.

Les terres cultivées dans la commune de Rouïba occupent une superficie importante d'environ 72,5% de la surface de la commune, soit 3136 ha (F.A.O, 1997). Sur cette potentialité se cultivent essentiellement les cultures à haut rendement comme : le maraîchage, l'arboriculture fruitière, le fourrage, les céréales ainsi que l'agrumiculture qui occupe une superficie de 33 ha et produit 4765 qx.

2 – La plante hôte

Le mot agrume vient de l'italien *agrume*, qui dérive lui-même du mot latin *acrumen*, qui signifie « acide ». En effet, les agrumes ont pour la plupart une pulpe acidulée, ou même franchement acide.

2.1 - Origine et distribution géographique

Les agrumes sont originaires du Sud-Est asiatique (**De Rocca Serra et Ollitrault, 1992**). Cependant, les données historiques plaident en faveur de l'existence de trois centres de diversification primaire (**Scora, 1988**) :

- Le Nord-Est de l'Inde, les régions proches de la Birmanie et de la Chine, auraient abrité la diversification de *C. medica* et l'apparition de *C. aurantifolia*, *C. limon*, *C. aurantium* et *C. sinensis* ;

- La Malaisie et l'Indonésie sont citées comme centre d'origine de *C. grandis*.

- le Vietnam, le Sud de la Chine et le Japon seraient la zone de diversification de *C. reticulata* (**F.A.O, 1998**).

La diffusion des agrumes à travers le Monde s'est faite très lentement. Le cédratier a été la première espèce connue en Europe (300 ans av. J.-C. d'après **Monastero., 1962**). Le bigaradier, le citronnier et l'oranger ont été introduits dans le bassin méditerranéen vers la moitié du XII^e siècle, et le mandarinier au XIX^e siècle. Le bassin méditerranéen constitue à présent une importante zone de production pour ces trois dernières espèces. L'introduction des agrumes en Afrique de l'Est a été faite par les commerçants arabes et hindous vers le XIV^e siècle.

La diffusion vers le bassin du Congo a été assurée par la suite par les explorateurs portugais (**Spiegel-Roy et Goldschmidt, 1996**).

2.2 – Aire de culture

La culture des agrumes a pris naissance aussi bien en Inde qu'en Chine. Pendant le premier millénaire avant J-C, le premier centre agrumicole est le centre sino-indien. C'est à

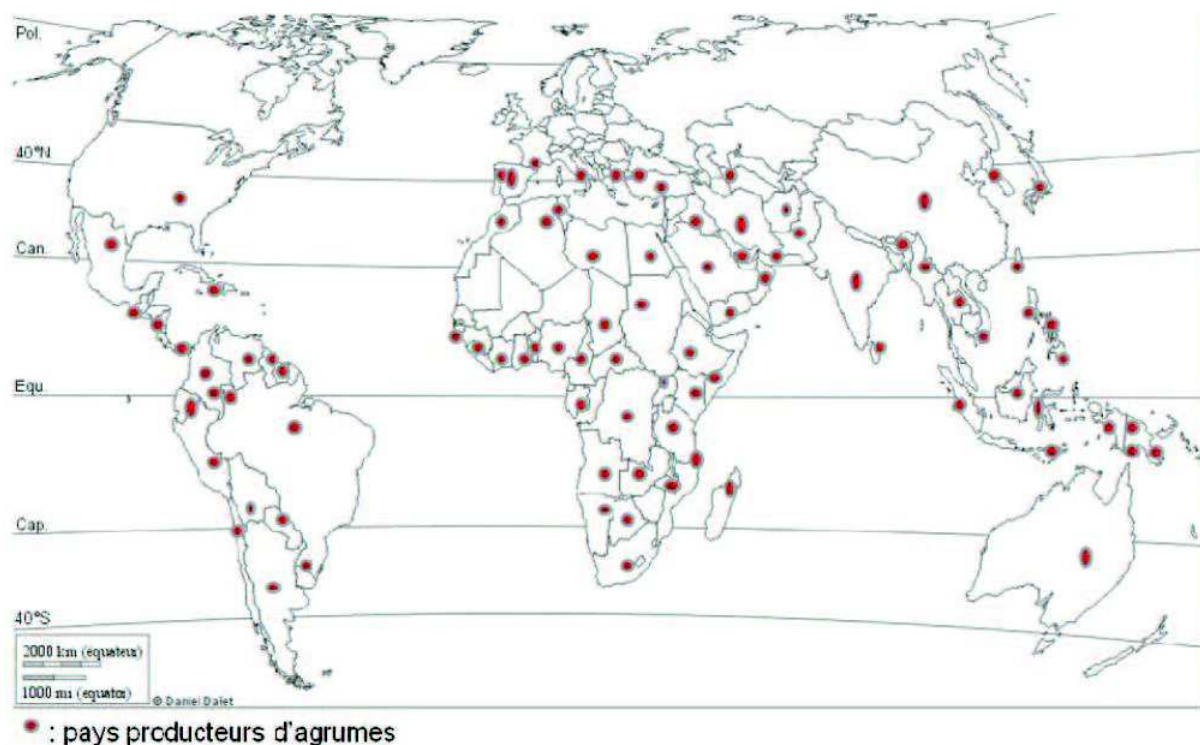
partir de ce centre que la diffusion semble s'être opérée vers l'Est (Japon), le Sud (Malaisie) et l'Ouest (vallée de l'Indou) ainsi que vers le Nord-est. La zone méditerranéenne constitue un autre centre qui a permis l'introduction des agrumes vers les deux Amériques et l'Afrique de l'Est, de l'Ouest et de Sud. La diffusion des agrumes dans le reste du monde s'est opérée par trois voies : Les Arabes ont assuré leur diffusion sur la côte Est de l'Afrique jusqu'au Mozambique. Christophe Colomb les importera à Haïti, à son second voyage en 1493. Les Anglo-Hollandais les introduisent au 19^{ème} siècle en Afrique du sud (**Blondel, 1959**). L'extension des agrumes dans le nouveau monde s'est faite à partir des Caraïbes, et c'est bien plus tard que l'Australie reçoit ses premiers agrumes du Brésil (**Praloran, 1971**). Selon **Cassin (1984)**, l'aire de culture des agrumes peut se diviser en trois principales zones climatiques :

- ✓ Zone intertropicale située de l'équateur aux latitudes 220-230 nord et sud (alternance de saison humide et sèche).
- ✓ Zone semi-tropicale située entre les latitudes 220-230 et 280-290 nord et sud
- ✓ Zone située entre les latitudes 300-400 nord et sud.

2.3 – Importance économique

2.3.1 – Dans le monde

Les productions d'agrumes proviennent essentiellement des régions méditerranéennes et tropicales. En 1988, la superficie totale plantée en agrumes a été évaluée à plus de 3 millions d'hectares répartie sur une aire très large située approximativement entre les 40° de latitudes Nord et Sud tout autour du Monde (**FAO, 2005; Polese, 2008**). Les agrumes sont donc de nos jours implantés dans toutes les zones du monde où leur production est possible. Les pays producteurs forment une ceinture terrestre entre le 40^{ème} parallèle nord et sud (carte. 2).



Carte^{o2} : Principaux pays producteurs d'agrumes dans le monde (Cassin, 1984).

Initialement les Etats-Unis et la zone méditerranéenne produisaient les plus grandes quantités. La production s'est ensuite développée au Brésil et en Asie (Griffon et Loeillet, 2000). Actuellement, l'agrumiculture occupe une place importante en Afrique en général et en Afrique tropicale en particulier. Huit pays africains (Nigéria, Guinée Conakry, Tunisie, Sierra Léone, Kenya, Angola, Tanzanie, Côte d'Ivoire) figurent dans la liste des 20 plus grands producteurs mondiaux des petits agrumes.

La production annuelle mondiale a dépassé 105 millions de tonnes dans la période 2000-2004 (C.N.U.C.E.D, 2004). Les agrumes sont commercialisés soit en fruits frais, soit transformés (jus de fruits, liqueurs, confitures etc...). Les huiles essentielles d'agrumes représentent également un des produits commercialisés à haute valeur ajoutée. Elles sont extraites de fleurs, d'écorces, de feuilles et de fruits.

Actuellement, la production mondiale d'agrumes est de l'ordre de 122 millions de tonnes. C'est la deuxième production fruitière derrière le groupe des bananes et plantains (125 millions de tonnes) loin devant la pomme (70 millions de tonnes) (Loeillet 2010). Les productions d'agrumes sont réparties en 4 groupes par la FAO. Il s'agit du groupe des oranges, celui des pamplemousses et pomélos, du groupe des citrons et limes et de celui des

petits agrumes qui regroupe les autres espèces commercialisées. Les oranges constituent la majeure partie de la production des agrumes (58%) suivi des citrons avec plus de 10%. Le reste de la production est partagé entre les pamplemousses, les pomélos et les autres petits agrumes (mandarines, tangelos, tangors). Dans le groupe des oranges, les cinq plus grands producteurs mondiaux en 2009 sont le Brésil (1 7 618 500 tonnes), les Etats-Unis (8 280 780 tonnes), l'Inde (5 201 350 tonnes), la Chine (4 864 959 tonnes) et le Mexique (4 193 480 tonnes). Dans celui des pamplemousses et pomélos, les cinq premiers producteurs sont la Chine (2 768 308 tonnes), les Etats-Unis (1 182 970 tonnes), le Mexique (395 000 tonnes), l'Afrique du sud (370 411 tonnes) et la Palestine (249 414 tonnes). Dans le groupe des limes et citrons, l'Inde (2 571 530 tonnes), le Mexique (1 987 450 tonnes), la Chine (1 014 446 tonnes), l'Argentine (1 000 000 tonnes) et le Brésil (972 437 tonnes) sont les cinq premiers pays producteurs. Dans le groupe des petits agrumes, la Chine est le premier pays producteur avec 4 694 471 tonnes. Elle est suivie du Nigéria (3 769 420 tonnes), de la Colombie (732 218 tonnes) et de la Guinée Conakry (244 002 tonnes) (**FAO, 2005**). Dans la majorité des pays d'Afrique tropicale, les agrumes sont plantés soit par des petits producteurs, soit par des entreprises privées ou gouvernementales pour la consommation locale ou l'exportation (**Yesuf, 2002**).

2.3.2 – En Algérie

Les agrumes présentent une importance économique considérable pour de nombreux pays. Il en est de même pour l'Algérie où ils constituent une source d'emploi et d'activité économique aussi bien dans le secteur agricole que dans diverses branches auxiliaires (conditionnement, emballage, transformation transport, etc.....) (**Farhat et al, 2010**).

Cette culture revêt une importance stratégique pour l'Algérie comme source d'approvisionnement en fruits et des débouchés sur le marché international des produits agrumicoles. Sur le plan social, la culture des agrumes emploi en moyenne 140 jours/ha/an, sans compter ceux générés par l'environnement de ce secteur (transformation, commercialisation) (**I.T.A.F, 2002**).

Le verger agrumicole algérien est particulièrement concentré dans les plaines littorales et sub littorales, où les conditions de sol et de climat sont favorables (Younsi, 1990). Selon ce même auteur les principales zones agrumicoles sont localisées comme suit :

- La plaine de la Mitidja
- Le périmètre de la Mina et du Cas Chélif
- Le périmètre de l'Habra
- La plaine d'Annaba
- La plaine de Skikda

Karboua (2002) souligne que les agrumes occupent une surface totale de 45040 ha, répartie dans trois régions, dans la région centre (28243 ha), la région est (4811 ha) et la région ouest (11658 ha). En raison de leurs exigences en eau et qualité du sol, les agrumes sont localisés essentiellement dans les plaines irrigables telles que la plaine de Mitidja (40 %), le périmètre de la Mina et le Bas Chelif (14 %), le périmètre de Bouna Moussa et la plaine de SafSaf (16 %) et la plaine de Habra et Mascara (25 %).

Le verger d'agrumes occupe une place prépondérante avec ses 44.095 ha de superficie et ses 6 274 060 qx de production annuelle en 2005 et 2006. Ainsi la culture des agrumes revêt une importance stratégique pour l'Algérie comme source d'approvisionnement en fruit et des débouchés sur le marché international des produits agrumicoles. Parmi les *Citrus*, l'oranger occupe la première place avec 69,73%, ensuite le citronnier avec 6,94%, le mandarinier avec 4,73% et le clémentinier avec 1,82%.

Biche (2012) souligne que la production totale en Algérie des agrumes pour l'année 2007 a atteint 689467 tonnes dont 539000 tonnes d'oranges, 100000 tonnes en clémentines et en mandarine et 50000 tonnes pour le citron et le pomelo. Ce même auteur signale que 97% de la production est destinée à la consommation en frais, la transformation est autour de 8000 tonnes par an. Dont les grandes zones de production par ordre d'importance sont la plaine de la Mitidja avec 44%, Habra Mascara avec 25%, le périmètre Bounamoussa et la plaine de SafSaf à Skikda avec 16% et le périmètre de la Mina et le Bas Chélif avec 14 %. Le centre du pays occupe une surface de 39305 ha d'agrumes soit 62%, l'ouest représente 26% soit 16453 ha, l'est 9,7% représente par 6134 ha et 1404 ha pour le sud soit 2,2%.

La commune d'Oued El Alleug est le premier producteur national d'agrumes, avec une récolte prévisionnelle estimée à 500.000 qx pour cette campagne agricole 2014-2015.

Plus de 6840 agriculteurs activent au niveau du verger agrumicole de cette localité, s'étendant sur une surface de 2878 ha, répartie entre 161 exploitations agricoles collectives, 94 exploitations individuelles, et deux (2) fermes pilotes.

Actuellement, le verger agrumicole s'étend sur une superficie de 66 017 ha soit 12,8% de la superficie arboricole nationale, localise essentiellement dans les périmètres irrigués à bonnes potentialités agronomiques avec une production nationale de 12 710 030 qx **(M.A.D.R, 2014)**.

Le rendement moyen enregistré durant 2005-2009 était de 116 qx/ha avec une évolution de l'ordre de 13 qx/ha, soit un taux de 11,20%. Nous constatons que malgré cette évolution positive des rendements (126 qx/ha), tableau n°4 (voir Annexe). Néanmoins ce rendement reste toujours très loin de la norme moyenne de production **(DAS, 2007)**. L'évolution des superficies, productions et rendements des agrumes par région de 2005/2009 est donnée par les figures suivantes :

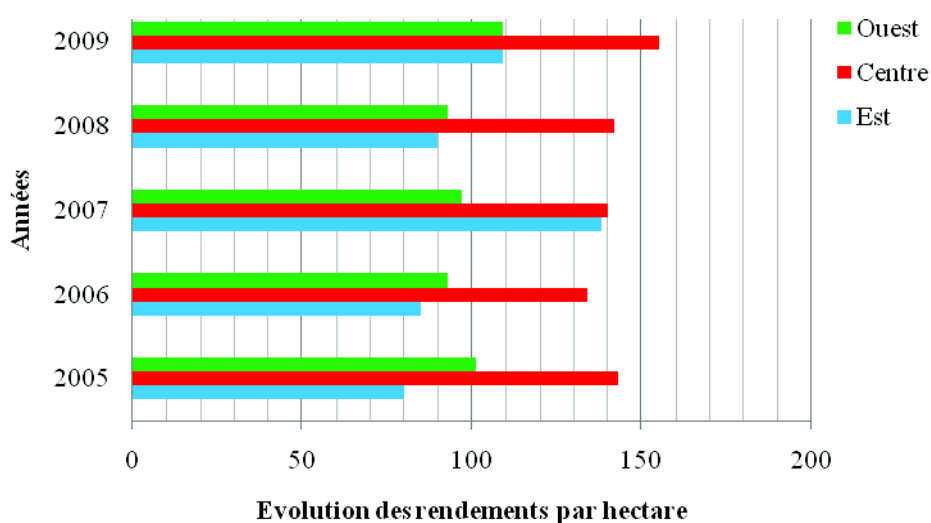
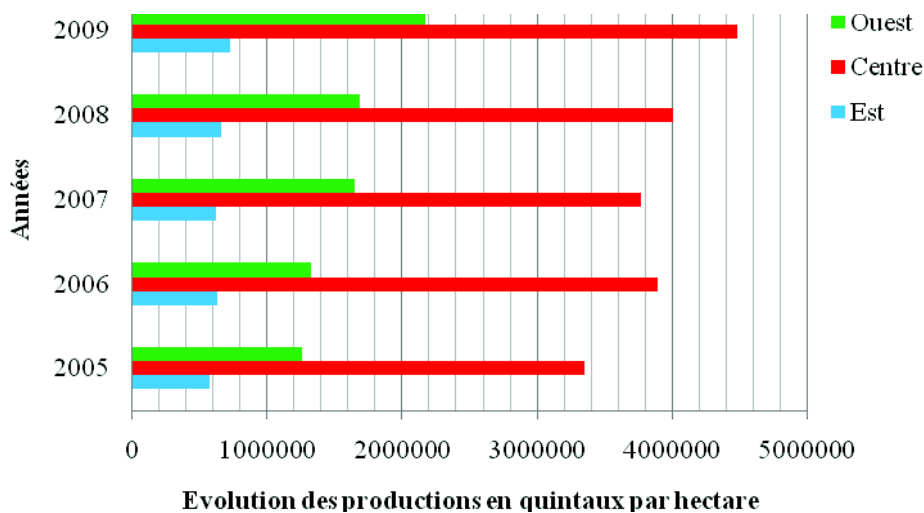
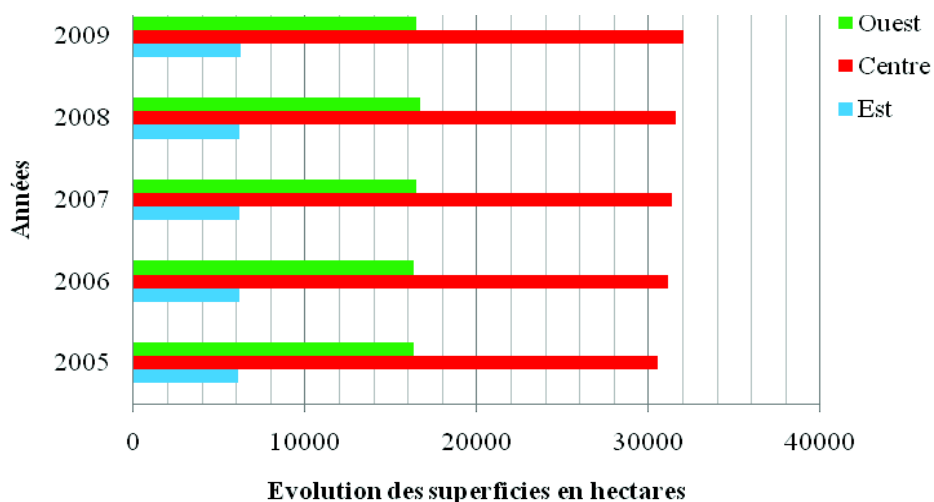


Figure n°2: L'évolution des superficies, productions et rendements des agrumes par région de 2005/2009

2.4 – Position taxonomique

La taxonomie proposée par Swingle (**Praloran, 1971**) est :

- **Famille :** Rutaceae
- **S/Famille :** Aurantiodeae
- **Tribu :** Citrae
- **S/tribu :** Citrinae
- **Groupe :** Eucitrus

➤ **Les agrumes renferment trois genres :** *Fortunella*, *Poncirus* et *Citrus*

- ***Poncirus* :** est un genre monospécifique, représenté par une seule espèce qui est *Poncirus Trifoliata*. Il est essentiellement utilisé comme porte greffe des variétés cultivées.
- ***Fortunella* :** constitue le groupe des Rumquates produisant de petits fruits ronds ou allonges utilisés en confiserie.
- ***Citrus* :** constitue avec 145 espèces cultivées, le genre le plus important.

- **Les orangers :** *Citrus sinensis*
- **Les citronniers :** *Citrus lemon*
- **Les mandariniers :** *Citrus rticulata*
- **Les clémentiniers :** *Citrus clementina*
- **Les pomelos :** *Citrus paradisi*
- **Les cédratiers :** *Citrus nedica*
- **Les bigaradiers :** *Citrus aurantium*

2.5 – Description

Les agrumes sont des petits arbres à feuilles persistantes. Selon **Loussert (1985)** les orangers présentent plusieurs variétés. Les fruits sont de forme et coloration variable suivant les variétés, ce qui permet de classer les orangers en quatre groupes.

- Les oranges blondes Navel (dont appartient la variété Washington qui fait l'objet de notre étude)
- Les oranges blondes

- Les oranges sanguines
- Les oranges sans acidité

La variété **Washington** : c'est la variété la plus cultivée et la plus appréciée des consommateurs. Le fruit est relativement gros (200 à 250 gr), de forme sphérique, Il est résistant au transport et à la conservation grâce de sa peau qui est d'épaisseur moyenne (5 mm), composée de deux couches concentriques. La couche superficielle, rugueuse et résistante, de couleur vive souvent jaune orangé sous l'action des flavonoïdes, est nommée épicarpe ou flavedo ou encore zeste en cuisine. La couche interne, blanche et spongieuse, est le mésocarpe ou albédo. Sa chaire croque, fine, sans pépins, renferme peu de jus mais de saveur très agréable. Cette variété est appréciée pour sa précocité ; elle se récolte de novembre à février. Les oranges Navel s'adaptent mal aux climats chauds des régions tropicales et semi-tropicales ; leurs fruits manquent de coloration et d'acidité.

2.6 – Cycle de développement

Le cycle de développement des agrumes se caractérise par la succession de deux phénomènes : la croissance végétale et la fructification (**Rebour, 1950**).

- **La croissance végétale** : Elle se manifeste sur les jeunes ramifications de trois périodes.
 - ✓ **La première poussée de sève (PS1) au printemps** : c'est la prédominante (fin février-début mai), elle est la pousse la plus importante, non seulement par le nombre et la longueur des rameaux émis, mais aussi par le fait qu'elle est la pousse florifère.
 - ✓ **La pousse d'été (PS2) (juillet-août)** : généralement elle est moins importante que celles de printemps
 - ✓ **La pousse d'automne (PS3) (Octobre-fin Novembre)** : elle assure le renouvellement des feuilles.
- **La fructification** : elle est caractérisée par quatre phrases distinctes

✓ **La floraison :** Elle a lieu en printemps (fin mars, début mai). Le nombre de fleurs portées par un arbre est très important. Il est estimé pour un arbre adulte d'orange à 60000 (Loussert, 1987), mais seulement 1% de ces fleurs donnera des fruits.

✓ **La pollinisation et la fécondation :** Elle a lieu durant les mois mai et juin.

✓ **La nouaison et la fructification :** Le grossissement du fruit est très rapide après sa nouaison. Il a lieu en mai - juin, il dépend de l'âge de l'arbre, des conditions climatiques et de l'alimentation hydrique.

✓ **La maturation des fruits :** Le fruit atteint son calibre final en octobre, après une continuité de grossissement pendant Juillet-Aout-Septembre. La maturité est marquée par un changement de couleur et par la qualité de la teneur en jus de sa pulpe.

2.6.1 - Calendrier cultural

Le calendrier cultural des agrumes est représenté dans le tableau 5 (voir annexe).

2.6.2 - Date de floraisons et de maturations des agrumes

Les dates de floraisons et de maturations des agrumes sont représentées dans le tableau 6.

Tableau 6. -Dates de floraisons et de maturations de quelques variétés d'agrumes (Gauthier, 2008)

Divers	Floraison												Maturité											
	Mois												Mois											
Variétés	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Citronnier 4 saisons	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Citronnier 2 saisons		■	■	■	■	■	■						■	■	■	■	■				■	■		
Clémentinier		■	■										■											
Kumquat						■	■						■	■	■	■	■	■	■				■	■
Mandarinier		■	■										■										■	■
Oranger		■	■										■										■	■
Pamplemoussier		■	■										■										■	■
Calamondin	■	■	■	■			■	■	■				■	■	■	■						■	■	■

2.7 – Exigences

2.7.1 – Exigences édaphiques

Selon **Loussert (1989)**, les qualités essentielles d'un bon sol agrumicole sont :

- ✓ La perméabilité varie de 10 à 30 cm/h
- ✓ Le sol doit avoir un pH qui se situe entre 6 et 7
- ✓ La plantation doit être à 4 ou 5 m d'écartement
- ✓ Le taux de calcaire compris entre 5 à 10%
- ✓ Une bonne teneur satisfaisante en P₂O₅ et K₂O assimilables.

2.7.2 – Exigences climatiques

○ **La température** : les agrumes sont sensibles à toutes les températures inférieures à 0°C, par contre ils peuvent supporter des températures élevées supérieures à 30°C à condition qu'ils soient convenablement alimentés en eau (**Loussert, 1985**). Les températures moyennes annuelles favorables sont de l'ordre de 14°C. La température moyenne hivernale est de 10°C et la température moyenne estivale est de 22°C.

○ **La pluviométrie** : Les citrus comptent parmi les arbres fruitiers les plus exigeants. Les besoins annuels varient entre 1000 à 1200 mm, dont 600 mm pendant l'été, qui ne peuvent être fournis que par l'irrigation surtout dans les zones méditerranéennes (**Mutin, 1977**).

○ **L'humidité** : Elle ne semble pas avoir une forte influence sur le comportement des agrumes eux-mêmes. Elle a par contre, des incidences sur le développement de certains parasites ainsi que la fumagine et les moisissures (**Loussert, 1989**). Certains ravageurs comme les cochenilles peuvent proliférer en colonies importantes. Une humidité basse provoque une intense respiration du végétal et ainsi les besoins en eau augmentent.

○ **Le vent : Blondel (1959)**, qualifie le vent comme étant l'ennemi le plus important des agrumes. Les dégâts qu'il cause dans les jeunes plantations sont incalculables suite à la chute précoce des fruits. Les oranges doivent être protégés des vents par l'installation de brise vent de *Casuarina*, de *Cypres*, d'*Acacia* et de *Pinus* (**Loussert, 1985**).

2.8 – Problèmes phytosanitaires

La culture des agrumes revêt une importance économique stratégique pour le pays, pour cela, il serait utile d'améliorer et de protéger cette culture contre tous les ravageurs et des maladies. Ces ravageurs sont susceptibles de provoquer des dégâts considérables et plus particulièrement le pou noir des agrumes (*Parlatoria ziziphi*) dont les dégâts ont atteint un niveau très important dans l'agrumicole en Algérie et ce qui est l'objet de notre étude.

2.8.1 – Les principales maladies des agrumes

2.8.1.1 – Les maladies bactériennes

La bactériose des agrumes est provoquée par la bactérie *Pseudomonas syringae* Vanhall. Cette maladie se manifeste surtout sur les feuilles et les rameaux. Les attaques sur fruits sont observées sur citronnier (**Loussert, 1989**). De nombreuses maladies bactériennes présentant des aspects très divers peuvent se développer sur agrumes, parmi lesquelles, nous citons le cancer des Citrus dont l'agent causal est *Phytoplasma citri* Hass.

2.8.1.2 – Les maladies à virus ou viroses

Les maladies virales importantes et qui touchent les agrumes un peu partout dans le monde sont :

Le Greening qui est transmise par 2 espèces de psylles *Diaphorina citri* et *Trioza erythrae*. Le Stubbon causé par un mycoplasme *Spiroplasma citri* qui se propage par le bois de greffé et des cicadelles, l'*Exocortis* causé par un viriote et se transmis par voie mécanique, Cachexie (xyloporose) causé par un viroïde se transmis par voie mécanique, le complexe de la Psorose causé par *Citricolpoxia psorosis* est souvent une maladie latente sur la plus part des espèces des agrumes, elle se diffuse par greffage, le Tristeza causé par *Citricolpoxia psorosis*, (**Loussert, 1987**).

2.8.1.3 – Les maladies cryptogamiques

Les maladies d'origine cryptogamiques s'attaquent aux agrumes sans assez nombreux. Certaines sont économiquement très importantes comme la fumagine, La moisissure vert, la pourriture, la gommose parasitaire qui s'attaquent aux différents oranges végétatifs des Citrus.

2.8.2 – Les principaux ravageurs des agrumes

➤ **Les principaux insectes ravageurs d'agrumes :**

Ravageurs	Nom		Dégâts	
	Scientifique	Commun		
Insectes	<i>Aonidiella aurantii</i>	Pou de Californie	Attaquent les feuilles, les rameaux et les fruits. Développement de la fumagine, chute des feuilles et dépérissement des fruits.	
	<i>Lepidosaphes beckii</i>	La cochenille moule		
	<i>Lepidosaphes glowerii</i>	La cochenille virgule		
	<i>Chrysomphalus dictyospermi</i>	Pou rouge de Californie		
	<i>Parlatoria ziziphi</i>	Pou noir de l'oranger		
	<i>Parlatoria pergandei</i>	Cochenille blanche		
	<i>Saissetia oleae</i>	Cochenille H		
	<i>Icerya purshasi</i>	La cochenille australienne		
	<i>Coccus hesperidum</i>	Cochenille plate		
	<i>Ceroplastes sinensis</i>	Cochenille chinoise		
	<i>Pseudococcus citri</i>	La cochenille farineuse	Avortement des fleurs et déformation des très jeunes feuilles. Développement d'abondantes colonies de pucerons sur les parties jeunes des arbres.	
	<i>Aphis spiraecola</i>	Puceron vert des citrus		
	<i>Aphis gossypii</i>	Puceron vert du cotonnier		
	<i>Toxoptera aurantii</i>	Puceron noir des agrumes		
		<i>Myzus persicae</i>	Puceron vert du pêcher	Provoque des souillures importantes ainsi que le développement de la fumagine.
		<i>Aleurothrixus floccosus</i>	L'aleurode floconneux	
	<i>Dialeurodes citri</i>	L'aleurode des citrus	Provoque des nuisances et développe de la fumagine.	
	<i>Phyllocnistis citrella</i>	Mineuse des agrumes	Attaque les feuilles et les jeunes pousses.	
	<i>Ceratitis capitata</i>	Mouche méditerranéenne des fruits	Provoque la pourriture des fruits.	
Nematoda	<i>Tylenchulus semipenetrans</i>	Nématode des agrumes	Croissance ralentie des arbres ; Pas de symptômes spécifiques de cette espèce	
Acarina	<i>Tetranychus cinnabarinus</i>	Acarien tisserand	Provoquent des ; nécroses, décoloration et chute des feuilles, des fruits et des bourgeons.	
	<i>Hemitarsonemus latus</i>	Acarien ravisseur		
	<i>Aceria sheldoni</i>	Acarien des bourgeons		

3 – Les cochenilles

Chez les agrumes, les cochenilles apparaissent comme étant le deuxième ravageur après la mouche méditerranéenne des fruits (**Benassy et Soria, 1964**). Les diaspines représentent 42,37% de l'ensemble des cochenilles où le genre *Lepidosaphes* est le plus dominant avec 14% (**Belguendouz, 2006**).

Les cochenilles diaspines, sont des petits insectes reconnus par la plupart des agriculteurs sous le nom « Poux » ou « Kermes » (**Guillaume, 1938**). Elles sont caractérisées par un bouclier protecteur facilement détachable pour la majorité des espèces. Elles se distinguent par un dimorphisme sexuel très prononcé.

Les diaspines sont, le plus souvent polyphages. Elles sont très nuisibles et causent des dégâts importants sur de nombreuses cultures aussi bien fruitières qu'ornementales et mêmes forestières. Certaines produisent du miellat sucré (*P. ziziphi*) un excès de sève qui est élaborée, rejeté sous forme de gouttes dans certaines cochenilles trop gourmandes qui attire les fourmis commensales mais aussi qui provoque le développement de champignons du type «fumagine». (<http://aramel.free.fr/INSECTES10-2.shtml>).

3-1 - Position taxonomique

Selon **Balachowsky et Mesnil (1935)**, les premières classifications des cochenilles datent du 18^{ème} siècle, avec les travaux de Targioni-Tozzetti de 1869 et de Signoret de 1869 à 1876. Du point de vue systématique, les Diaspididae appartiennent à la Classe des insecta (**Linnaeus, 1758**), Sous classe des Pterygota, Super ordre des Hemiptera (**Linnaeus, 1758**), sous-ordre des Sternorrhynches, la Superfamille des Coccoidea (**Fallen, 1814**) et la Famille des Diaspididae qui se subdivisent en deux sous-familles : les Phoenicococcinae et les Diaspidinae. Cette dernière se répartit en 5 tribus à savoir les Odonaspidini, les Diaspidini, les Aspidiotini, les Parlatorini, dont les trois dernières sont représentées en Algérie par plusieurs espèces (Fig. 3).

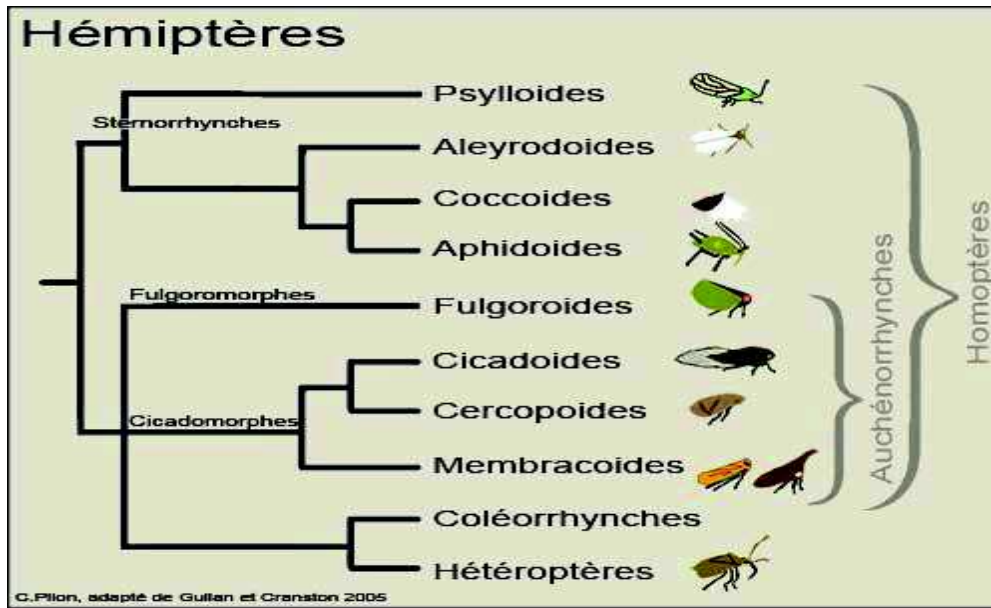


Figure 3 : Classification des Hémiptères.

3.2 – Morphologie

Les clés de détermination sont basées sur la morphologie des femelles adultes. Les mâles adultes, complètement différents des femelles, ne vivent que quelques jours et ne peuvent être observés avec autant de facilité. La détermination de ces insectes doit être confirmée par un expert, à partir d'un spécimen adulte femelle qui est monté entre lame et lamelle. La morphologie de certains Diaspididae change en fonction de l'endroit où ils s'établissent sur la plante-hôte à un point tel qu'on a cru observer des espèces différentes qui, en fait, appartenaient à la même espèce. Le bouclier ne fait pas partie du corps de l'insecte mais est érigé par lui pour se protéger.

- **La femelle**

La forme des femelles matures varie d'une espèce à l'autre. Elles peuvent être très allongées ou circulaires mais sont le plus souvent modérément allongées et fusiformes. La cochenille atteint la maturité en trois stades. Au premier stade, elle ressemble au mâle. Au second stade, elle n'a plus de pattes et ses antennes se réduisent à un seul article. Le stade adulte est similaire au stade deux. On dit que les cochenilles sont néoténiques car, au stade adulte, la femelle conserve les caractères juvéniles du stade précédent. Elle n'a pas de pattes, pas d'ailes et le thorax est fusionné à l'abdomen pour former une sorte de sac aplati. Les

segments postérieurs de l'abdomen sont fusionnés et forment le pygidium qui porte les microstructures (palettes, peignes) permettant d'ériger un bouclier (figure n°4).

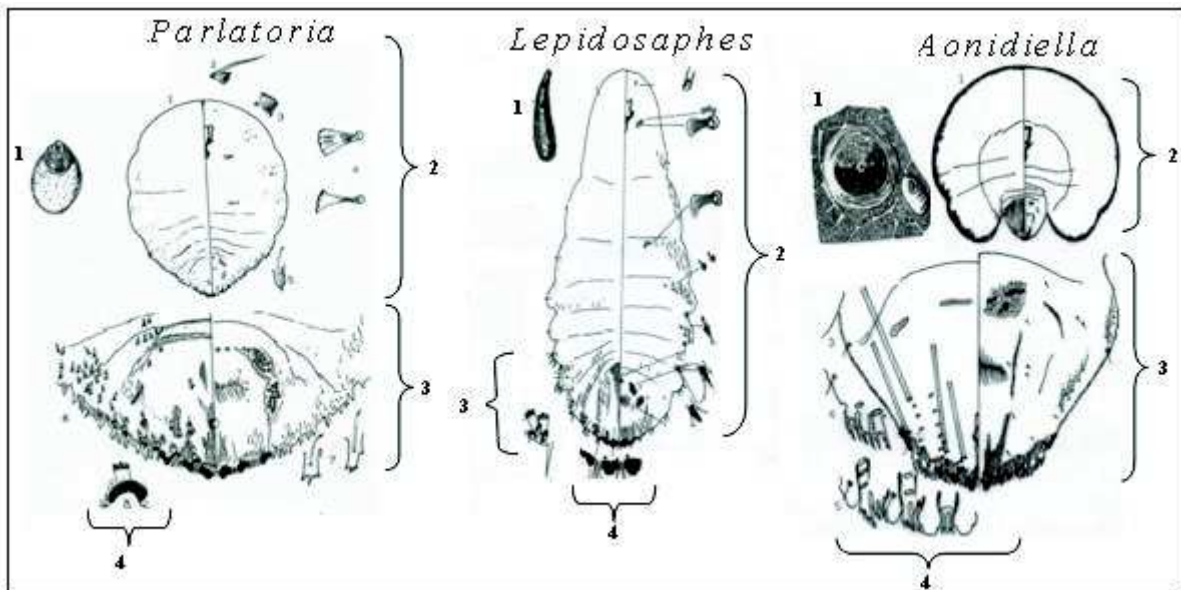


Figure 4 : Morphologie du corps du genre *Parlatoria*, *Lepidosaphes* et *Aonidiella*:

(1: Bouclier, 2: corps de la femelle, 3: Pygidium, 4: Palettes et peignes) (**Belguendouz, 2006**).

Les stylets mesurent généralement plusieurs fois la longueur du corps de l'insecte et lui permettent d'atteindre sa nourriture malgré le fait qu'il soit immobile durant la presque totalité de son cycle de vie (figure n°5). À chaque mue, les stylets sont abandonnés dans l'hôte et régénérés à partir de cellules situées à la base du rostre. Fait inhabituel chez les insectes, la femelle continue de croître après avoir mué au stade adulte. Son corps très plissé lui permet de prendre de l'expansion ou même de changer de forme lorsque les « plis » se détendent. La taille de la femelle à pleine maturité mesure entre 1,0 et 1,5 mm, rarement plus de 2 mm. Son bouclier mesure entre 1 et 2 mm de diamètre ou 2 et 3 mm de long.

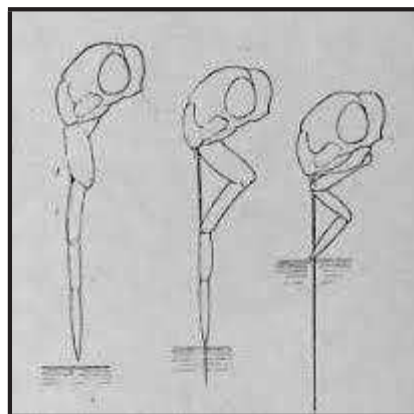


Figure 5: Présentation du stylet (<http://aramel.free.fr>).

- **Le mâle**

Il mesure rarement plus de 1 mm de long, en excluant l'appareil génital qui, à lui seul, mesure environ la moitié de la longueur du corps. L'adulte est presque toujours ailé. Les ailes antérieures sont longues et atteignent généralement l'extrémité du corps, en excluant l'appareil génital. Elles sont membraneuses et portent deux nervures. Les ailes postérieures sont réduites à deux balanciers. Les six pattes sont longues et fines et se terminent par un tarse d'un ou deux articles et une seule griffe. Le mâle possède deux yeux écartés sur le dessus de la tête et deux yeux étroitement rapprochés sur la zone ventrale de la tête (figure n°6). Certaines espèces ont aussi des ocelles. Les antennes sont bien développées et comportent généralement dix articles mais parfois neuf chez les espèces aptères. Des différences importantes s'observent au sein d'une même espèce. Ces différences morphologiques sont liées au site d'alimentation (feuille ou écorce).



Figure 6: Male adulte de cochenille diaspine (<http://aramel.free.fr>).

3.3 – Mobilité

Le mâle est ailé et vole. A l'état adulte, la femelle n'est pas mobile, sauf chez les Pseudococcidae, et se nourrit en se fixant sur les tiges ou les feuilles de certaines plantes dont elle suce la sève. Certaines familles peuvent avoir des cochenilles femelles avec des appendices développés tels que chez les Ortheziidae, alors que d'autres familles comme les Diaspididae peuvent avoir une disparition totale des pattes chez la femelle adulte, pour rester complètement fixée sur la plante.

C'est au stade de larve que cet animal se disperse et colonise de nouveaux arbres, d'autres plantes ou de nouvelles parties de sa plante hôte. Certaines larve au 1^{er} stade se déplacent activement (c'est le cas par exemple pour la Cochenille blanche du palmier-dattier (*Parlatoria blanchardi* (Targioni Tozzetti, 1868)). Certaines se laissent emporter par le vent ou sont transportées par des fourmis qui les approchent de leurs colonies pour récolter leur miellat. Au second stade, dans certaines familles (Coccidés, Kermesidés), les larves se fixent définitivement (jusqu'à leur mort par exemple pour les Diaspididés femelles, ou jusqu'à la mue imaginale pour le mâle). Beaucoup d'espèces sont encore mobiles au second stade. Dans quelques familles, la femelle reste mobile toute sa vie (Pseudococcidés, Ortheziidés).

3.4 – Alimentation

Les Diaspididae s'établissent surtout sur les arbres et les arbustes mais aussi sur diverses plantes vivaces. Ils peuvent s'alimenter sur différentes parties de leur plante-hôte, c'est-à-dire le tronc, la tige, les feuilles, les fruits et plus rarement, sur les racines. Pour se nourrir, la cochenille injecte de la salive qui prédigère les tissus du méristème de l'hôte. Le liquide est ensuite prélevé par le bec (rostre). Les cochenilles qui s'alimentent sur les feuilles font courir leurs longs stylets parallèlement à la surface de la feuille. Le trajet des stylets des cochenilles qui se développent sur le tronc des arbres est moins bien connu.

Le système digestif des Diaspididae est unique chez les cochenilles. Il n'y a pas de lien direct entre l'estomac et l'intestin. Les fluides transitent plutôt via les deux larges tubes de Malpighi. De plus, contrairement à ce qu'on observe chez plusieurs familles phytophages d'Hémiptères, le système digestif ne comporte pas de chambre filtrante. L'anus ne produit pas de miellat mais une sorte de ciment qui maintient ensemble et durcit les filaments produits par des glandes du pygidium. La cochenille doit pourtant absorber une grande quantité de fluides de la plante-hôte pour s'alimenter. Il est possible que l'insecte dispose de ses déchets en les retournant à l'hôte. La morphologie des glandes salivaires, qui semblent surdéveloppées pour ne remplir que la fonction d'alimentation.

Durant leur vie, les cochenilles ne s'alimentent pas de façon continue. Par exemple, durant le premier stade où l'insecte est mobile et cherche l'endroit idéal où s'établir, il ne se nourrit pas et on suppose qu'il ne « goûte » pas les sites explorés. Dès le troisième stade et jusqu'à leur mort, les mâles ne s'alimentent pas. Des expériences effectuées sur *Aonidiella*

aurantii ont démontré que le premier stade dure environ 11 jours à une température de 28 C° et que la cochenille ne s'alimente pas durant la mue qui dure huit jours. L'insecte perd alors près de la moitié de son poids.

Aussi peu qu'une trentaine d'espèces fabriquent des galles. La protection qu'offre le bouclier explique peut-être l'absence de besoin d'une protection additionnelle. Les galles ne recouvrent généralement pas la cochenille. On pense que l'effet de l'alimentation prolongée au même endroit crée une force puits similaire à celle créée par les galles.

3.5– Reproduction

Les modes de reproduction peuvent être de type **uniparental** (reproduction par parthénogenèse, c'est-à-dire sans que la femelle ne soit fécondée par un mâle) ou **biparental** (reproduction après fécondation de la femelle par le mâle). Parfois, on observe chez une même espèce, des populations qui sont d'un type ou de l'autre. Par exemple : *Lepidosaphes ulmi*, *Aspidiotus nerii*, *Chrysomphalus dictyospermi* ou *Pinnaspis aspidistrae*.

Chez les Diaspididae, on trouve tous les types de naissances, certaines espèces adoptant même plus d'un mode. Beaucoup d'espèces sont **ovovivipares**, c'est-à-dire que l'œuf contient un embryon complètement développé qui éclot quelques heures ou quelques jours après l'oviposition. Parfois, l'œuf éclot durant l'oviposition. Chez d'autres espèces, la femelle commence par donner naissance à des nymphes, puis ensuite à des œufs. Certaines espèces comme *Quadraspidiotus perniciosus* sont **vivipares** alors que d'autres sont **ovipares**, comme *Lepidosaphes ulmi* dont les œufs éclosent au printemps suivant.

Le système de reproduction au sein de ce groupe est très hétérogène.

L'hermaphrodisme est possible, par exemple chez certaines espèces du genre *Icerya* (Monophlebides): chez ces espèces, dont la Cochenille australienne, chaque individu porte à la fois des organes reproducteurs mâles et femelles. L'œuf fécondé produit un hermaphrodite, et celui qui échapperait à l'autofécondation (phénomène rare) produira (par parthénogenèse arrhénotoque) un mâle ailé.

On connaît aussi au moins sept formes de parthénogenèse chez les cochenilles. Plusieurs de ces modes de reproduction peuvent coexister au sein d'une même espèce, produisant alors à la fois des lignées parthénogénétiques et bisexuées (c'est le cas en France par exemple pour la Lécantine du cornouiller, la Lécantine de la vigne, le Pou des Hespérides ou le Cochenille virgule du pommier).

La parthénogenèse consiste en développement d'œuf non fécondés, elle peut être de trois types :

- Thélytoque** : les œufs non fécondés ne produisent que des femelles, c'est toujours le cas chez quelques Diaspididés et Margarodidés.
- Facultatif** : les œufs non fécondés produisent des femelles, mais la reproduction bisexuée donne des individus des deux sexes.
- Arrhénotoque** : de l'œuf non fécondé ne sortent que des mâles.

3.6 – La fécondation

À l'émergence, les mâles sexuellement mûrs partent à la recherche des femelles, guidés par les phéromones femelles. Ils s'accouplent en quelques minutes. Souvent plusieurs mâles peuvent être observés sur une même femelle, s'accouplant les uns après les autres.

La fécondation n'a lieu que lorsque la femelle est sexuellement mûre, soit 14 jours environ après la dernière mue. A ce moment, l'ovogenèse est complètement entamée et la plupart des ovocytes sont prêts à être fécondés. Dans le cas de *Parlatoria oleae*, l'accouplement n'intervient pas dans le processus de l'ovogenèse, mais reste indispensable à la ponte (**Biche, 1987**). Chez cette espèce, la parthénogenèse n'existe pas et la fécondation se fait au fur et à mesure de la maturation des ovocytes (**Biche, 1987**).

Le nombre de générations par an varie selon l'espèce et le climat. L'espèce est dite univoltine quand elle ne produit qu'une génération par an et bi-, tri- ou poly-voltine quand elle en produit plusieurs.

La fécondité elle diffère selon les espèces et les contextes (par exemple : selon le taux de parasitisme)

- Les *Parlatoria* (Diaspididés) ne pondent que 15 à 20 œufs par femelle.

- Au contraire, les *Eulecanium* et *Saissetia* (comme la Cochenille noire de l'olivier) pondent jusqu'à 2000 œufs par femelle, mais les *Aspidoproctus* (Monophlebidés) peuvent en pondre 3 fois plus (jusqu'à environ 6000).

Les cochenilles en période d'hivernation et notamment au stade adulte femelle fécondée (*P.oleae*) emmagasinent durant toute la période hivernale beaucoup de réserves nutritifs, ce qui contribue directement au processus de l'ovogenèse et de la multiplication des ovocytes. Ceci a été confirmé lors de la ponte printanière et estivale, (**Biche, 1987**). D'après le même auteur, il ressort aussi que les températures estivales comprises entre 30 et 35°C diminuent la période d'oviposition et le nombre d'œufs. En effet, **Habib et al., (1969)**, affirment que *P.oleae*, a une durée de pré-oviposition et des périodes d'oviposition qui diminuent avec l'élévation de la température. **Bourijate et Bonafonte (1982)**, estiment de leur côté qu'un accouplement différé provoque une baisse de fécondité dans certaines espèces (genre *Parlatoria*) et une diminution de la période d'oviposition avec une augmentation de la ponte initiale dans les espèces à fécondité inchangée telles que *A.aurantii* et *L.beckii*.

3.7 – Cycle de développement

Le cycle biologique est très divers, il peut y avoir de 1 à 6 générations ou plus chaque année et l'hivernation peut être dans n'importe quel stade, sauf le troisième, quatrième ou le stade adulte male. Dans beaucoup d'espèces, le nombre de générations et les stades d'hivernation peut varier en fonction de la température. La période de ponte peut s'étaler sur plusieurs mois et après avoir pondu tous ses œufs, la femelle meurt et on assiste à un chevauchement des différents stades. L'éclosion survient au bout de 1 à 2 semaines au printemps et entre 2 à 4 semaines en automne lorsque les températures sont plus fraîches. Les œufs ou les larves du premier stade sont portées au-dessous du bouclier de la femelle adulte, qui porte une petite fente à l'extrémité postérieure permettant aux larves de sortir à l'extérieur. La formation du bouclier de la cochenille, est un processus intéressant qui implique généralement la participation des exuvies de larves du deuxième stade.

Les Diaspididae passent par 3 stades femelles et 5 stades mâles (figure n° 7) :

✓ **Stade un - femelle et mâle - stade rampant**

- **Torpeur** : qu'il soit éclos d'un œuf ou né vivant, le premier stade reste immobile un certain temps après sa naissance.
- **Dispersion** : la première larve est responsable de trouver un site acceptable puisqu'elle s'y fixera sans pouvoir en changer. Elle ne se nourrit pas durant la phase de dispersion qui dure quelques heures ou quelques jours. Elles s'établissent généralement à « plusieurs douzaines de cm de leur lieu de naissance ». Elles peuvent aussi être transportées par le vent et ainsi coloniser un nouveau site. Des expériences ont démontré que certaines espèces se font emporter par le vent plus volontiers que d'autres.
- **Établissement** : après avoir trouvé un site qu'elle juge satisfaisant, la première larve ramène ses pattes sous son corps et s'aplatit sur la surface de l'hôte. Elle insère ses stylets dans l'hôte et commence à se nourrir. À partir de ce moment, elle ne se déplacera plus, même pour trouver un meilleur emplacement. la première larve commence l'édification d'un bouclier protecteur.
- **Mue** : la larve mue à la fin du stade.

✓ **Stade deux - femelle**

- **Bouclier** : poursuit la construction du bouclier. L'exuvie du stade un en fait partie.
- **Mue** : à la fin du stade, la femelle mue au stade adulte en conservant ses caractères juvéniles.

✓ **Stade trois - femelle - adulte**

- **Bouclier** : poursuit la construction du bouclier qui s'agrandit pour recevoir sa progéniture. L'exuvie du stade deux en fait partie (sauf chez les cryptogynes).
- **Accouplement** : à maturité la femelle émet des phéromones qui attirent les mâles. Certaines cochenilles se reproduisent sans fécondation.

- **Progéniture** : les femelles Diaspididae produisent entre un et 10 œufs par jour, ce qui est peu par rapport à celles des autres familles de cochenilles qui peuvent en pondre quelques douzaines ou centaines par jour. La femelle rétrécit après avoir donné naissance, ce qui fait de la place pour sa progéniture, sous le bouclier. La période de naissance est continue, durant quelques semaines, jusqu'à la mort de la femelle.

✓ **Stade deux - mâle**

- **Bouclier** : poursuit la construction du bouclier. L'exuvie du stade un en fait partie. Le corps devient allongé et le bouclier s'allonge de la même façon. Le bouclier atteint sa taille optimale et sa construction se termine au cours du stade deux. Un clapet de sortie est produit.
- **Mue** : à la fin du stade, le mâle mue au stade prépupal.

✓ **Stade trois - mâle - prépupal**

- **Bouclier** : l'exuvie du stade deux est évacuée par le clapet de sortie ou conservée sous le bouclier.
- **Prépupe**: ne s'alimente pas.
- **Mue** : à la fin du stade, passe au stade pupal

✓ **Stade quatre - mâle - pupal**

- **Bouclier** : l'exuvie du stade deux est évacuée par le clapet de sortie ou conservée sous le bouclier.
- **Prépupe**: ne s'alimente pas.
- **Mue** : à la fin du stade, passe au stade adulte.

✓ **Stade cinq - mâle - adulte**

- Ailé (parfois aptère), doté de pattes mais sans pièces buccales fonctionnelles car ne s'alimente pas.

Accouplement : il recherche une femelle pour s'accoupler et vit de un à trois jours

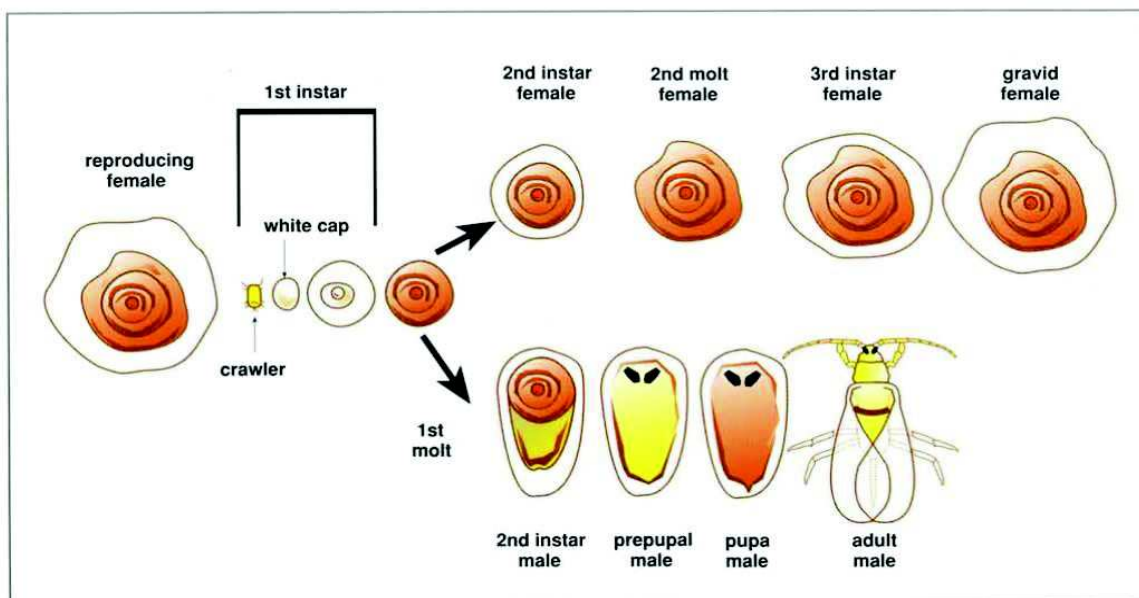


Figure 7 : Cycle de développement des cochenilles diaspidines

3.8 – Dégâts

Les cochenilles sont des insectes suceurs qui se fixent sur n'importe quelle partie de la plante et qui peuvent provoquer des dégâts, en vidant les cellules de leur contenu. Le prélèvement de la sève et des liquides intracellulaires ; entraîne des effractions de la paroi du végétal, la perte d'éléments nutritifs, provoque un affaiblissement général de la plante et la perturbation de leur croissance, une déformation des feuilles, leur jaunissement et chute partielle ou totale, jusqu'au dessèchement progressif des rameaux et des branches. L'injection de la salive, phytotoxique, contribue aux malformations de la plante, tout comme la pénétration des stylets, par leur action mécanique. De plus, le dépôt de miellat ; qui est riche en sucres et en acides aminés, il brûle les tissus et favorise le développement de la fumagine (champignons noirs). Brûlures et fumagine qui, outre son aspect inesthétique, limite la photosynthèse, en recouvrant les feuilles et forment des souillures sur les fruits, en particulier les agrumes, et rebutent le consommateur.

La perte économique annuelle aux Etats-Unis attribuée aux cochenilles se situe autour de 500 millions d'euros (Foldi 2003). Au titre des dégâts indirects, certaines cochenilles sont susceptibles de transmettre des virus (Foldi, 2003).

4 – Données bibliographiques sur *la Cochenille noire (Parlatoria ziziphi)*

4.1 - Généralités

Podsiadlo et Bugila (2007) soulignent que *Parlatoria ziziphi* (**Lucas, 1853**) est un ravageur des agrumes et considéré comme l'un de leurs principaux ravageurs dans certaines zones. L'insecte provoque le dépérissement des brindilles, chute prématurée des fruits et des feuilles, et la déformation des fruits. Il est généralement si bien partie du fruit qui ne peut pas être enlevé, ce qui provoque une infestation importante.

Cela réduit la valeur commerciale des fruits et peut les rendre impropres à la consommation humaine (**Blackburn et Millert, 1984**). *Parlatoria ziziphi* a été enregistré en Pologne sur les agrumes importés des pays méditerranéens.

C'est une espèce commune, appelée Pou noir de l'oranger. Elle peut manifester des pullulations intenses dans les vergers serrés, mal aérés. Elle prend une importance économique particulière du fait qu'elle résiste bien aux nettoyages, au cours du conditionnement des fruits (**Sigwalt, 1971**).

4.2 – Position systématique

Embranchement :	Arthropoda
Classe :	Insecta
Ordre :	Homoptera
Sous - Ordre :	Sternorrhyncha
Super - Famille :	Coccoidea
Famille :	Diaspididae
Genre :	<i>Parlatoria</i>
Espèce :	<i>Parlatoria ziziphi</i> (<i>Lucas, 1853</i>)

4.3 – Nomenclature

Selon **Quilici (2003)** le nom de l'espèce est généralement *Parlatoria ziziphi* (**Lucas, 1853**). Mais d'autres synonymes sont à signaler comme :

Coccus ziziphi Lucas, 1853

Parlatoria lucasii Targioni Tozzetti

Parlatoria ziziphus (Lucas) Fernald

Parlatoria zizyphus (Lucas) Cockerell

Noms communs :

Français : Cochenille noire de l'oranger

Anglais : Black parlatoria scale

Black scale

Citrus parlatoria

Leaf black scale

Mediterranean scale

4.4 – Plantes hôtes

Hôtes primaires : *Citrus spp.* dont *Citrus aurantifolia* (lime), *Citrus aurantium* (orange amère), *Citrus hystrix*, *Citrus limon* (citron), *Citrus nobilis* (tangor), *Citrus reticulata* (mandarine), *Citrus sinensis* (orange), *Citrus x paradisi* (pamplemousse)

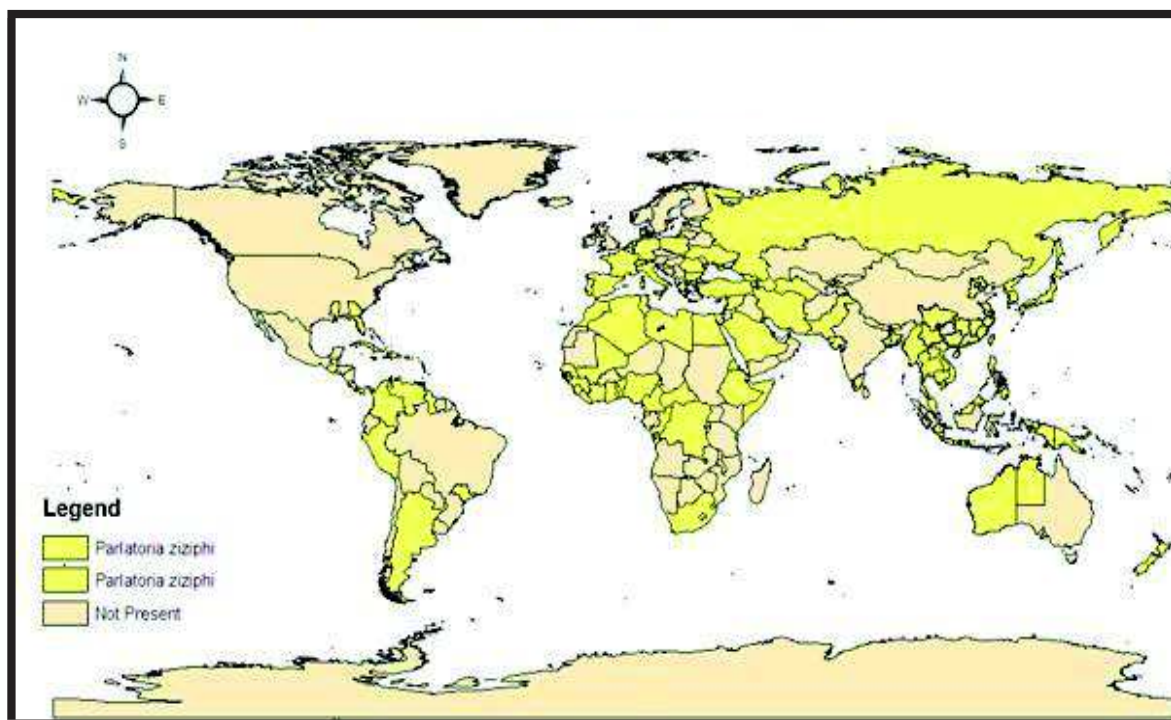
Hôtes secondaires : D'autres Rutaceae ornementales, *Severinia buxifolia* et *Murraya paniculata* ; *Cymbidium*, *Damnocanthus* (Cabi, 2001)

4.5 – Origine et répartition

P.ziziphi est probablement originaire du sud de la Chine (Longo *et al*, 1995) mais s'est largement disséminée à travers le monde entier, surtout sous les tropiques mais aussi dans certaines régions tempérées.

Les cochenilles se déplacent peu d'elles-mêmes sinon sur l'arbre. Tant qu'elles ne se sont pas fixées sur un support végétal (au stade L₁ mobile), elles peuvent être véhiculées par le vent ou sur des animaux. A plus grande échelle, la dissémination se fait par le transport de matériel végétal infesté (Quilici, 2003). Elle est très fréquente rencontrer en Italie, Espagne, Afrique du Nord. Elle est également présenter en Malaisie, Philippines, Inde et en Afrique occidentale (Praloron, 1971).

En Algérie, la cochenille noire de l'oranger se diffuse partout avec celle de sa plante hôte, elle a été signalée au centre dans la Metidja, à Alger et à Blida ; à l'est, elle est repartie à Tizi-Ouzou, d'Azazga, d'Annaba et de Constantine ; à l'ouest, dans Oran, à Tlemcen, à Aïn-Temouchent et à béni-Saf, elle est même été observé ou Oasis, à Languate et Bechar par **Balachowsky (1932)**.



Carte n° 3. - Répartition mondiale de *Parlatoria ziziphi* (Engle et al., 2008).

4.6 - Description

Praloron (1971) souligne que l'identification précise de cette espèce nécessite un examen au microscope monté sur lames.

Parlatoria ziziphi se présente sous forme de taches noires ovales, le dos recouvrant le corps de la femelle qui mesure 1,25 mm de large sur 2 mm de long. La portion noire est l'exuvie noire opaque du second larvaire. Elle est rectangulaire avec les angles arrondis. A l'avant se trouve l'exuvie de la larve du premier stade, également noire mais de forme ovale. Une production cireuses, mince, blanchâtre prolonge d'exuvie du deuxième stade, surtout postérieurement.

L'œuf de *P. ziziphi* mesure de 0.18 à 0.25 mm de longueur. Il a une forme ovale et de couleur violette dont le chorion est parfaitement lisse et transparent (Monastero, 1962). L'ensemble des œufs est rangé transversalement en deux séries parallèles (Chapot et Delucchi, 1964). L'œuf expulsé par la femelle ne renferme pas un germe, mais un embryon plus ou moins avancé. L'ovule est fécondé in situ par le spermatozoïde et, est expulsé après une incubation plus ou moins longue dans le corps maternel (Balachowsky, 1939).



Figure 8 : Femelle de *P. ziziphi*
(Sadallah Abderraouf, 2014)

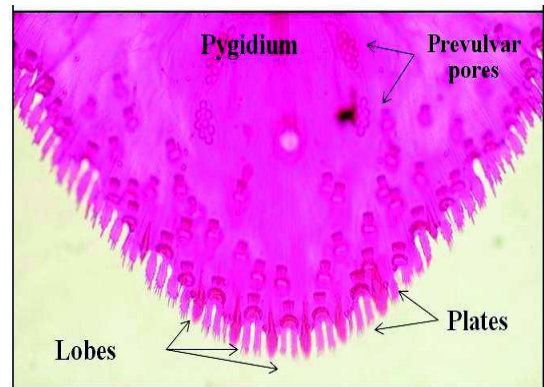


Figure 9 : Pygidium de la femelle
(Belguendouz, 2006)

C'est le bouclier de la femelle elle-même. Le bouclier mâle est allongé, blanc, grisâtre, cireux avec l'exuvie noire de premier stade à la partie intérieure. Le corps de la pré-nympe est de couleur violette intense, de forme allongée et porte sur le segment céphalique deux grosses tâches sombres. *P.ziziphi* est une espèce polyvoltine, elles sont toutes chevauchantes, les individus de tous les stades de développement peuvent être observé durant toute l'année (Biche, 2012).



Figure 10 : Mâle et femelle d'une cochenille noire sur une feuille d'agrume.

Le mâle ne présente pas des caractères particuliers qui le distinguent de ceux des autres espèces. Il a une longueur de 1 mm environ, comprenant un stylet caudal mesurant 0,32 mm. Il a un corps plus fuselé et plus petit de celui de la nymphe, de couleur violette avec des pattes et des antennes (Fig.11). Sa tête est beaucoup plus petite, munie de gros yeux dorso-ventaux qui sont spongieux et plus sombres. Ses antennes mesurent 0,45 mm, elles sont filiformes, cylindriques, couvertes de nombreux poils courts et gros, le dernier poil apical est un peu plus petit et court, terminé avec un tubercule. Les ailes antérieures mesurent 1.5mm d'envergure.

Elles sont arrondies au sommet, transparentes et incolores (Ouzzani, 1997). L'abdomen est formé de 9 segments bien visibles dont le dernier segment porte un long stylet à la base large, (Monastero, 1962).



Figure. 11 : Mâle adulte de *Parlatoria ziziphi*
(Sadallah Abderraouf, 2014)



Figure.12 : Bouclier de mâle
(Sadallah Abderraouf, 2014)

4.7 – Biologie

Praloron (1971) signale que la femelle de *Parlatoria ziziphi* pond de 10 à 20 œufs. Il y a 4 à 5 générations par an, parfois 6 dans les pays où les conditions sont favorables. Bien que le taux de multiplication soit très faible, cet insecte est un ennemi sérieux des agrumes.

Selon **Sweilem et al., (1987)** en Egypte elle présente 2 générations par an sans parthénogenèse. Le nombre d'œufs pondus par femelle est en moyenne de 34,3 et les femelles

nourries sur fruit pondent plus d'œufs que celles qui s'alimentent sur les branches ou les feuilles.

En conditions contrôlées, la période d'incubation la plus courte (4,4 jours) est enregistrée à 27°C et pour une humidité relative (HR) de 65%. Dans des conditions naturelles de températures (8,4 - 34,6°C), la période d'incubation varie de 5,4 à 12,1 jours. Les stades larvaires durent de 23,5 à 34,8 jours pour les femelles et de 28,6 à 49,4 jours pour les mâles. La longévité des adultes varie entre 50,8 et 88,2 jours pour les femelles et entre 1,4 et 3,4 jours pour les mâles.

Le cycle biologique des mâles s'apparente étroitement à celui des insectes holométaboles. En effet les mâles présentent cinq stades séparés par quatre mues. C'est à partir de la deuxième mue que la différenciation sexuelle s'effectue. La larve du deuxième stade futur mâle subit une mue et devient pronymphe. Celle-ci se distingue nettement du stade précédent. Elle se caractérise par la formation des ébauches oculaires des pattes et de l'allongement de l'extrémité abdominale. La pronymphe subit une troisième mue pour donner une nymphe possédant des antennes, des ailes, des pattes développées mais repliées contre le corps le stylet copulateur est parfois visible. La nymphose se produit sous le bouclier ; la nymphe immobile se transforme en adulte qui quitte le bouclier par une fente. Cependant les mâles ont un rôle économiquement secondaire dans les dégâts commis sur les végétaux.

En Chine, *P. ziziphi* présente 3 à 4 générations par an et hiverne sous la forme adulte. La période de ponte dure de 79 à 135 jours et les œufs nécessitent entre 7,8 et 11,6 jours pour éclore (le taux d'éclosion variant entre 89,7 et 99,7 %) (**Huang et al., 1988**).

4.8 – Dégâts

Praloron (1971) remarque que *Parlatoria ziziphi* affecte les jeunes pousses, le feuillage et les fruits. Les prélèvements de sève conduisent à une diminution de la vigueur de l'hôte et le feuillage et les fruits peuvent montrer des décolorations jaunes, ces symptômes peuvent être confondus avec ceux occasionnés par d'autres cochenilles. De sévères infestations peuvent causer la chute prématurée des feuilles et des fruits, les minuscules

écailles noires que forment les boucliers des femelles adultes sont alors clairement visibles et recouvrent de larges zones (**Quilici, 2003**).

Les feuilles sont les sites d'alimentations préférées (photo n°1), mais les fruits et les branches sont également attaqués. Couvertures échelle se trouvent sur les deux faces des feuilles (**Blackburn et Millert, 1984**). Elle s'attaque au Citronnier et à l'oranger, mais a une préférence très marquée pour le Mandarinier. On la rencontre également sur Palmier et Goyavier.

D'après **Trabut (1910)** et **Ouzzani (1997)** les orangers couverts par *P.ziziphi* installés sur les feuilles et les rameaux souffrent, végètent mal et donnent des petits fruits. Cette situation est due principalement au fait que la cochenille, en s'alimentant va rejeter de la salive contenant des toxines. Cette sécrétion phytotoxique provoque une destruction de la chlorophylle qui a pour conséquence une désorganisation totale des cellules atteintes (**Piguet, 1960**).



Photo.n°1: Infestation de *Parlatoria ziziphii* sur orangers.

Les dégâts causés par cette cochenille se traduisent par une chute prématurée des rameaux, une décoloration partielle accompagnée d'un dessèchement plus au moins poussé des cochenilles peut entraîner le dessèchement complet de l'arbre en 2 ou 3 ans si aucune mesure de lutte n'est prise.

4.9 – Moyens de lutte

Les vergers d'agrumes ont subi avec le temps de très fortes pressions de la part de plusieurs déprédateurs et notamment *Parlatoria ziziphi*. La brutalité des dégâts causés par ce ravageur a suscité un nombre important d'efforts consentis en matière de lutte afin d'avoir une production saine, indemne et attirante.

Pour lutter contre les infestations de cette cochenille, une lutte chimique et biologique est utilisée car c'est la cochenille la plus difficile à combattre à cause de très forte adhérence de leurs boucliers sur les feuilles et les fruits.

4.9.1 – Lutte chimique

Dekle (1976) souligne qu'en Chine, *P. ziziphi* a été combattue de manière efficace grâce à diverses matières actives comme l'Ométhoate, le Chlorpyrifos, le Méthidathion, le Quinalphos, le Lambda-cyhalothrine, le Fenvalérate ou Cyperméthrine (**Huang et al., 1988**).

En Floride, ils conseillent la pulvérisation d'huiles, de Malathion mélangé avec des huiles, de Diméthoate ou de Parathion. Des traitements inconsidérés, néfastes à la faune auxiliaire peuvent favoriser *P. ziziphi*, il faut donc veiller à une application raisonnée des insecticides contre les autres ravageurs des agrumes.

4.9.2 – Lutte biologique et leurs effets

Selon **Dekle(1976)** pour la lutte biologique il existe des champignons entomopathogènes (Genre *Aschersonia*), des Hyménoptères parasitoïdes du genres *Aspidio tiphagus* (Encarsia) et *Aphytis sp.*, et des prédateurs *Chilocorus nigritus*, *Lindorus lophanthae* (*Rhizobius sp.*) et *Orcus chalybeus* (*Halmussp.*). Des prédateurs et parasitoïdes d'autres cochenilles peuvent s'attaquer à *P. ziziphi*.

Il existe aussi d'autres prédateurs selon **Biche (2012)** telle que les coccinelles qui se nourrissent au stade adulte, de 20 à 40 cochenilles par jour. Ceux qui se nourrissent de populations de ravageurs à forte densité, sont de grandes tailles et sont par conséquent nommées des prédateurs de choc. Certaines sont efficaces dans la limitation des populations

de cochenilles et d'acariens. En Algérie, on a pu recenser 16 espèces de coccinelles respectivement dans l'Algérois et la Mitidja. La plupart se nourrissent de cochenilles inféodées aux strates arbustives. Ce même auteur donne quelques exemples comme *Chilocorus bipustulatus* qui est une espèce coccidiphage, polyphage répandue dans tout le bassin méditerranéen. Elle s'alimente essentiellement aux dépens des cochenilles Diaspines inféodées aux arbres surtout aux rosacées (*Oceanaspidiotus* sp., *Pseudaulacaspis* sp. et *Parlatoria* sp.) et aux dépend des larves mobiles des Lecanines. Les larves de ce prédateur se nourrissent également de *Parlatoria ziziphi*.



Figure 13 - Adulte de *Chilocorus bipustulatus* (Biche, 2012)

Biche (1987) signale une autre espèce de coccinelle qui est *Rhyzobius lophantae*, qui est un prédateur exotique qui se développe essentiellement aux dépens de la super famille des Coccoidea et plus particulièrement sur les Diaspines. Sa classification basée sur l'efficacité des coccinelles prédatrices. *Rhyzobius lophantae* est classée dans le groupe des coccinelles ayant un contrôle économique satisfaisant.



Figure14 - Adulte et larve d'un *Rhyzobius lophantae* (Biche, 2012)

Biche (2012) souligne que le syrphe (*Syrphus balteatus*) est un insecte entomophage. Sur une fleur entrain de butiner ou en vol stationnaire (fig.n° 15), ce Diptère ressemblant à une guêpe minuscule rend bien des services dans nos vergers. Les adultes se nourrissent de pollen et de nectar, ils contribuent ainsi à la pollinisation.



Figure 15. - Adulte et larve de Syrphe (Biche, 2012)

Selon **Biche (2012)** c'est une espèce appartenant à l'ordre des Nevroptera (*Coniopteryx* sp.) et à la famille des Coniopterygidae (fig.n° 16), qui vit sur *Parlatoria ziziphi* notamment dans la région de Blida.



Figure 16. - Adulte de *Coniopteryx* sp. (Biche, 2012).

5 - Nutrition minérale

5.1 - Relation insecte-plantes hôtes :

Les relations entre les espèces entomologiques et les plantes hôtes sont conditionnées par différents caractères physiques des végétaux tels que la taille, la forme, la présence de cires épicuticulaires et de trichomes, le stade phénologique et la couleur de la plante (**Mangold, 1978 ; Berenbaum, 1995**) mais aussi par des facteurs chimiques tels que la présence de métabolites secondaires (**Vet et Dicke, 1992 ; Harborne 1993**). Ces substances chimiques ne participent pas aux processus physiologiques primaires mais jouent un rôle primordial dans les interactions interspécifiques (**Berenbaum, 1995**).

Au cours de la sélection de la plante hôte par l'insecte, une partie des événements comportementaux qui mènent, soit à la prise de nourriture soit au dépôt de ponte a lieu sur la surface des feuilles. Lorsque l'insecte se déplace sur la surface de la feuille, il se trouve en contact avec grand nombre de stimuli, d'ordre visuel, tactile, olfactif et gustatif (**Derridji, 1996**).

En ce qui concerne les stimuli gustatifs, ils sont essentiellement d'ordre biochimique. Ils peuvent être d'origine exogène (poussière, pollens, miellats d'insectes, produits excrétés par les micro-organismes, substances polluantes de l'atmosphère) et endogène tels que les composés des cires cuticulaires, et les métabolites primaires et secondaire provenant des tissus de la plante. Ceux-ci peuvent à leur tour être métabolisés par les micro-organismes épiphytes.

Ces substances sont plus ou moins imbriquées dans les cires et leur détection par l'insecte va dépendre de son comportement, des parties de son corps (pattes, pièces buccales, ovipositeur) en contact avec la surface foliaire, et des sensilles gustatives (type, nombre, localisation) concernées dans la reconnaissance du site (**Derridji, 1996**).

La sélection des plantes hôtes par les insectes, tant phytophages que leurs prédateurs et leurs parasites, doit être considérée dans un contexte évolutif global (**Dicke, 2000**).

L'équilibre observé aujourd'hui résulte notamment de l'interaction plantes - insectes qui sont dynamique. A chaque instant, la plante ou l'insecte peut acquérir un nouvel avantage.

Les deux types de protagonistes, le ravageur et le végétal, s'adaptent de manière différente aux conditions changeantes. D'autres pressions environnementales (comme le microclimat) peuvent aussi avoir un effet dans ces interactions en influençant les cycles de développement et de croissance tant des ravageurs que des plantes hôtes (**Schoonhoven, 1978**). La plante, source de nourriture pour les insectes, a évolué en limitant sa destruction par les phytophages.

Le moyen de défense le plus significatif est la présence de composés chimiques dans la plante. La réduction des attaques d'insectes peut être due à une diminution de la valeur nutritive ou à la présence de toxines, de substances répulsives ou d'un goût déplaisant dans les tissus de la plante (**Vet et Dicke, 1992 ; Harborne, 1993**). Les insectes ont évolué face à ces systèmes de défense chimique végétale. Etant des organismes très spécialisés, l'entomofaune a une large gamme de réponses disponibles. Les insectes peuvent s'adapter biochimiquement en développant des mécanismes de détoxification qui leur permettent de neutraliser la toxicité de certaines substances (**Yu, 1984 ; Yu et Hsu, 1993**). Des adaptations anatomiques peuvent également être initiées pour assimiler de nouvelles nourritures végétales. Les ravageurs peuvent développer de nouvelles habitudes alimentaires (**Dethier, 1982; Monge et Cortesero, 1996**), s'adapter à un nouveau goût (**Harborne, 1993**). Une co-évolution s'est opérée entre les insectes et les plantes auxquelles ils sont inféodés.

5.2 - Relation physique :

Les caractères de nature physique peuvent fréquemment réduire l'intensité des attaques des phytophages, l'orientation visuelle, pour certains groupes d'insectes, joue un rôle important lors du choix d'un hôte dans l'environnement immédiat (**Quirion et Bourdeau, 1994**).

5.2.1 - Stimuli physiques impliqués lors de la ponte

La sélection d'une plante par un insecte phytophage peut être expliquée en partie par des caractéristiques physiques du site de ponte comme la taille, la forme, la couleur, l'épaisseur de la feuille, la densité des trichomes et des stomates, la présence de cristaux des cires épicuticulaires ou de minéraux comme la silice, la texture ou le relief de la surface végétale.

L'influence des facteurs physiques n'est pas facile à mettre en évidence isolément, car il est souvent délicat de réaliser des modèles expérimentaux qui les recréent. Plusieurs études ont néanmoins réussi à démontrer une préférence pour certains caractères comme la texture, la couleur, la forme ou l'architecture, en les reproduisant sur des modèles artificiels de plante hôte (**Thorsteinson, 1960 ; Roessingh et Städler, 1990 ; Harris et Miller, 1984 ; Grant et Langevin, 1994 ; Degen et Stadler, 1996 ; Foster *et al.*, 1997; Kanno et Harris, 2000**). De tels modèles ont généralement été mis au point pour ensuite tester ces caractères en association avec des extraits de plantes et des fractions chimiques au cours de l'isolement de substances.

Par exemple, pour la mouche *Delia radicum* (Diptera, Anthomyiidae), un modèle en carton vert en forme de losange, recouvert de paraffine, avec des plis verticaux et une tige, reproduit les stimuli physiques de la feuille de chou (**Roessingh *et al.*, 1992**). Pour les papillons yponomeutes, *Acrolepiopsis assectella* (Lepidoptera, Acrolepiidae) et *Yponomeuta cagnagellus* (Lepidoptera, Yponomeutidae), des lames d'histologie en verre ou des pipettes pasteur munies d'élastiques ont été utilisées respectivement pour imiter les feuilles de poireau et des branches de fusain d'Europe (**Thibout *et al.*, 1985 ; Hora et Roessingh, 1999**).

De nombreuses espèces d'insectes utilisent l'information thigmotactique pour déposer leurs œufs. Pourtant, la pubescence est généralement un moyen de défense de la plante qui perturbe ou empêche les déplacements de l'insecte, surtout si celui-ci est de petite taille (**Southwood, 1986**). De plus, les trichomes glandulaires peuvent libérer une sécrétion collante qui immobilise l'insecte lorsqu'il les brise.

Les nervures, les crevasses ou la courbure des tiges ou des fruits peuvent également représenter des informations importantes pour le dépôt des œufs et la construction d'ooplaques. Elles peuvent guider la femelle dans l'alignement de ses œufs ou bien stimuler un comportement locomoteur particulier de l'insecte. Mais les signaux physiques à la surface des plantes, bien qu'importants, ne permettent pas de comprendre la spécialisation taxonomique des insectes, qui s'explique essentiellement par un ensemble de composés chimiques.

5.2.1.1 - Un choix basé sur une balance entre informations à effets positifs et négatifs

Le fait d'accepter ou rejeter la plante hôte est gouverné par l'équilibre existant entre des stimuli à effets positifs et négatifs produits par la plante et perçus par l'insecte (**Dethier, 1982 ; Miller et Strickler, 1984 ; Renwick et Huang, 1994**). Sur une plante acceptée, les stimuli positifs (facteurs chimiques et physiques stimulants) dominent, alors que sur une plante faiblement acceptée ou rejetée par l'insecte, les stimuli négatifs (barrières physiques, facteurs chimiques et physiques dissuasifs) auraient une importance prépondérante.

La balance entre stimuli positifs et négatifs s'établirait au niveau du système nerveux central (SNC) en fonction de la relative importance des entrées sensorielles stimulantes et dissuasives, et en fonction de facteurs physiologiques internes qui peuvent moduler cet équilibre. Différents degrés d'acceptation de la plante – allant jusqu'à son rejet – dépendent de cette balance.

5.2.1.2 - D'une information floue à une information spécifique : qualité de l'information et contexte évolutif

Les insectes phytophages, en fonction des informations chimiques et physiques perçues, entreprennent des séquences comportementales qui leur permettent de sélectionner leur plante. L'adaptation à leur milieu au cours de l'évolution dépend de leur capacité d'exploitation de signaux parmi la multitude émise à la surface des plantes. La survie de l'espèce est liée à la sélection par la femelle qui doit permettre à la descendance de se développer. La co-évolution entre insectes et plantes est encore un sujet de débats. Il y a de nombreux exemples d'adaptation des insectes aux plantes, et peu de plantes qui évolueraient en s'adaptant aux attaques d'insectes.

5.2.1.3 - Association de stimuli tactiles et chimiques

Lorsque l'insecte se trouve sur la surface de la plante, il est en contact avec des stimuli physiques et chimiques souvent étroitement associés. La cuticule contrôle avec les stomates la transpiration due à la perte d'eau (**Butler, 1996 ; Burghardt et Riederer, 2006**) ainsi que les échanges gazeux : gaz carbonique et oxygène (**Burghardt et Riederer, 2006 ;**

Schreiber, 2006). Certains caractères sont indissociables, comme la face inférieure ou supérieure d'une feuille, la composition chimique des cires épicuticulaires et la présence de trichomes. Aux trichomes, stomates, nervures et jonction anticlinale des cellules de l'épiderme sont également associés des stimuli chimiques. Ceux-ci peuvent être les constituants des cires épicuticulaires, des substances organiques telles que les métabolites qui traversent la cuticule, les substances minérales exsudées par les hydathodes (tissus excréteurs des feuilles), l'eau sous forme de vapeur et enfin le gaz carbonique. Des métabolites volatils sont également sur la surface, provenant des tissus et traversant la cuticule ou provenant des trichomes. Certaines familles de plantes telles que les Labiacées, Solanacées, Composées, Geraniacées ont des trichomes à cellules sécrétrices de mono-, sesqui- et di-terpènes et d'huiles essentielles dont plus d'une centaine ont été identifiées. Des diterpénoides exsudés par des trichomes sur *Nicotiana* sp. (Solanaceae) recouvrent totalement les feuilles (**Rodriguez et al., 1984 ; Carter et al., 1989**)

5.3 - Relation chimique

5.3.1. - Aspects conceptuels

Les informations chimiques fournies par une plante sont prépondérantes dans le choix du site de ponte (**Städler, 2002**). Elles complètent les informations physiques pour former dans le système nerveux central l'image sensorielle d'une plante hôte recherchée par l'insecte. L'image sensorielle est ainsi reconnue par l'insecte (*host plant search image*) (**Dethier, 1982 ; Schoonhoven et al., 1998 ; Städler, 2002**). Les concepts de modalités de sélection de la plante hôte par les insectes évoluent. **Fabre (1886)** et **Schoonhoven (1991)** ont avancé l'« instinct botanique » des insectes, puis **Fraenkel (1959)** « la raison d'être » qui permet à l'insecte d'identifier sa plante hôte sur la base de la présence des métabolites secondaires. **Dethier (1982)** a démontré la reconnaissance des plantes grâce aux « token stimuli » détectés par les sensilles, et c'est l'équilibre entre les effets positifs et négatifs qui détermine la préférence de l'insecte. Ce phénomène a ensuite été confirmé dans de nombreux cas (**Jermy et Szentesi, 1978 ; Renwick, 1983 ; Jermy, 1993 ; Schoonhoven et al., 1998**). L'azadirachtine ou les phytoecdystéroïdes qui pourraient être présentes à la surface des plantes sont particulièrement dissuasives (**Calas et al., 2006**). La présence de signaux stimulants peu spécifiques (substances végétales ubiquitaires, humidité, texture), associée à une absence de stimuli dissuasifs, pourrait aussi réguler l'acceptation d'une plante hôte

(Bernays et Chapman, 1994 ; Schoonhoven *et al.*, 1998 ; Städler, 2002). Ce qui corrobore les hypothèses formulées par Kennedy et Booth (1951), qui base la sélection de la plante hôte sur les métabolites à la fois secondaires et primaires, chacune des catégories pouvant avoir des effets positifs ou négatifs sur l'insecte selon leur qualité et/ou leur quantité. Les propriétés spécifiques de la perméabilité cuticulaire aux métabolites primaires font en outre que ces substances ubiquitaires peuvent constituer en réalité des images chimiques très spécifiques.

5.3.2 - La cuticule végétale

La cuticule végétale qui recouvre la plante constitue un rempart face aux agressions abiotiques (température, rayonnements, lessivage, poussières, produits polluants présents dans l'atmosphère...) et biotiques (micro-organismes pathogènes, insectes phytophages...). Elle est aussi un site privilégié pour de nombreux microorganismes épiphytes non pathogènes (bactéries, levures, champignons filamenteux). Elle constitue la dernière étape au cours de laquelle l'insecte est en contact avec de nouveaux stimuli qui lui permettent d'accepter ou de refuser la plante pour pondre et/ou se nourrir. Même dans le cas où l'insecte pond dans le sol, la surface de la plante peut déterminer sa ponte (Finch et Collier, 2000). Les nombreux groupes chimiques de molécules présents à la surface des feuilles, leur organisation et leurs variations rendent ce milieu très complexe à analyser. Nous limiterons la description des composés chimiques à ceux qui sont présents à la surface des plantes avant toute attaque et qui sont susceptibles d'être des composés sémioc chimiques pour l'insecte au regard de la connaissance de ses réponses comportementales et de sa perception sensorielle. Les études progressent régulièrement et plusieurs auteurs ont fait le point sur les relations entre la surface de la plante et les insectes (Städler, 1986 ; Chapman et Bernays, 1989; Müller, 2006 ;).

La cuticule végétale présente six types de structure largement décrits par Wattendorff et Holloway (1980), Holloway (1982), Jeffree (1996) et Jeffree (2006). Schématiquement, elle a une structure en couches avec des propriétés physiques et chimiques non uniformes. Elle est composée de lipides solubles ou de cires, et d'une matrice de cutine qui est un polymère lipidique insoluble. Parmi les cires, on distingue les cires épicuticulaires et intracuticulaires de par leur voie de biosynthèse, leur localisation dans la cuticule, leur composition chimique et leur organisation structurelle. Les cires épicuticulaires sont celles qui constituent la partie la plus superficielle des cuticules et qui sont en contact avec l'insecte

lorsqu'il atterrit et/ou se déplace sur la plante. C'est un film amorphe duquel émergent des structures cristallines constituées exclusivement de composés aliphatiques : alcanes, alcools, aldéhydes, acides gras et alkyl acétates. Cette composition les différencie des cires intracuticulaires, qui contiennent une forte majorité de triterpénoïdes et quelques composés aliphatiques comme chez le laurier et la tomate (**Jetter et al., 2000 ; Vogt et al., 2004**). Les avancées récentes portent sur la connaissance de nouvelles méthodes d'isolations mécaniques des cires épicuticulaires, des propriétés de perméabilité de la cuticule, des voies de passage des métabolites de la plante vers la surface, du rôle étendu de la cuticule dans les échanges de la plante avec l'extérieur. Tous ces éléments sont importants pour mieux définir l'action des composés des cires épicuticulaires et de surface et mieux comprendre ce que l'insecte est susceptible d'utiliser comme signaux dans la sélection de sa plante hôte.

5.3.2.1 - Les cires épicuticulaires

Les cires épicuticulaires constituent l'enveloppe protectrice la plus externe de la plante. Chez les plantes de climat tempéré, elles constituent environ 13 µg/cm² sur 130 nm d'épaisseur, soit environ 4 % de toute la masse cuticulaire (**Jetter et al., 2000**). Cette épaisseur varie suivant les espèces végétales. La diversité des cires épicuticulaires, leurs propriétés physicochimiques et leur structure ont été largement décrites (**Baker, 1982 ; Barthlott, 1990, 1993 ; Barthlott et al., 1998 ; Jeffree, 1986 ; Jeffree, 2006 ; Riederer, 1991**) et leurs composés sont ceux qui ont été majoritairement étudiés pour comprendre les effets de la surface dans la sélection de la plante (**Eigenbrode, 1996 ; Eigenbrode et Espelie, 1995**). Les difficultés majeures rencontrées pour comprendre leur influence dans la sélection de la plante sont : (1) de définir les composés des cires avec lesquels l'insecte est réellement en contact ; (2) de vérifier au niveau comportemental leur action directe sur l'insecte ; (3) de mesurer leur perception au niveau des systèmes sensoriels périphériques et leur intégration dans le système nerveux central ; (4) de relier ces stimuli à des besoins physiologiques et nutritifs de l'insecte.

La majorité des composés identifiés sont des dérivés non polaires de n-acyl alcanes avec des chaînes carbonées de C₁₆--C₃₅. Peuvent se substituer en bout de chaîne des alcools primaires, acides gras et aldéhydes ou en milieu de chaîne des β-dicétones ou alcools secondaires. Ces composés sont solubles dans des solvants non polaires (**Jetter et al., 2000**). Leur caractérisation dépend de la nature du solvant utilisé et des techniques d'extraction

employées. Les méthodes varient avec le végétal, son état physiologique et le site étudié. Quelques secondes dans du chloroforme suffisent pour extraire de nombreux composés et quelques secondes de plus extraient d'autres composés qui ne sont peut-être pas au contact des sensilles de l'insecte qui peuvent provenir de cires intracuticulaires, des tissus sous-jacents, des cavités sous stomacales ou des espaces intercellulaires (**Derridj et al., 1996a**). Cela est visible par la présence de chlorophylle ou de phospholipides dans les extraits. Dans certains cas, il n'est pas possible d'extraire les composés des cires épicuticulaires sans avoir de stomates sur la cuticule. Une revue de différentes méthodes d'extraction des cires épicuticulaires a montré les variations des paramètres d'extraction et leur conséquence sur l'obtention des composés (**Riederer et Schneider, 1989**). Plusieurs exemples montrent que des composants des cires épicuticulaires des plantes (alkanes) peuvent stimuler le comportement de ponte de papillons hétérocères³ généralistes comme la pyrale du maïs *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera, Crambidae) (**Udayagiri et Mason, 1995, 1997**), *Heliothis zea* (Lepidoptera, Noctuidae) (**Breeden et al., 1996**) ou la pyrale brune de la pomme *Epiphyas postvittana* (Lepidoptera, Tortricidae) (**Foster et Howard, 1998**).

Les études des effets des composés des cires sont la plupart du temps limitées aux études de corrélations entre des fractions d'extraits par différents solvants et une réponse comportementale, en comparaison avec des témoins qui sont les solvants eux-mêmes différents selon les fractions. (**Woodhead et Chapman, 1986 ; Espelie et al., 1991 ; Adati et Matsuda, 1993 ; Brooks et al., 1996 ; Espelie, 1996 ; Spencer et al., 1999 ; Brennan et al., 2001 ; Jones et al., 2002 ; Rapley et al., 2004 ; Steinbauer et al., 2004 ; Maher et al., 2006**).

Peu d'études ont été menées sur la réponse de l'insecte aux composés des cires recristallisés *in vitro*. Cela est compliqué par le fait que beaucoup d'alcane, d'acides et d'alcools montrent un polymorphisme de cristallisation. De plus, le solvant utilisé et sa vitesse d'évaporation ont une influence sur la forme des cristaux. Une évaporation lente de solutions benzéniques ou de xylène peut donner plus d'un type de morphologie cristalline (**Amelinckx, 1955**). Dans certains cas, il a été possible de reproduire la forme et la taille du cristal observé *in vivo* (**Jeffree et al., 1975 ; Jetter et Riederer, 1994, 1995**). La reproduction de cristaux d'*Eucalyptus ovata* (Myrtaceae) a été obtenue à partir de solutions d'acétone, d'alcool primaire et de β -dikéto (**Hallam et Chambers, 1970**). Une solution à ce problème est apportée par **Jetter et al. (2000)**, **Jetter et Schäffer (2001)** et **Ensikat et al. (2000)** qui ont

mis au point une méthode d'isolation mécanique des cires épicuticulaires sans contamination avec des composés des cires intracuticulaires.

C'est la méthode cryo-adhésive, qui consiste à déposer des gouttelettes de lipides polaires à très basses températures qui adhèrent aux cristaux de cire et qui permettent ainsi de les prélever et de les transférer sur un autre support, et de les étudier isolément. Cette méthode se rapproche d'une autre technique qui utilise des solutions de gomme arabique (**Jetter et Schäffer, 2001**).

Pour affiner la compréhension des relations entre les cires épicuticulaires et le comportement de l'insecte, il est nécessaire de respecter les coïncidences spatio-temporelles entre l'insecte et l'analyse chimique de la surface. En effet, celle-ci varie avec les conditions environnementales abiotiques et biotiques, avec l'espèce végétale, l'organe de la plante, le site sur l'organe, l'âge, l'état physiologique de la plante ou de l'organe (**Schütt et Schuck, 1973 ; Giese, 1975 ; Shepherd et al., 1995 ; Faini et al., 1999**). Des réactions spontanées des composés des cires épicuticulaires sont possibles avec des polluants de l'air. Toutefois, elles sont exceptionnelles et ne semblent s'exercer qu'à des doses extrêmement élevées non observées dans l'environnement. Au cours du développement et de la maturation de la feuille de laurier, la composition des cires épicuticulaires évolue continuellement. Au début du développement, les acétates d'alkyle dominant, les alcools primaires atteignent leur maximum entre 14 et 28 jours, et les alcanes, groupe le plus important, atteignent leur maximum après 60 jours (**Jeffree, 2006**). Les faces foliaires n'ont pas forcément les mêmes effets sur l'insecte et il est préférable de les séparer dans leur analyse chimique. Il est possible de séparer les faces en faisant couler le solvant sur chaque face séparément avec un volume fixé au préalable ramené à la surface et au temps de contact (**Holloway et al., 1977 ; Premachandra et al., 1993 ; Eigenbrode et al., 1998**).

Ces multiples sources de variations de la composition chimique des cires épicuticulaires s'opposent à la composition très stable des cires intraauriculaires, qui gouvernent le passage des métabolites qui circulent dans l'apoplaste et traversent la cuticule vers la surface.

5.3.3 - Autres molécules non constitutives

D'autres molécules non constitutives des cires peuvent être libérées lors des extractions de composés de surface. Elles sont à l'origine emprisonnées dans les cires parce qu'elles les traversent. C'est le cas des métabolites primaires et secondaires (**Derridj, 1996 ; Hopkins *et al.*, 1997 ; Griffiths *et al.*, 2001 ; Mewis *et al.*, 2002 ; Vrieling et Derridj, 2003**).

Certaines molécules extraites à la surface des plantes semblent être plutôt des artefacts dus aux méthodes d'extractions. C'est le cas des phytostérols : β -sitostérol, stigmastérol (**Holloway, 1971**), dont de fortes quantités sont trouvées dans les membranes plasmiques (**Borner *et al.*, 2005**), et d'alcaloïdes et d'acides gras libres en C16 et C18 qui sont très abondants dans les tissus. Leur accumulation dans les cires épicuticulaires est à confirmer par des investigations *in situ*.

Des composés liés au métabolisme des microorganismes épiphytes (anabolisme et catabolisme) peuvent être présents dans les extraits des cires. L'activité de la microflore épiphyte à laquelle s'ajoute celles d'autres organismes ainsi que la présence de pollens, miellats, déjections, mues, poussières diverses participent à cette composition (**Georgiou *et al.*, 1992 ; Knoll et Schreiber, 1998 ; Andrews et Harris, 2000**).

5.3.4 - Les métabolites de surface

Peu d'études portent sur les métabolites à la surface des plantes, par ignorance de leur présence et a fortiori des mécanismes de leur passage au travers de la cuticule. Or, aux métabolites dits secondaires et primaires a été attribuée la spécificité de la sélection de l'espèce végétale ou du genre par l'insecte (**Kennedy et Booth, 1951; Fraenkel, 1959 ; Dethier, 1982 ; Harborne et Baxter, 1993**). C'est donc l'ensemble des effets de ces deux groupes de métabolites qu'il est dorénavant convenu d'étudier pour comprendre la sélection de la plante par l'insecte et en particulier au contact de sa surface. Les travaux de Tukey Jr. (1970) ont montré la généralité du lessivage par l'eau sous forme de brouillards, rosée et pluie des métabolites primaires et ions K^+ , Ca^{2+} ou Mg^{2+} provenant de l'intérieur des plantes, en particulier lorsqu'elles sont matures et sénescents. La perméabilité cuticulaire à l'eau et aux solutés est due à deux voies de passage intracuticulaire : par diffusion au travers d'un

réticulum de microfibrilles polysaccharidiques (par exemple au travers de la matrice de polymères par la voie lipophile [Wattendorff et Holloway, 1984 ; Jeffree, 1996 ; Schreiber *et al.*, 2001 ; Schonherr et Schreiber, 2004 ; Schlegel *et al.*, 2005]) ; ou par des pores hydrophiles comme suggéré pour les composés organiques par Baur (1999).

Il semble toutefois d'une manière assez générale que des passages se fassent par des microfibrilles situées au niveau des cellules de gardes, à la base des trichomes et dans les parties anticlinales des cellules de l'épiderme. Les hexoses⁴ ont pu être 4. Les hexoses sont des oses (monosaccharides) qui comportent 6 atomes de carbone, ayant tous la même formule brute C₆H₁₂O₆. Ainsi visualisés après marquages spécifiques moléculaires, au microscope électronique associé à la microanalyse par rayonnement X. Les métabolites primaires issus de la photosynthese, les sucres, les vingt acides aminés libres, acides organiques, phénoliques et les métabolites secondaires tels que les alcaloïdes pyrrolizidiniques et les glucosinolates sont présents à la surface des feuilles. Par pulvérisation foliaire d'eau ultra pure de quelques secondes à une pression de 17 litres par minute, il est possible de récupérer de très faibles quantités (quelques ng par cm²) de métabolites primaires (Fiala *et al.*, 1993 ; Derridj, 1996 ; Derridj *et al.*, 1996a ; Derridj *et al.*, 1996b ; Soldaat *et al.*, 1996 ; Vrieling et Derridj, 2003). De nouvelles investigations remettent en question la présence de métabolites secondaires à la surface des plantes. Les extractions de glucosinolates par des solvants organiques (dichlorométhane et méthanol) sont des techniques qui semblent extraire ces substances non pas des couches superficielles de la cuticule mais de couches plus profondes atteintes directement ou par l'intermédiaire des stomates (Städler, 2002).

Sur cuticule isolée sans stomates, il a été montré que la diffusion de sucres solubles tels que le saccharose, le fructose et le glucose est sélective et varie avec l'espèce végétale (Stammitti *et al.*, 1995). Les proportions des acides aminés libres à la surface de *Senecio* sp. (Asteraceae) permettent de discriminer les genres entre eux, ainsi que les espèces végétales (Derridj *et al.*, 1996a ; Soldaat *et al.*, 1996). Par conséquent, bien que présents dans tous les végétaux qui photosynthétisent, les métabolites primaires, grâce aux propriétés de perméabilité de la cuticule, peuvent donner à l'insecte par leurs proportions à la surface de la plante des informations très spécifiques et stables. Les sucres alcools et les sucres solubles participent, par exemple, aux mécanismes de reconnaissance et d'acceptation de la plante par bon nombre d'insectes pour pondre (Derridj *et al.*, 1989 ; Fiala *et al.*, 1993 ; Lombarkia et Derridj, 2002, 2008 ; Maher *et al.*, 2006 ; Städler, 2002). Les quantités sont quant à elles

plus variables et donnent plutôt des informations sur la physiologie de la plante et son adaptation à l'environnement. Elles sont liées aux passages par les voies lipidiques. L'extraction des cires intracuticulaires augmente les flux de passage sans changer la sélectivité des vitesses de passage (Stammitti *et al.*, 1996). Les facteurs abiotiques jouent sur les flux de solutés qui traversent la cuticule. Il a été montré qu'une augmentation de l'humidité de l'air de 2 % à 100 % multiplie le flux d'eau d'un facteur compris entre 2 et 3 (Schonherr et Merida, 1981 ; Schreiber *et al.*, 2001).

5.3.5 - Typologie de l'information chimique utilisée dans la ponte

5.3.5.1 - Constance et variation des informations chimiques

Alors que la plupart des informations physiques données par la plante (forme, couleur, architecture, texture...) sont relativement constantes pour un stade de développement donné, les informations chimiques sont beaucoup plus variables. En particulier pour les substances sémiochimiques issues du métabolisme secondaire, de nombreux travaux relatent une modification des arômes végétaux, ainsi que des molécules sapides, en fonction de l'heure de la journée, de la saison, du stade de développement de la plante, de son état d'alimentation hydrique, de l'exposition de ses organes au soleil, de son âge, de la qualité du sol (Jolivet, 1998). Les attaques larvaires de certains Lépidoptères peuvent aussi modifier l'émission de composés volatils des plantes hôtes. Moraes *et al.* (2001) ont montré que l'alimentation des chenilles d'*Heliothis virescens* (Lepidoptera, Noctuidae) induisait l'émission par le tabac de signaux chimiques dissuadant la ponte uniquement pendant la nuit lorsque la femelle pond, alors que pendant la journée un autre cocktail chimique est émis pour attirer des parasitoïdes qui s'attaquent aux chenilles (Ryan, 2001).

D'une manière générale, si l'information des plantes varie, sa pertinence pour l'insecte ne peut être maintenue que si celui-ci possède un système nerveux de détection et d'intégration centrale suffisamment flexible. Les comportements engendrés doivent, pour garder leur efficacité, permettre de répondre à ces variations.

5.3.5.2 - Marquage kairomonal ou phéromonal

Outre la perception de la qualité chimique de la surface du végétal, le système gustatif de certains insectes détecte la présence de molécules de marquage du site de ponte, molécules déposées par de possibles compétiteurs. Ce marquage chimique participe à l'évaluation sensorielle du site de ponte lorsque les femelles qui pondent sont capables de le percevoir. Ces phéromones épidéictiques (qui assurent la dispersion interindividuelle) ont été mises en évidence chez différents insectes. Il peut s'agir d'un marquage actif par la femelle lors du dépôt de ses œufs, ou d'un marquage passif du a la nature chimique de la présence d'œufs ou de larves.

Les femelles de mouches de fruits (par exemple *Ragoletis pomonella* et *cerasi* [Diptera, Tephritidae]) déposent une quantité de phéromone de ponte autour de l'orifice dans lequel elles ont pondu. On retrouve chez *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera, Chrysomelidae) un marquage chimique du site de ponte, dont l'intensité est corrélée à la ponte déposée par la femelle sur les graines. Chez plusieurs Lépidoptères Pyralidés du genre *Ostrinia*, ainsi que chez des Tortricidés, la femelle perçoit sur la plante la présence d'œufs ou de chenilles et détourne sa ponte en conséquence (Thiéry et Gabel, 1993). En réaction au dépôt des œufs de *Pieris brassicae* (Lepidoptera, Pieridae), la plante peut aussi émettre des substances attractives d'insectes parasitoïdes (Hilker *et al.*, 2002 ; Fatouros *et al.*, 2012).

5.3.5.3 - Architecture, structure et fonctionnement des organes impliqués dans la ponte

On peut comprendre la diversité des modes de sélection de la plante hôte par l'insecte par la diversité des signaux émis par la surface de la plante et leurs mécanismes de perception et d'intégration sensorielle chez l'insecte. Selon l'espèce, le stade de développement et le genre, l'insecte détecte un ensemble de métabolites dont la qualité et le nombre varient (Bernays et Simpson, 1982). Les techniques de mesures de détection sensorielle par les sensilles gustatives des insectes ne permettent pas de tester aisément les substances non hydrosolubles.

Cependant, une légère modification du montage exposé dans l'encadré 23-4 permet de tester de telles substances. Hiroi *et al.* (2008) ont inséré le fil d'argent relié à un

amplificateur non pas dans le capillaire contenant la substance à tester mais directement planté à la base de la sensille gustative, le capillaire rempli d'une substance non hydrosoluble étant la source de la stimulation. En revanche, les réponses à des substances hydrosolubles ne posent pas de problèmes et ont été largement démontrées (**Bernays et Chapman, 1994**).

Les cellules nerveuses (3 à 5) situées à la base des sensilles gustatives qui permettent la détection de l'eau et des sucres sont présentes chez tous les insectes. L'évolution au cours du temps a gardé ces caractères sur des organes qui ne sont pas utilisés lors de la prise de nourriture mais lors de la prise de contact avec la plante et au moment de la ponte. Chez les Lépidoptères, les sucres et les acides aminés sont détectés par des cellules séparées alors que, chez les Diptères, ce sont les memescellules qui détectent les deux groupes de métabolites. L'insecte possède aussi des cellules spécialisées pour détecter les métabolites secondaires (**Städler, 2002 ; Green et al., 2003**).

Le système nerveux périphérique est composé par l'ensemble des cellules sensorielles localisées à la périphérie du corps juste sous la cuticule. Selon leur morphologie et leur localisation, ces cellules sensorielles envoient des afférences soit vers le cerveau, soit vers les ganglions. Ces neurorécepteurs, abrités dans des expansions cuticulaires, permettent la détection des stimuli de l'environnement. On trouve les chimiorécepteurs, les mécanorécepteurs et les photorécepteurs.

Alors que ces derniers sont concentrés sur la tête (yeux et ocelles), les deux premiers sont isolés ou groupés en petit nombre sur les différentes parties du corps.

Les organes sensoriels chez les insectes sont les sensilles. Elles sont caractéristiques des arthropodes. Elles correspondent à des modifications de la cuticule abritant les cellules nerveuses et permettant à celles-ci de détecter un stimulus spécifique (odeur, molécule sapide, stimulus visuel ou du toucher, sons, température ou humidité).

Bien que présentes sur tout le corps, elles sont plus abondantes sur certains organes de l'insecte comme les antennes, les pattes, l'ovipositeur ou les pièces buccales.

5.3.5.4 - Seuils de détection et seuils comportementaux

D'une manière générale, le système gustatif périphérique est moins performant en termes de discrimination qualitative, mais aussi moins sensible que le système olfactif. Les seuils de détection des chimiorécepteurs de contact impliqués dans la ponte varient suivant le type de molécules qu'ils détectent. On pense que les molécules dissuasives sont détectées et perçues à des concentrations beaucoup plus faibles que les molécules stimulantes.

D'après **Städler (1986)** et **Derridj et al. (1989)**, la concentration des substances actives à la surface des plantes serait très faible et leur distribution ne serait pas uniforme. Les substances hydrosolubles comme les sucres solubles sont concentrées dans les zones anticlinales à la jonction des cellules de l'épiderme au bas des trichomes et autour des stomates. Cela expliquerait pourquoi le seuil de sensibilité des chimiorécepteurs des insectes est souvent si bas et pourquoi les femelles « inspectent » soigneusement la surface des plantes avant de pondre (**Städler, 1986**). A titre d'exemple, des stimulants de ponte identifiés pour la mouche *Delia radicum* (Diptera, Anthomyiidae) (CIF pour « *Cabbage Identification Factor* ») peuvent être détectés à partir de 10^{-11} M (**Roessingh et al., 1997 ; Hurter et al., 1999**) et à partir de 10^{-4} M pour le papillon *Pieris rapae* (Lepidoptera, Pieridae) (**Städler et al., 1995**).

5.3.5.5 - Centralisation des informations et régulation

Peu de choses sont connues sur l'intégration des informations gustatives (**Rogers et Newland, 2003**). La régulation des perceptions gustatives est un système complexe, qui peut interagir au niveau des récepteurs, des ganglions thoraciques et sous-oesophagiens, de la qualité interne chimique due à l'alimentation, du stade de développement de l'insecte, de son état physiologique, et de l'influence de facteurs de l'environnement. Séquences comportementales aboutissant à la ponte

Le choix du site de ponte par la femelle gravide résulte d'actes comportementaux séquentiels stéréotypés pour chaque espèce répondant à une succession de signaux spécifiques de la plante hôte qui la guident vers le site de ponte (**Miller et Strickler, 1984 ; Schoonhoven et al., 1998**). L'échec d'une des séquences interrompt l'acte de ponte.

Ce processus séquentiel est divisé en trois phases comportementales consécutives : (1) la recherche de la plante hôte à distance menant l'insecte à se rapprocher et à atterrir sur la plante; (2) la phase d'évaluation par contact de la plante au bout de laquelle l'insecte accepte ou refuse le support d'atterrissage ; (3) le dépôt des œufs.

A la surface de la plante, l'insecte entre dans une phase d'évaluation des stimuli physiques et chimiques par des contacts répétés de ses pattes, antennes, ovipositeur et pièces buccales avec la surface de la plante. Ces contacts influencent l'acceptation du site pour commencer la ponte, puis intervient la stimulation du dépôt des œufs en plus ou moins grand nombre (**Lombarkia et Derridj, 2002**).

Bien que des stimuli olfactifs et visuels puissent encore jouer un rôle durant cette phase, ce sont la mécanoréception (perception tactile) et surtout la chimioréception par contact qui sont les modalités sensorielles dominantes (**Ramaswamy, 1988 ; Renwick et Chew, 1994**). Chez certaines espèces qui pondent dans les tissus de la plante

Une étape d'évaluation supplémentaire est nécessaire durant laquelle l'insecte va tester un échantillon des tissus internes (composition chimique, dureté...) en provoquant des scarifications à la surface végétale (**Schoonhoven et al., 1998**).

Quand la plante ou le site ne sont pas acceptés, la femelle repart d'une étape comportementale antérieure. Un tel retour peut aussi se faire au cours d'une séquence comportementale si l'information et les conditions ne sont plus suffisantes pour stimuler la progression normale (**Miller et Strickler, 1984**).

➤ **Le cas des insectes piqueurs-suceurs**

Chez les insectes piqueurs-suceurs comme les pucerons, cochenilles, aleurodes et cicadelles, le choix et la reconnaissance de la plante hôte passent également par une perception olfactive et gustative au travers de sensilles disséminées sur les antennes et le labium (**Backus, 1988 ; Walker et Gordh, 1989 ; Calatayud et Le Ru, 2006**).

Ces insectes sont capables de « sentir » à courte distance la présence de la plante hôte puis de « goûter » la surface de celle-ci avant la pénétration des pièces buccales (ou stylets)

dans les tissus de la plante. Ensuite, l'organe gustatif épipharyngien et hypopharyngien, très développé chez ces insectes, leur permet de diriger les stylets dans le végétal. Le suivi des stylets dans la plante a largement été réalisé chez les phloémophages (pucerons, cochenilles, aleurodes...) comparativement aux xylémophages comme les cicadelles.

Ce suivi a été rendu possible par la mise au point d'une technique permettant d'enregistrer électriquement le trajet des pièces buccales de l'insecte dans les tissus de la plante. Cette technique, élaborée initialement par **McLean et Kinsey en 1964** puis modifiée par **Tjallingii en 1978**, consiste à connecter un insecte dans un circuit électrique qui se « boucle » lorsque l'insecte insère ses pièces buccales dans le végétal. L'exemple d'enregistrement obtenu chez la cochenille du manioc donne un aperçu des signaux électriques obtenus et de l'interprétation que l'on peut en faire (Fig.n°17).

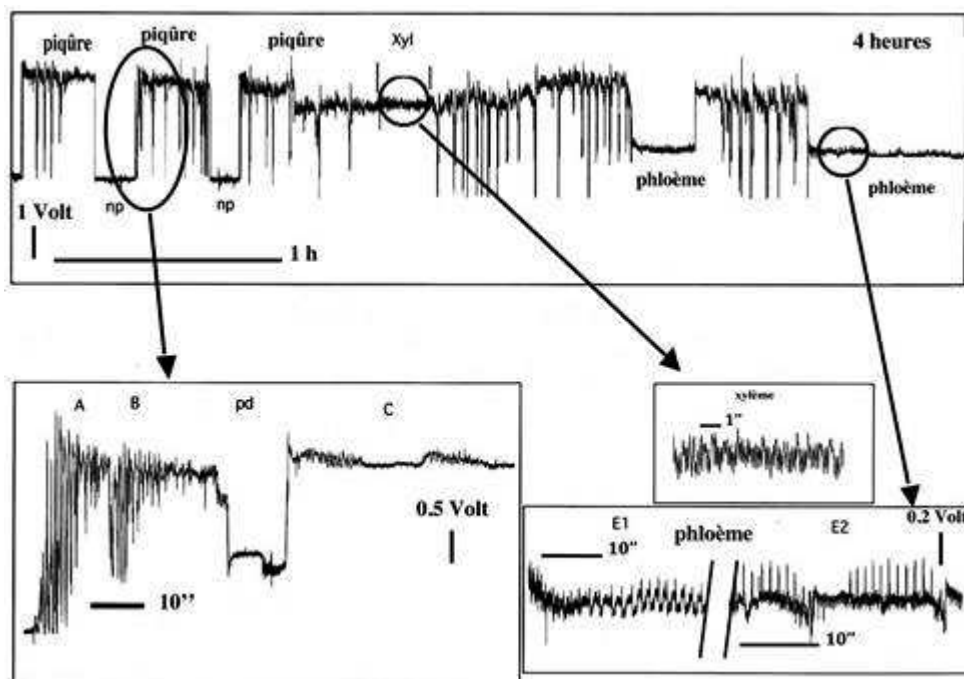


Figure 17 : les signaux électriques caractéristiques engendrés par la cochenille du manioc, *Phenacoccus manihoti* et *P. herreni* (Sternorrhyncha, Pseudococcidae) (d'après **Calatayud et Le Ru, 2006**).

Cet enregistrement sur 4 heures montre en début de chaque piqure (noté « piqure » sur l'enregistrement) les grandes ondes de salivation A et B (np = non-pénétration, c'est-à-dire stylets en dehors du végétal), puis pendant les trajets intercellulaires des stylets (c) des chutes de potentiels (pd = pour « potentiel drop » dues à la traversée par les stylets d'une membrane

plasmique) pendant lesquelles des prélèvements du contenu cellulaire de différentes cellules du mésophile sont enregistrées. Avant l'atteinte du phloème, l'insecte peut prélever de la sève xylémienne (Xyl) (pas de chute de potentiel enregistrée car lors de la traversée du xylème par les stylets, il n'y a pas de membrane plasmique). Son objectif est de s'alimenter principalement de sève phloémienne (Pl). Au final, une chute de potentiel est enregistrée (car traversée d'une membrane plasmique) et il s'ensuit une activité de pompe ou d'alimentation continue de sève (E1 et E2).

Ainsi, il a pu être clairement mis en évidence que le choix de la plante hôte passe également par la prise de nourriture chez ces insectes. Sur une plante non hôte, la durée de pique est réduite, le temps d'accès au phloème est rallongé et la durée de pique dans le phloème est courte. On peut donc penser que, pendant ces phases, l'insecte a pu « goûter » différents contenus cellulaires (cellules du mésophile et cellules du phloème) pour décider de s'installer ou pas sur la plante pour s'alimenter et se reproduire.

Pistes de recherches et d'applications : cette partie décrit comment, avec des outils neurophysiologiques et les étapes comportementales engendrées, l'insecte sélectionne avec précision son hôte, son site de ponte sur l'hôte et décide de se nourrir de la plante. La plante a un intérêt évolutif à limiter et à préserver son intégrité, et à fournir des signaux à la frontière ultime de défense avec l'extérieur pour limiter les agressions. L'insecte s'adapte à l'émission de ces signaux qui lui indiquent s'il y a lieu de continuer des investigations plus coûteuses en énergie et qui lui évitent d'ingérer des molécules toxiques. La dépense d'énergie fournie par l'insecte pour trouver son hôte et le continuum entre les différents stimuli émis par la plante, qui agissent à distance, au contact puis à l'intérieur de la plante, participent à l'adaptation de l'insecte à son milieu. Relier les signaux chimiques perçus à la surface des plantes à des besoins physiologiques et nutritionnels de l'insecte pose moins de questions lorsque l'on sait que les métabolites indispensables à l'insecte peuvent être perçus dès le contact avec la plante. Les métabolites secondaires sembleraient quant à eux avoir un rôle plus important dans l'épiderme ou le mésophile.

La compréhension de la perméabilité cuticulaire ouvre de nouvelles voies de recherche des mécanismes de sélection de la plante hôte par l'insecte. La plupart des molécules qui agissent sur les récepteurs gustatifs sont naturellement très peu lipophiles et leur comportement dans la couche cireuse que représente la cuticule végétale va donc être capitale.

On connaît aussi très mal la structuration spatiale des concentrations en molécules stimulantes ou dissuasives à la surface de la plante. Nos connaissances doivent aussi être développées sur la contribution des micro-organismes qui se développent à la surface du végétal.

Les études de l'influence de la surface des plantes sur la sélection de l'insecte se sont concentrées sur les plantes cultivées (deux tiers des exemples) et les insectes étudiés sont pour un tiers des Lépidoptères (Müller, 2006). Nos connaissances sont donc encore trop limitées dans ce domaine pour que l'on puisse généraliser les observations à tous les insectes. De nombreuses applications agronomiques peuvent découler de ces études. Il est en effet possible d'intégrer les caractères qui limitent la ponte dans la sélection variétale. En appliquant sur la plante des molécules dissuadant directement l'insecte de pondre, ou en entraînant des modifications des signaux de la surface des plantes par une action sur la plante, on peut induire des résistances de type antixénoses. Ces connaissances nouvelles peuvent aussi permettre d'évaluer les risques de changements d'hôtes dans le cas d'introduction de nouvelles cultures ou de nouveaux ravageurs.

5.4 – Relation Nutritionnelle

5.4.1 - Choix de la plante et prise de nourriture

Précédemment, nous avons examiné la ponte, les stimuli y conduisant et les organes sensoriels impliqués dans le choix des femelles. Nous allons passer en revue la prise de nourriture dans une perspective similaire. La ponte et la prise de nourriture représentent deux comportements absolument essentiels aux relations plantes - insectes. Ils sont cependant très différents sur le plan des mécanismes et surtout de leur plasticité.

Les femelles qui pondent sur une plante n'ont pratiquement aucune interaction physiologique directe avec elle. Par exemple, chez les Lépidoptères, l'adulte est pratiquement une espèce complètement différente de la larve, que ce soit sur le plan de l'anatomie ou du régime alimentaire.

Dans la plupart des cas, les femelles ne consomment pas les tissus de la plante et le résultat de la ponte n'a pas de conséquences physiologiques directes sur les individus. Les erreurs qu'elles pourront commettre dans leur choix n'ont aucun impact sur leur survie mais

elles en auront sur la descendance. En ce sens, les stimuli utilisés par les femelles pour effectuer leur choix de ponte sont modelés par l'évolution, à une échelle de temps qui dépasse celle de la durée de vie d'un individu. Au contraire, la prise de nourriture a un impact direct sur la vie du consommateur et les erreurs effectuées se paient immédiatement en termes de qualité nutritionnelle et de développement, de durée de vie, de sensibilité aux prédateurs, parasites ou agents pathogènes, ou encore de succès reproductif. Les stimuli qui guident la prise de nourriture sont ainsi non seulement modelés par l'évolution (comme le choix des sites de ponte) mais aussi par l'expérience immédiate.

A bien des égards, la prise de nourriture est sous la dépendance d'un plus grand nombre de facteurs et son déterminisme est moins rigide que celui de la ponte.

Les Diaspididae s'établissent surtout sur les arbres et les arbustes mais aussi sur diverses plantes vivaces. Ils peuvent s'alimenter sur différentes parties de leur plante-hôte, c'est-à-dire le tronc, la tige, les feuilles, les fruits et plus rarement, sur les racines. Pour se nourrir, la cochenille injecte de la salive pour prédigérer par le bec (rostre).

Le système digestif des Diaspididae est unique chez les cochenilles. Il n'y a pas de lien direct entre l'estomac et l'intestin. Les fluides transitent plutôt via les deux larges tubes de Malpighi. De plus, contrairement à ce qu'on observe chez plusieurs familles phytophage d'Hémiptère, le système digestif ne comporte pas de chambre filtrante. L'anus ne produit pas de miellat mais une sorte de ciment qui maintient ensemble et durcit les filaments produits par des glandes du pygidium. La cochenille doit pourtant absorber une grande quantité de sève de la plante-hôte pour s'alimenter. Il est possible que l'insecte dispose de ses déchets en les retournant à l'hôte.

Durant leur vie, les cochenilles ne s'alimentent pas de façon continue. Par exemple, durant le premier stade où l'insecte est mobile et cherche l'endroit idéal où s'établir, il ne se nourrit pas et on suppose qu'il ne « goûte » pas les sites explorés. Dès le troisième stade et jusqu'à leur mort, les mâles ne s'alimentent pas. Des expériences effectuées sur *A. aurantii* ont démontré que le premier stade dure environ 11 jours à une température de 28°C et que la cochenille ne s'alimente pas durant la mue qui dure huit jours. L'insecte perd alors près de la moitié de son poids.

La localisation visuelle de l'hôte permet aux insectes de retrouver les plantes intéressantes, mais seulement sur de courtes distances. Pour localiser un hôte sur de très longues distances, la perception de substance chimique est nécessaire. N plus de contenir les nutriments fondamentaux la nourriture des insectes doit contenir des stimuli chimique pour assurer le succès de l'alimentation. Ces stimuli chimiques sont des composés secondaires (**Barbehen et al., 1999**) sans valeur nutritionnelle, mais spécifiques de telle espèce, tel genre ou telle famille botanique, qui leur confèrent généralement odeur, saveur, toxicité ou protection diverses.

➤ **Définition des sémiouchimiques**

Il est utile de définir les termes employés pour caractériser les substances chimiques émises par la plante ou les insectes afin de distinguer les rôles respectifs de ces composés secondaires. Le terme « sémiouchimique » caractérise de manière générale les substances chimiques, médiateurs des interactions entre organismes (**Law et Regnier, 1971**). Ces stimuli sont groupés en deux catégories distinctes : les phéromones et les substances allélochimiques selon que les interactions sont respectivement intra- ou interspécifiques (Fig.18). Les substances allélochimiques (**Whittaker, 1970**) sont classées en plusieurs catégories : les allomones, les kairomones, les synomones. Les allomones sont des substances produites ou acquises par un organisme et qui induisent chez l'espèce réceptrice une réponse comportementale ou physiologique favorable à l'organisme émetteur et non à l'individu récepteur (**Brown, 1968**).

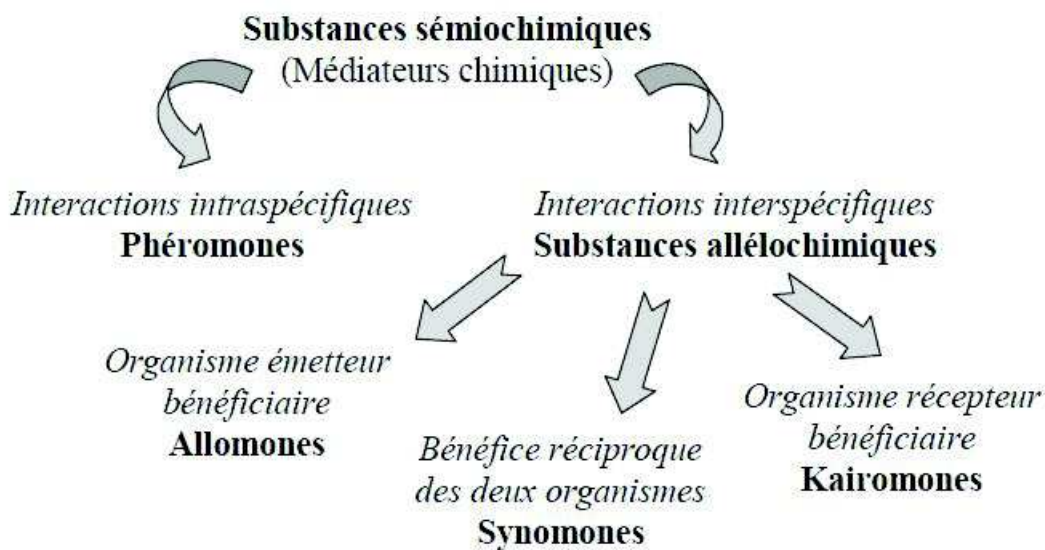


Figure 18 : Schéma représentant les différentes catégories de médiateurs chimiques

5.5 - Importance de l'alimentation pour les insectes

La nutrition fournit à un organisme les composés chimiques nécessaires pour sa croissance, son développement, sa reproduction, sa défense, ses déplacements et sa survie (**Slansky et Rodriguez 1987**). En général, les insectes ont besoin à peu près des mêmes composés nutritionnels de base que les autres animaux (**Dadd 1985**). La plupart de ces composés proviennent de la nourriture mais certains peuvent être synthétisés par l'insecte (**Dadd 1977**).

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. Le temps de développement affecte directement la durée d'exposition de l'insecte aux ennemis naturels. Plus la durée est longue, plus l'insecte sera exposé aux attaques des ennemis naturels ce qui diminuera ainsi les niveaux de population de l'insecte (**Weseloh et Andreadis 1982**). 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 (**Carisey et Bauce 1997**; **Carisey et Bauce 2002**).

5.5.1 – Éléments nutritifs

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

Il existe une forte relation entre les performances de l'insecte et le taux d'azote. Mais si la nourriture ne contient pas ou contient en faible quantité l'un des dix acides aminés essentiels (l'arginine, l'histidine, l'isoleucine, la leucine, la lysine, la méthionine, la phénylalanine, la thréonine, le tryptophane, la valine) (**Durzan et Lopushanski 1968**), le développement larvaire est affecté quel que soit le taux d'azote total (**Brodbeck et Strong 1987**). Pour les travaux de laboratoire, les recettes de préparation de la nourriture artificielle

comblent, en règle générale, les besoins en acides aminés de chaque espèce d'insecte leur permettant une croissance optimale.

Le sucre est la principale source d'énergie pour les insectes. Par contre, certaines espèces sont capables de remplacer entièrement les lipides par les lipides ou les protéines (**Dadd 1985**).

Les acides gras, les phospholipides et les stérols sont des éléments de la membrane cellulaire et peuvent avoir des fonctions spécifiques. Les insectes ne sont pas capables de synthétiser la plupart des acides gras et les phospholipides qui ne sont pas des composés nutritifs essentiels. Mais plusieurs insectes ont besoin d'une source d'acides gras polyinsaturés et de stérols indispensables à leur croissance (**Dadd 1985**).

Les minéraux comme le potassium, le phosphore et le magnésium constituent des nutriments essentiels aux réactions biochimiques et aux fonctions physiologiques de l'insecte (**Dadd 1985 ; Mattson et Scriber 1987**). Contrairement aux oiseaux et aux mammifères, les insectes n'ont besoin de calcium et de sodium qu'à l'état de trace. Des microéléments, tels que le fer, le zinc, le manganèse et le cuivre sont également indispensables car ils agissent comme catalyseurs de réactions enzymatiques (**Mattson et Scriber 1987**).

Les vitamines du groupe B (thiamine (B₁), riboflavine, acide nicotinique, pyridoxine (B₆), acide pantothénique, acide folique, biotine) sont des substances organiques qui ne sont pas reliées l'une à l'autre et doivent être présentes dans la nourriture car elles ne sont pas synthétisables (**Chapman 1998**). Ces vitamines semblent être essentielles aux fonctions physiologiques des insectes (**Dadd 1985**) et agissent comme coenzymes des réactions métaboliques et proviennent soit de la nourriture, soit des symbiotes. Tous les insectes phytophages ont besoin de l'acide ascorbique (vitamine C). Les autres types d'insectes et même certains herbivores sont capables de synthétiser cette vitamine (**Reinecke 1985**). La vitamine A, ou son précurseur le β -carotène, est indispensable à peu près pour tous les insectes pour avoir une vision normale (**Reinecke 1985**). Les vitamines E, K et D n'ont pas été jusqu'à présent reconnues essentielles chez les insectes (**Reinecke 1985**).

L'eau peut limiter la croissance des insectes (**Scriber 1977 ; Mattson et Scriber 1987**). Par exemple, **Scriber (1977)** montre que des larves de *Hyalophora cecropia* L. (Lepidoptera : Saturniidae), nourries de feuillage de *Prunus serotina* Ehrh. à faible teneur en eau (49.12%) ont des taux de croissance et de conversion en biomasse larvaire plus bas que celles nourries de feuillage à forte teneur en eau (69.97%) lorsque les insectes de ces deux traitements consomment une quantité identique de feuillage.

5.5.2 - Balance nutritionnelle

Bien qu'une croissance faible puisse être réalisée avec une nourriture contenant des taux de composés nutritifs largement différents, une croissance optimale nécessite une balance convenable entre ces composés. Deux raisons expliquent cet état de fait : premièrement, un déséquilibre entre les composés nutritifs peut forcer l'insecte à consommer la nourriture d'une façon excessive afin d'obtenir une substance particulière, deuxièmement, la conversion d'une substance peut être coûteuse métaboliquement pour l'insecte (**Chapman 1998**).

Les besoins nutritionnels d'un insecte changent avec le temps selon les besoins pour la croissance, la reproduction, la diapause et la migration. En général, le besoin en azote des jeunes stades larvaires est plus élevé que celui des larves plus âgées. **Stockhoff (1993)** a démontré que la spongieuse (*Lymantria dispar* (Lepidoptera : Lymantriidae)) modifiait son choix alimentaire en faveur des lipides vers la fin de sa période larvaire.

Un insecte confronté à un déséquilibre nutritionnel peut essayer de compenser de trois façons différentes : soit en augmentant son ingestion, soit en changeant la source de nourriture (changement d'hôte, de partie de la plante) ou encore en ajustant son efficacité de conversion de sa nourriture (**Simpson et Simpson 1990**).

L'étude de la relation entre l'insecte et son hôte à l'aide des paramètres biologiques généraux (le temps de développement, le poids, la survie) est parfois insuffisante pour comprendre le phénomène. On n'observe que les résultats d'un processus, en fonction de la nature de l'intrant : la nourriture. Pour comprendre le sens de ces résultats, il faut connaître ce qui se passe durant le processus d'alimentation de l'insecte et cela au cours des différents stades de son développement.

Les indices nutritionnels élaborés par **Waldbauer (1968)** et **Montgomery (1983)** permettent de comprendre de quelle façon les nutriments sont utilisés par l'insecte et permettent aussi de détecter quelle phase du processus alimentaire est affectée lorsque l'insecte est confronté à un problème alimentaire. Les indices nutritionnels permettent donc de mieux comprendre les phénomènes impliqués entre l'intrant, la nourriture, et l'extrait, les performances de l'insecte (le temps de développement, le poids, la survie).

5.6 - Éléments chimiques présents dans la plante

La composition chimique de la plante varie selon l'espèce, la variété, le stade de croissance, le climat et le sol.

L'analyse chimique de la plante ou de ses organes est révélatrice de la qualité de la nutrition.

La comparaison des analyses d'organes à des tables de référence permet de diagnostiquer les carences ou les excès en éléments minéraux de la culture. Les végétaux peuvent contenir jusqu'à 97 % d'eau. La matière sèche contient trois types d'éléments : les principaux constituants (carbone, hydrogène, oxygène), les macro-éléments et les oligoéléments (ou micro-éléments). Certains métaux, comme le cuivre (Cu), sont à la fois des oligo-éléments parce qu'ils sont nécessaires à la plante en très petite quantité et des éléments traces métalliques (ETM). Les ETM, susceptibles de se retrouver dans la plante, peuvent devenir toxiques pour celle-ci lorsqu'ils sont en trop forte concentration dans le sol.

Tableau n°7 : Les principaux éléments chimiques présents dans les plantes.

Type d'élément	Origine	Répartition dans la plante
Eau	Solution du sol Eau atmosphérique (rosée...)	90 à 97 % du poids frais de la plante
Principaux constituants : carbone (C) hydrogène (H) oxygène (O)	Atmosphère (transformation du gaz carbonique) Eau	Composent la majeure partie de la matière sèche. Entrent dans la constitution de tous les tissus de la plante.
Macro-éléments (teneur individuelle $\geq 0,1$ % de la matière sèche de la plante)	Sol + Solution du sol	Éléments servant à fabriquer les constituants actifs de la plante – Azote (N, 1 à 3 % MS*), essentiellement dans les protéines. – Soufre (S, 0,1 à 0,5 % MS) essentiellement dans les protéines. – Phosphore (P, 0,2 à 0,6 % MS) dans les

		<p>acides nucléiques.</p> <p>– Magnésium (Mg, 0,2 à 0,8 % MS) dans la chlorophylle.</p> <p>Eléments libres, circulant dans la sève</p> <p>– Potassium (K, 0,5 à 2 % MS) sous forme de cation K⁺, il accompagne les molécules chargées négativement (acides organiques, sucres, nitrates).</p> <p>Eléments entrant dans la composition des organes de soutien de la plante (tige...)</p> <p>– Calcium (Ca, 0,6 à 4 % MS).</p> <p>– Silice (SiO₂, 0,2 à 3 % MS).</p>
Oligo-éléments (teneur individuelle < 0,1 % de la matière sèche de la plante)	Sol	Indispensables en très faibles quantités pour la formation des enzymes et des vitamines : fer (Fe), manganèse (Mn), zinc (Zn), bore (B), cuivre (Cu), molybdène (Mo)...

* *MS : matière sèche de la plante.*

La plante trouve dans l'air, sous forme de gaz carbonique, le carbone et l'oxygène nécessaires à la photosynthèse et à l'assimilation chlorophyllienne. L'eau prélevée dans le sol, outre ses rôles multiples, fournit hydrogène et oxygène par le mécanisme de l'assimilation chlorophyllienne.

Les 15 autres éléments minéraux : N, P, K, Ca, Mg, la plus grande partie de S et les oligoéléments proviennent du sol où les racines les absorbent sous formes ioniques, à partir de solutions très diluées. L'azote est, pour la plupart des plantes, prélevé dans le sol sous forme minérale (nitrique ou ammoniacale), mais pour les légumineuses, il est prélevé dans l'air du sol par les bactéries des nodosités racinaires.

➤ **Le sol**

Les agrumes prospèrent bien sur un sol de consistance moyenne ayant une perméabilité suffisante, selon (**Loudyi et Skiredj., 2003**), la perméabilité du sol est une qualité physique primordiale du fait que les agrumes redoutent l'eau stagnante, qui entraîne la pourriture des racines, l'asphyxie et la gomme. Les agrumes se développent sur des sols aussi différents que des alluvions peu argileuses (Dess), des sols argileux (Hamri), des soles sableux (Rmels) que des sols noirs très argileux (Tirs). En règle générale, il faut éviter des sols très lourds ou très limoneux. Dans ces types de sol, les oranges présentent des fruits petits, à épiderme grossier, moins juteux et moins sucrés qu'en sol sableux. Le pH idéal serait entre 5,5 et 7,7.

Les tufs du bassin méditerranéen sont recherchés pour le forçage des citrons d'été :

Leur faible profondeur permet de faire subir le régime sec estival aux racines superficielles jusqu'à la reprise des irrigations de fin août-début septembre qui déclencheront la floraison. (**kasraoui, 2009**).

Pour diagnostiquer les besoins des plantes en éléments minéraux et fertilisation, deux voies sont possibles : d'abord l'analyse végétal qui est une pratique déjà très ancienne, en 1862, **Weinhold (in Dude, 1978)** est le premier à concevoir d'utilisé le végétal pour diagnostique les besoin des plantes. En 1924 Lagatu et ses collaborateurs Maume et Dulac in (**Dude, 1978**), créent la méthode du diagnostic foliaire en travaillant sur la composition minérale des feuilles de vigne. En Algérie la pratique de diagnostic foliaire est toute récente, les premiers travaux ont portés sur le contrôle de l'état nutritionnel des verger d'agrumes en Mitidja (**Hamdi Pacha, 1976**), **khelil et Bentchikou 1978**, **Halitim et al., 1978** et **Hatatba,1978** .

Cette technique permet de "demander à la plante" si le sol et la fumure lui ont fourni suffisamment d'élément nutritifs, et si ces différents dont la plante a besoin se trouvent dans des proportions correctes; la plante nous donnera des informations fiables sur son statut nutritionnel générale à la date de prélèvement des échantillons .c'est ainsi qu'elle indique, le cas échéant, ces besoin supplémentaires en engrais (**F.A.O.,2003**) .Pour plusieurs auteurs (**Matrin Prével et al.,1984 ;Forestier,1986** et **Gautier ,1987**), notent que les paramètres susceptibles de modifier ou influence la composition minérale des feuilles peuvent être dus soit à la feuille, soit à l'arbre, soit ou techniques culturales et aux conditions du milieu voir abiotiques et biotique . Cette méthode complète l'analyse du sol qui indique les potentialités de fourniture du sol en éléments (**Gerard et Germain, 1994**) et confirme le diagnostic visuel (**Huguet et Coppenet ,1992**).

La deuxième méthode est l'analyse du sol, qui est le réservoir à partir duquel la plante pompe tous les éléments dont elle a besoin notamment, l'élément minéraux.

Selon **Lousser(1987)**, la bonne qualité d'un sol agrumicole dépend de :

- Sa teneur en matière organique
- Sa teneur en calcaire actif et le PH
- Sa teneur en P₂O₅et K₂O assimilables

- Sa teneur en chlorures
- Les éléments indispensables à la vie des plantes (Skiredj, 2007).

L'analyse des plantes montre qu'elle contiennent, à des proportions différentes, onze éléments en grandes quantités (Azote, Calcium, Carbone, chlore, hydrogène, magnésium, Oxygène, Phosphore, Potassium, Sodium, Soufre) et 18 éléments en quantités réduites (Aluminium, Arsenic, Bore, Brome, Cobalt, Cuivre, Etain, Fer, Fluor, Iode, Manganèse, Molybdène, Nickel, plomb, Silicium, Titane, Vanadium, Zinc). Parmi ces 29 éléments seulement 16 sont indispensables, à savoir :

▪ **3 éléments organiques (C, H, et, O) :**

En moyenne, le carbone représente 44%, l'oxygène 44% et l'hydrogène 6%, soit au total 94% de la matière sèche d'un végétal, avec une variabilité de 90 à 95%. Malgré l'importance quantitative et qualitative de ces éléments majeurs organiques, on ne les apporte pas dans une fumure. Les plantes les incorporent dans leurs tissus végétatifs par l'intermédiaire des processus de photosynthèse.

▪ **6 éléments minéraux majeurs (N, Ca, Mg, P, K, et S) :**

Il y a une grande variabilité dans les teneurs de ces éléments dans les tissus foliaires selon les espèces, variétés et conditions du milieu de culture. Il y a dominance surtout de N et de K. A titre indicatif, les feuilles de la pomme de terre contiennent 2 à 2,5% de N ; 1 à 3% de K ; 1,5% à 2,5% de Ca ; 0,5% de Mg ; 0,2% de P et moins de 0,1 % de S.

▪ **7 éléments minéraux mineurs : (Fe, B, Zn, Cu, Cl et MO).**

Les valeurs habituellement relevées dans les analyses de végétaux sont les suivantes : 40-250 PPM (MS). Bore : 10 -500ppm Manganèse : 15-400ppm. Zinc : 5-200ppm. Cuivre : 5-30ppm. Chlore : 5-20ppm et Molybdène : moins de 1ppm.

Les 16 éléments minéraux sont appelés éléments nécessaires. Les plantes peuvent contenir d'autres éléments (Na, Co ...) qui jouent des rôles bénéfiques dans leur croissance et dans la qualité de leurs produits tant qu'ils soient indispensables ; on les appelle éléments accessoires.

La plante puise C sous forme de CO₂ dans l'air, H et O₂ à partir de l'eau de sol et les autres éléments minéraux sous forme d'ions qui se trouvent dans la solution de sol. Cette solution de sol (appelée facteur de capacité).

➤ **Rôle physiologique des éléments minéraux essentiels**

Les agrumes, comme tous les végétaux autotrophes ont besoin, pour leur croissance et leur développement, de la présence d'éléments nutritifs, 12 éléments minéraux issus de sol sont indispensables à la croissance des végétaux (tab .8 annexe 1)

➤ **Les problèmes de carences nutritionnelles en éléments nutritifs :**

Le manque d'azote se manifeste par un mauvais état général de l'arbre, un développement réduit et une chlorose des feuilles et se traduit en générale par une végétation active (**Gautier, 1987**). Les perturbations dans la croissance varient ; qu'il faut corriger par un apport d'engrais azoté au sol ou par une pulvérisation foliaire à base d'urée (2000 l de solution /ha soit 4,6 à 18,4 Kg N/ ha), ce qui rend les parasites sensibles.

La carence de potassium comme l'excès, qui peut survenir dans tous les types de sols, est nuisible à la résistance et à la qualité des produits végétaux (**Soltner., 1999**) ce qui perturbe la synthèse protéique (**Binet et Prunet, 1967**). La carence en K provoque le raccourcissement des entrenœuds des tiges, la réduction de la taille de plantes et le jaunissement de la bordure des feuilles ensuite la nécrose gagne le limbe. La carence peut être variée, par manque de l'élément dans le milieu nutritif ou induite par antagonisme avec le Magnésium ou le calcium ou par excès d'Azote. La correction se fait en fonction de la teneur du sol en Ca et Mg par le sulfate de potasse ou de nitrate de potasse (0,5 à 1 Kg d'engrais par 100 litres d'eau). Cet élément n'est pas aussi mobile dans le sol que l'azote, mais dans certains sols, K peut être perdu en quantités appréciables par drainage.

La carence en phosphore est assez rare (**Bretonneau et Fauré, 1992**), quand elle apparaît, elle se manifeste généralement en premier lieu sur les organes les plus âgés (Matrin Prevel et al., 1984) Elle provoque la coloration violacée ou rouge intense des feuilles, la réduction de la croissance des plantes, le retard de la floraison et la perturbation de la fécondation et de maturité. La carence peut être variée ou induite par un pH élevé ou trop bas du sol, présence d'aluminium, un excès d'ions de nitrate ou sulfate, excès de métaux lourds ou par une température du sol trop basse. La correction se fait par un apport de phosphate d'ammoniaque. On apporte, en général, 2000 l de solution. Cet élément se trouve sous forme diffusible, combinées ou insolubles dans le sol.

La carence de Magnésium provoque une décoloration qui commence entre les nervures de feuilles plus âgées et qui aboutit à la nécrose. Celle -ci peut être variée ou induite par excès de K, par asphyxie racinaire ou par manque d'eau. La correction se fait par un apport de fumier, par eau de pluie ou par amendement de nitrate de chaux et de magnésie. Les besoins des plantes varient de 12 à 85 kg MgO/ha qui peuvent se corriger par apports de fumier ou engrais.

La carences en calcium peuvent être observés en sol très acides ou lorsque la présence d'éléments antagonistes (N₂, potasse) réduisent sont assimilation (**Bretonneau et Fauré, 1992**). La carence est rare, sauf en culture sur substrat. Elle peut provoquer un flétrissement et mort des bourgeons terminaux, formation de feuilles petits à extrémités enroulées ou recourbées, jaunâtre, devenant brunâtre à rouge et sous nécrosant. La correction se fait par des amendements calciques (apport de chaux).

La carence de soufre donne une croissance réduite avec des jeunes feuilles de couleur vert pâle à jaunes et des tiges rigides et cassantes. La carence est en général, variée. la correction est vite faite par un apport d'engrais à base de sulfate, par la matière organique présente dans le sol et les précipitations atmosphériques.

Le bore peut provoquer l'éclatement des membranes des tissus de fleurs (stérilité), de bourgeon terminaux et de fruit suivis de formation de crevasses rapidement envahies par les bactéries. Les racines se nécrosent à leur extrémité. Cette carence se situe à partir d'une teneur de 0,3 ppm dans le sol. Les carences sont induites par un pH trop alcalin, un chaulage excessif, un rapport Ca/B trop élevé dans le sol, un rapport K/B trop élevé dans le sol, une

faible luminosité et par la sécheresse. La correction se fait par un apport de fumier ou d'engrais (Borax, Boracine, Solubor) Les besoin des plantes se situent entre 80 et 200 g B /ha.

La carence de chlore provoque le ralentissement de la croissance. Elle est très rare sauf en culture sans sol. La correction se fait par un apport de chlorure.

Les symptômes de carence de cuivre se confondent avec ceux de la carence azoté care le cuivre joue un rôle dans la nitrate réductase. La carence induite est provoqué par l'alcalinité, l'excès de chaulage, l'excès de Mo, de P et de Zn. Les besoins des plantes varient de 25 à 100 g Cu /ha et le redressement de la fertilité du sol se fait en apportant près de 30 kg de sulfate de cuivre / ha.

Les symptômes de carence de fer apparaissent sur les jeunes feuilles, qui chlorosent entièrement sauf le long des nervures qui restent bien vertes. Les jeunes pousses ont une croissance réduite. La carence fer est rare sauf chez le fraisier très sensible au manque de fer. Il s'agit presque toujours de carence induite, rarement une carence varie. Les causes de la carence sont un sol riche en calcaire actif, un pH de sol trop alcalin, une température très élevée, un excès de lumière, un excès de métaux lourds et une incorporation de matière organique verte. Les besoins des cultures varient de 300 à 2000gde Fer /ha.

La carence de manganèse provoque la décoloration inter-nervure diffuse sur feuilles âgées. Se détecte par la teneur en MS des feuilles (16 et 150ppm). Le Mn est lessivable dans le sol ; sa carence peut donc être varie. Elle peut être induite suite à un sur-chaulage du sol, une sécheresse excessive ou un pH trop bas du sol. Les besoins des plantes se situent entre 160 et 500 g Mn / ha.

La carence de Molybdène provoque la croissance réduite, un feuillage vert clair et des anomalies sur la partie végétative. La matière sèche végétative contient 0,5 à 10 ppm de Mo. La carence est, en général, induite par un pH de sol acide. La correction se fait par un apport de fumier, les scories et la molybdate d'ammonium ou de sodium (1-2 kg/ha)

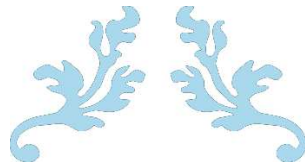
La carence en Zinc provoque la nanification des plantes et leur donne un port en rosette ainsi que de mauvaises nouaisons dues à la perturbation du métabolisme du phosphore. En fin, on observe de fortes décolorations du feuillage. La teneur normale des plantes est de 5

à ppm MS. La carence vraie se trouve surtout dans les sols acides. La carence induite est due à un pH élevé (>7), au sur chaulage, à l'excès de P (Zn/P) et par temps froid et humide. La correction se fait par un apport de fumier, fongicides, le sulfate de Zinc, le nitrate de Zn, les composts et les boues. Les besoins des plantes varient de 50 à 500 g Zn / ha.

-Accidents végétatifs divers :

Ces accidents sont dus au pH du sol, à la salinité, un excès ou un manque d', humidité atmosphérique, un tassement du sol, des déséquilibres ionique du sol et aux intoxications.

- **Le pH** : les éléments nutritifs sont les mieux assimilés dans la gamme de pH suivante :
 - Azote pH 6-8
 - acide phosphorique pH 6,25-7
 - potasse et soufre pH 6-8,5
 - Ca et Mg pH 7-8,5
 - Fe et Mn pH 4,5-6
 - B, Cu et Zn pH 5-7
 - Mo Ph 7-8,5
- **salinité** : un excès de salinités provoque un rabougrissement de la plante et une diminution de la grosseur des fruits ; flétrissement, nécrose et mort de la plante. Le remède et le lessivage, l'utilisation de goutte à goutte, un labour profond et un apport copieux de matière organique
- **Asphyxie, manque d'eau et autre facteurs** : L'asphyxie a lieu soit par excès d'eau, faible drainage ou par une mauvaise structure du sol. Il faut travailler le sol par des outils adaptés. Il faut aussi éviter la dessiccation du sol. Une sécheresse accentuée provoque la salinité et, par conséquence les accidents physiologique dus à cette salinité. L'excès provoque la fermeture des stomates et l'arrêt du fonctionnement de la plante.



MATERIELS ET METHODES



1. - Présentation de la région d'étude

1.1. - Situation géographique

Notre étude a été effectuée dans une exploitation privée dans la région de Rouïba. Cette exploitation est située à l'Est de la Mitidja à 25 km de la capitale d'Alger et à 7 km de la mer Méditerranée. Elle est limitée au nord par la commune de Ain -Taya, au sud par la commune de Khemis El Khechna, à l'est par la commune de Réghaia et à l'ouest par la commune de Dar El Beida.

Bien que la région de Rouïba soit réputée pour son industrie légère, elle n'est pas moins une région à vocation agricole, ceci grâce au climat méditerranéen qui a fait qu'elle bénéficie d'une assez bonne pluviométrie ainsi qu'aux bonnes ressources en eaux souterraines.

Les terres cultivées dans la commune de Rouïba occupent une superficie importante d'environ 72,5% de la surface de la commune, soit 3136ha (C.R.A, 1997). Sur cette potentialité se cultivent essentiellement les cultures à haut rendement comme : le maraîchage, l'arboriculture fruitière, le fourrage, les céréales ainsi que l'agrumiculture qui occupe une superficie de 33ha et produit 4765qx.

2. - Présentation du verger d'étude

L'étude a été réalisée dans une exploitation privée située au nord-est de la commune de Rouïba, (photo.2) Cette exploitation renferme en plus des vergers d'agrumes (orange, citronnier, clémentinier) des parcelles de cultures maraichères. L'expérimentation a été menée dans un verger d'orange seulement. Il s'agit d'un jeune verger d'oranger de la variété Washington Navel planté en 1990. Il s'étend sur une superficie de 2 h. le verger est moyennement entretenu. En hiver, il subit une taille de formation, en période printo-estivale en plus des traitements phytosanitaires contre les insectes ravageurs en particulier les cochenilles, les aleurodes et pucerons.

Les amendements organiques et minéraux sont apportés en période hivernale.

La flore adventice signalée est composée essentiellement par la moutard des champs (*Sinapis arvensis*), le chierden (*Cynodon dactylon*), l'oxalis (*Oxalis cernua*) et fumeter (*Fumaria capriolata*).



Photo n°2: Photo de verger à Rouiba

3. - Protocole expérimental

3.1. - Sur le terrain

3.1.1 - Prélèvement des feuilles et des rameaux

Le verger d'étude est d'une superficie de 2 hectares composé de 425 arbres d'oranger de la variété Washington navel. Le mode opératoire nécessite des échantillonnages réguliers dans le temps. La méthode consiste à prendre aléatoirement 2 arbres sur lesquels sont prélevés 1 rameau de 20 cm de long et 2 feuilles à l'aide d'un sécateur ; ceci dans chaque direction cardinale (Nord, sud, est et ouest) ainsi qu'au centre de l'arbre. Les échantillons prélevés sont placés différemment dans des sachets en papier sur lesquels sont mentionnés toutes les coordonnées (date, direction etc...).

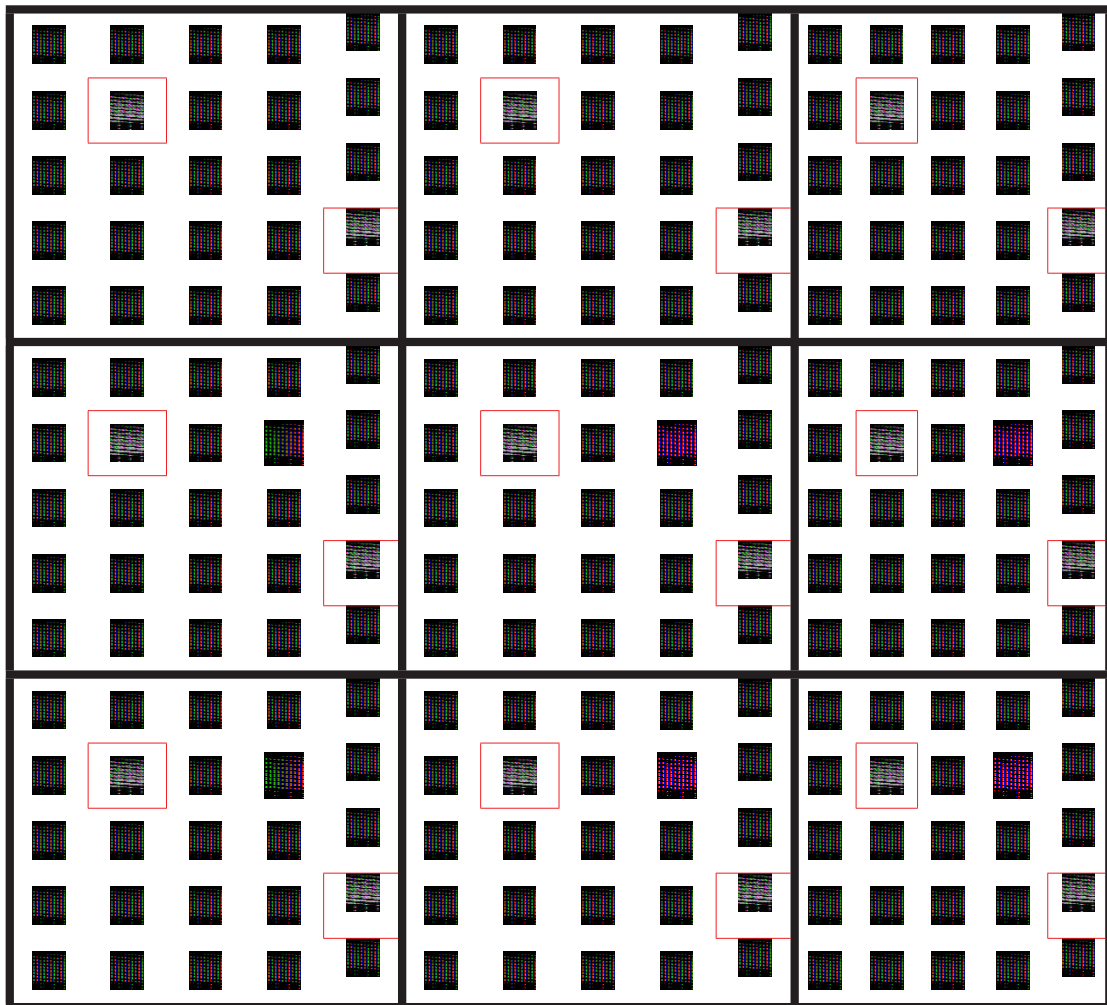


Schéma détaillé des blocs

3.1.2 - Prélèvement du sol

Le résultat d'une analyse de sol dépend fortement de la méthode utilisée sur le terrain pour prélever l'échantillon. C'est donc bien souvent l'élément à analyser qui détermine la procédure d'échantillonnage à suivre.

En effet les prélèvements du sol ont été réalisés selon les saisons de l'année (un prélèvement durant la saison automnale, deux durant la saison hivernale, deux durant la saison printanière et une dernière durant la saison estivale) au centre de chaque bloc et à proximité d'un arbre (1,5m environ à une profondeur de 20 à 40 cm). Ces prélèvements sont effectués à l'aide d'une tarière, où en l'enfonçant manuellement dans le sol par un mouvement de rotation dans le sens des aiguilles d'une montre. Une fois la tarière enfoncée sur toute ou sur une partie de sa longueur, elle est retirée du sol et l'échantillon est recueilli en renversant la tarière. L'échantillon ainsi prélevé est remanié. Les échantillons sont placés dans des sachets en plastique étiquetés ; sur lesquels sont mentionnés tous les renseignements : Parcelle, Date, Profondeur, remarque).

3.2. - Au laboratoire

3.2.1 - Examen des feuilles et des rameaux

Les rameaux et les feuilles récoltés sont minutieusement examinés sous une loupe binoculaire. Les différents états biologiques de la cochenille sont quantifiés et notés sur des fiches portant la date de la sortie, le numéro de l'arbre et la direction du prélèvement. Pour chaque stade nous quantifions, le total des individus vivants, morts de *Parlatoria ziziphi*. Le dénombrement de ces stades a été fait en soulevant les boucliers des cochenilles afin d'apprécier l'état des infestations de l'insecte au cours du temps.

3.2.2 - Dosage du sol

3.2.2.1 - Préparation des échantillons

La préparation de l'échantillon est nécessaire pour le rendre représentatif à l'analyse. Elle comprend l'émiettement des mottes, le séchage, la réduction des agrégats, la séparation de la terre fine par tamisage.

a - Le séchage : La notion de sol sec est basée sur la référence d'un séchage effectué à l'air, en couche mince à température ambiante et à l'abri de la lumière directe du soleil. Elle est subjective en raison de la nature des matériaux qui composent le sol (nature minéralogique, teneur en matière organique etc.). Le séchage permet d'éliminer lors du séchage est de l'eau capillaire et pour partie de l'eau liée (Lozet et Mathieu, 2002).



Photo n°3: Le séchage des prélèvements du sol

b - La réduction des agrégats et le tamisage : Pour éventuellement éliminer les gros fragments solides qui ne sont habituellement pas considérés comme faisant partie du sol. La fraction conservée pour analyse est généralement celle inférieure à 2 mm se fait en utilisant une série de tamis.

Le dosage des éléments minéraux est réalisé au laboratoire à l'école nationale supérieure agronomique (département de pyrotechnie et département de pédologie).



Photo n°4: Mortier et pilon



Photo n°5: Un tamis et le sol tamisé

3.2.2.2 - Méthodes d'analyse

- **Méthode potentiométrique avec un PH mètre le rapport sol/eau=1/2.5**

➤ Principe

Le pH est mesuré par la méthode potentiométrique sur une suspension terre / liquide égale à 1/2,5. le liquide peut être de l'eau distillée (mesure du pH eau) ou une solution de KCl « 1N » (mesure du pH KCl)

➤ Matériel non biologique

✓ L'appareillage

- pH- mètre
- Béchers 100 ml
- Agitateur magnétique

✓ Les réactifs nécessaires

- Solutions étalon (ph7 et ph 4)
- Eau distillée bouillie (faire bouillir l'eau 30mn environ, refroidir et boucher)
- Solution de KCL 1N (74.5 g/l) Acide borique

- **Matériel biologique**
 - Sol tamisé

- **Mode opératoire**

- **pH à l'eau.**
 - ✓ Peser 20 g de sol à 2mm dans un bécher de 100ml (forme haute).
 - ✓ Ajouter 50 ml d'eau distillée bouillie
 - ✓ Agiter la suspension sur un agitateur magnétique. pendant quelques minutes et laisser ensuite reposer pendant 30mn.
 - ✓ Plonger avec précaution les électrodes dans la suspension du premier échantillon.
 - ✓ Maintenir l'agitation.et laissé l'aiguille du pH-mètre atteindre sa position d'équilibre
 - ✓ Avant d'effectuer la lecture. (cela demande 30 à 60 secondes)

- **PH au KCl**
 - ✓ Peser 20 g de terre tamisée à 2 mm , ajouter 50 ml de la solution de KCl 1N , agiter pendant 2 heures et mesurer le pH-KCl après avoir étalonner pH-mètre .

Remarque : Après usage, l'électrode doit être placée dans sa solution de conservation KCl3N

❖ **Expression des résultats :**

Valeurs du pH	Caractère de la réaction du sol
3.5 à 5	Très acide
5 à 6.5	Acide
6.5 à 7.5	Neutre
7.5 à 8.7	Basique
> 8.7	Très basique

- Le pH-KCl permet d'évaluer l'acidité d'échange (ou acidité potentielle), le K^+ apporté permet de déplacer les ions acides fixés sur les sites d'échange. - La valeur du pH-KCl obtenue est généralement inférieure à celle du pH-eau.
- La valeur ΔpH (pH-eau - pH-KCl) est en général inférieur d'une unité au pH eau et il donne une indication sur le pouvoir tampon du sol (aptitude à libérer les ions H^+ fixés)
- La différence de ces deux mesures permettre donc de connaitre le potentiel fertile d'un sol à un moment donné

$\Delta \text{pH} < 0.5$	Sol faiblement
$0.5 < \Delta \text{pH} < 1$	Sol dsaturé
$\Delta \text{pH} > 1$	Sol fortement desaturé

Méthode de mesure la conductivité électrique par un conductivimètre, rapport sol/eau=1/5

➤ Principe

L'échantillon de sol est extrait dans un rapport d'extraction de 1:5 (m/V) avec de l'eau à une température de $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$, afin de dissoudre les électrolytes. La conductivité électrique spécifique de l'extrait filtré est mesurée et le résultat est corrigé à une température de 25°C .

➤ Matériel non biologique

✓ L'appareillage

- Conductivimètre
- Agitateur + fioles d'agitation

✓ Les réactifs nécessaires

- Solutions étalon (KCl 0.02)
- Eau distillée Solutions étalon (ph7 et ph 4)

➤ **Matériel biologique**

- Sol tamisé.

• **Calibrage du conductivimetre**

- Effectuez les mêmes manipulations que pour le pH-mètre en utilisant une solution standard de KCl 0.02N
- Ne jamais replacer les solutions de calibrage utilisées dans le contenant original

➤ **Mode opératoire**

○ **préparation de l'extrait dilué à 1/5**

- Peser 50 g de terre tamisé à 2 mm
- Transférer dans un flacon d'agitation
- ajouter 250ml d'eau distillée
- Agiter pendant 2h puis laisser reposer 1h
- Mesurer de la conductivité

❖ **Expression des résultats**

La conductivité d'une solution est donnée par l'expression :

$$C = K / P$$

C: la conductivité en mmh

K: la constante d'étalonnage de la cellule

R : la résistivité

< 0.5 mmhos/cm	Sol non salin
0.5 à 1 mmhos/cm	Sol légèrement salin
1 à 2 mmhos /cm	Sol salin
> 4 mmhos/cm	Sol extrêmement salin

❖ **Méthode de mesure le calcaire total par la méthode gazométrique avec le calcimètre de BERNARD**

➤ **Principe**

- ❖ Le calcaire total est la proportion globale de (CaCO₃) présente dans la terre.
- ❖ On attaque un poids connu de terre par l'acide chlorhydrique, la réaction est :



C'est la réaction qui permet d'utiliser une méthode gazométrique puisque l'on voit d'une mole de CaCO₃ permet le dégagement d'une mole de gaz carbonique

➤ **L'appareillage**

- Le calcimètre de Bernard est composé d'une burette graduée en ml reliée par le bas au moyen d'un tube en caoutchouc à une ampoule et par le haut à un erlenmeyer muni à l'intérieur d'un petit tube à essai.



Calcimetre de BERNARD

➤ **Les réactifs nécessaires**

- Acide Chlorhydrique ½ pur
- Eau distillée saturée en NaCl (300g/l)

➤ **Matériel biologique**

- Sol tamisé à 0,2 mm

➤ **Mode opératoire**

- Remplir le tube en U d'eau salée de manière à ce que le niveau corresponde à l'origine des mesures.
- Peser 0,3 grammes de CaCO₃ pur et sec et le déposer dans l'erenmeyer il va servir à étalonner l'appareil.
- Remplir le petit tube à essai au 3/4 d'HCl 1/2 c que l'on place délicatement dans l'erenmeyer au moyen de pinces en ayant soin, qu'aucune goutte ne tombe sur le CaCO₃.
- Boucher soigneusement l'erenmeyer
- Faire la lecture du niveau de la burette : soit V₀ le volume lu.
- • renverser l'acide sur le CaCO₃ en ayant soin de ne pas échauffer le mélange avec la main.
- Laisser la réaction se faire et attendre la stabilisation du niveau de l'eau dans le tube, marquant la fin du dégagement gazeux.
- Faire la lecture soit V₁ le volume lu, le volume réel est donc V₁ - V₀ = V
- Renouveler l'opération en remplaçant le CaCO₃ par les échantillons de sol tamisés à 0,2 mm (prise d'essai de 0,5 g à 1g selon la richesse en calcaire)
Soit V' le volume dégagé par l'échantillon de sol

❖ **Expression des résultats**

$$\text{CaCO}_3\% = [V' \times 0,3/V * P] * 100$$

V = volume de CO₂ produit par 0,3g de CaCO₃ pur et sec.

V'= volume de CO₂ produit par x g de CaCO₃ contenu dans un poids P de sol.

P = poids de la prise d'essai de terre en gramme

TAUX DE CaCO ₃ TOTAL A L'ANALYSE	QUALIFICATION DU SOL
CaCO ₃ T ≤ 5%	Sol non calcaire
5 < CaCO ₃ T ≤ 12,5%	Sol faiblement calcaire
12,5 < CaCO ₃ T ≤ 25%	Sol modérément calcaire
25 < CaCO ₃ T ≤ 50%	Sol fortement calcaire
CaCO ₃ T > 50%	Sol très fortement calcaire

Dosage de l'Azote totale dans la plante : Méthode de KJELDAHL

➤ Principe

Dans le sol, l'azote peut se trouver sous forme minérale et organique (protéine, phospho-amino-lipides...); pour le doser dans sa totalité, il faut détruire les composés organiques de manière à obtenir tout l'azote sous une même forme minérale. On effectue pour cela une minéralisation. L'azote est ensuite dosé par dosage acides-base.

➤ Matériel non biologique

➤ L'appareillage

- Distillateur automatique
- Balance
- Matras 30 ml
- Appareil de Kjeldahl
- Fiole jaugée
- Erlenmeyer

➤ Les réactifs nécessaires

- Acide borique
- Acide sulfurique
- Soude
- L'eau distillée
- Blue de méthylène
- Rouge de méthylène (réactif de tashiro)
- Catalyseur
- H₂SO₄

➤ **Matériel biologique**

- Sol sec tamisé

➤ **Mode opératoire**

On attaque la substance du sol avec H₂SO₄ concentré, à chaud et en présence d'un catalyseur (minéralisation par voie humide). L'azote est transformé en sulfate d'ammonium. Par distillation en présence d'un excès d'acide borique. Les composés ammoniacaux sont dosés directement par H₂SO₄. On utilisera pour la distillation de l'ammoniaque, un distillateur automatique.

○ **Minéralisation de la prise d'essai**

- La minéralisation est effectuée à l'aide d'un excès d'acide sulfurique concentré et chaud, en présence d'un mélange de catalyseurs (K₂SO₄ et CuSO₄).

- Introduire 1g de terre fine tamisée à 0.2mm dans un matras de Kjeldahl.
- Ajouter environs 1ml d'eau distillée.
- Ajouter 10ml d'H₂SO₄ concentré, homogénéisé.
- Ajouter une pincée du catalyseur et porter à la rampe d'attaque.

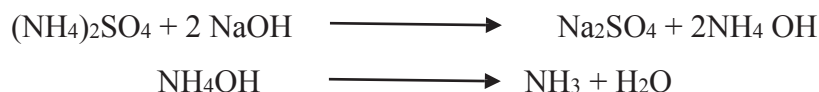
Le carbone, l'oxygène, l'hydrogène, et l'azote des composés organiques se retrouvent sous forme de CO₂, H₂O, NH₃. L'acide sulfurique étant en excès, on a : L'azote total est donc obtenu sous la forme minérale NH₄⁺ (ion ammonium).

○ **Distillation**

Après minéralisation, l'azote se trouve dans le minéralisat sous forme de NH_4^+

○ **Déplacement du NH_4^+ en NH_3 et isolement de l'ammoniac (NH_3)**

Pour transformer les ions ammonium du minéralisat en ammoniac, on doit alcaliser le minéralisat; pour cela on utilise un large excès de base forte: la lessive de soude NaOH. Le minéralisat est ainsi tout d'abord neutralisé puis alcalinisé. On a alors :



○ **Rinçage**

Recueillir dans une fiole jaugée de 250ml le contenu du matras, ajuster avec les eaux de rinçage.

Dans un matras à distiller :

- Prélever 25ml de la solution et l'introduire.
- Ajouter 25ml de lessive de soude NaOH.

La lessive de soude étant en excès, tous les ions ammonium sont transformés en ammoniac et donc tout l'azote se retrouve sous forme de NH_3

- Deux rinçages sont essentiels pour éliminer toute trace d'ammonium de l'appareil
- Rincer l'appareil en choisissant le programme 2.

○ **Distillation**

On chauffe le minéralisat alcalinisé, le NH_3 se dégage sous forme de vapeurs que l'on capte, que l'on condense et que l'on recueille pour le dosage.

Chaque minéralisât sera dans une fiole jaugée de 50 ml .

- faire une dilution au 20ème (1/20)
- placer 50 ml de la solution diluée dans le matras
- mettre le matras en place dans le distillateur
- disposer un collecteur à la sortie de l'appareil (un erlenmeyer de 250ml), veuillez bien que le tuyau baigne dans d'acide borique (25 ml)
- choisissez le programme 1, il délivre 50 ml d'eau, et 50 ml de soude
- la distillation dure 2 min
- récupérer 25 ml du distillat dans le godet du kit de dosage
- ajouter 2 gouttes de solution stabilisatrice
- remuer à l'aide de l'ampoule puis la cassée
- lire en utilisant le comparateur de coloration.



Distillateur de Kjeldahl

○ **Dosage de l'ammoniac**

Le distillat (composés ammoniacaux) est récupéré et on y ajoute 1 goutte de Bleu de Méthylène et 3-4 gouttes de Rouge de Méthyle (Réactif de TASHIRO). La solution est verte –milieu basique-complexe borate d'ammonium. Procéder au titrage des 3 solutions à doser avec H₂SO₄ N/50 :

- Une solution témoin (sans plante)
- 2 solutions – échantillon (I et II)



Dosage de l'azote

❖ **Expression des résultats :**

$$N\% = (A-B) \cdot N \cdot 14.007 \cdot 100 = P$$

Sachant que :

- **A** : Volume de l'acide sulfurique nécessaire pour le titrage de l'échantillon (ml)
- **B** : Volume de l'acide sulfurique nécessaire pour le titrage de témoin
- **N**: Normalité de l'acide sulfurique.
- **P**: Prise d'essai (mg).

■ Dosage de l'Azote assimilable avec l'extrait par du KCl

➤ Principe

Le NH_4^+ (échangeable et soluble), le NO_2^- (soluble) et NO_3^- (soluble) sont extraits du sol par du KCl. Le dosage se fait par distillation, en présence d'oxyde de Magnésium (MgO) calciné selon les réactions suivantes :



A chaud, l'ammonium se dégage sous forme de NH_3 selon la réaction :



Ensuite le NH_3 est refroidi (réfrigérant à eau) et recueilli dans l'acide borique :



Ce complexe obtenu est titré avec l'acide sulfurique 0.005N :



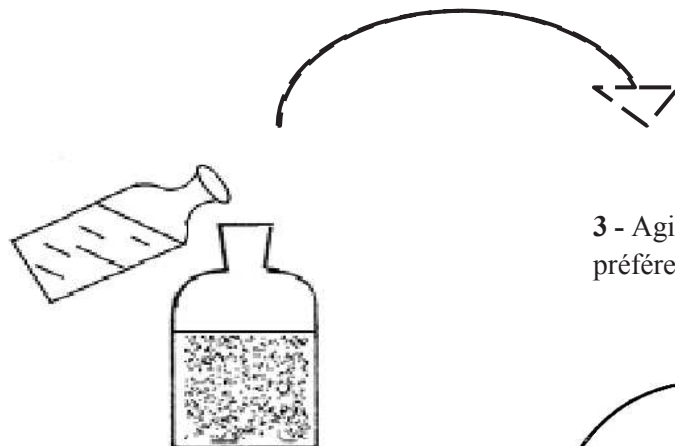
La quantité de H_2SO_4 utilisée pour la titration, nous permet de déduire la quantité d'azote assimilable

Mode opératoire :

1 : extraction :



1 - peser 5 g de terre séchée et tamisée à 0.2 mm (P)



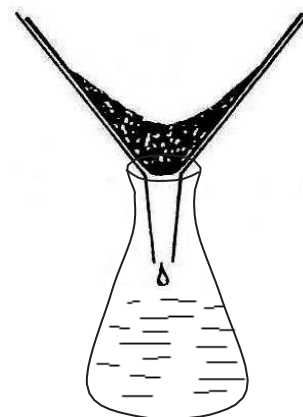
2 - verser la terre dans un flacon et y ajouter 50 ml de KCl 2N

○

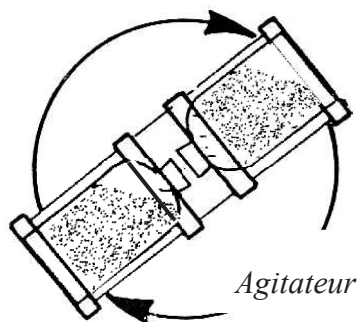
○ **Distillation et dosage :**

- Introduit 10 ml d'acide borique dans un erlenmeyer
- Ajouter 1 goutte d'indicateur
- Introduit à l'aide d'une pipette 20 ml d'extrait dans la chambre à distiller
- Ajouter 0.2 à 0.4 g de MgO calciné, puis 0.2 g d'alliage de DEVARDA, commencer la distillation
- Le distillat est recueilli dans de l'acide borique
- Arrêter la distillation quand le volume du distillat est de 30 ml
- Titrer avec l'acide sulfurique (V3)

4 - Filtrer immédiatement la suspension dans une fiole de 50 ml, compléter le volume avec KCl 2N et bien homogénéiser



3 - Agiter 2 heures de préférence à l'agitateur



Dans les mêmes conditions que l'échantillon, on fait les mêmes étapes pour le témoin, soit 10 ml d'acide borique contenant une goutte d'indicateur, noter le volume d'acide sulfurique utilisé (V4)

❖ **Calcul et interprétation :**

$$N \text{ (assimilable)} = \frac{(V3 - V4) \times 0.07 \times V1 \times 1000 \times fch}{V2 \times P}$$

$$Fch = (100 + H\%) / 100$$

V3 : volume de l'acide sulfurique utilisé pour la titration de l'échantillon (ml)

V4 : volume de l'acide sulfurique utilisé pour la titration du témoin (ml)

V1 : volume de la solution d'extraction en ml = 50 ml

V2 : volume prélevé pour la distillation = 20 ml

P : poids de la prise d'essai = 5g

Fch : Facteur de correction de l'humidité

Teneur du sol en N assimilable	Interprétation
< 5 ppm	Sol très pauvre
5 – 10 ppm	Sol pauvre
10 – 50 ppm	Sol moyennement pauvre
50 – 100 ppm	Sol riche
> 100 ppm	Sol très riche

■ Dosage de Potassium (K) par spectrophotométrie d'émission de flamme (Belguendouz, 2014) :

➤ **Mode opératoire**

Peser 1 g d'échantillon dans une capsule platine, introduire la capsule dans un four froid pendant 3 heures à 550° C. Laisser refroidir ensuite transférer le résidu dans un bécher de 250 ml et introduire 10 ml acide nitrique et acide chlorhydrique.

Ramasser à sec (chauffer sur plaque chauffante jusqu'à apparition de plusieurs vapeurs) puis reprendre le résidu 2 ml acide nitrique concentré, filtré sur filtre sans cendre dans une fiole jaugé de 100 ml d'eau.

- Préparation de la solution étalon a 1 mg k /ml

Dissoudre 1.90 g de KCl pur et séché 1 heures à 400 C° dans 1 litre d'HCl à 2 %

Réaliser une gamme pour le potassium selon le principe suivant :

<u>MS. (Ml)</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>4</u>	<u>8</u>	<u>12</u>	<u>20</u>
<u>Lecture (ppm)</u>	<u>4</u>	<u>8</u>	<u>16</u>	<u>32</u>	<u>50</u>	<u>82</u>

✓ **Mesure spectro-photométrique à flamme du potassium :**

Diluer la solution de l'échantillon convenablement (2 à 10 fois) pour avoir K et entre 50 et 200 pcg/ml en milieu HCl à 2%.

Régler la sensibilité du spectrophotomètre sur r émissions K 760 mg pour avoir toute l'étendue de l'échelle avec l'eau distillé ou l'étalon 50 ug. La teneur de potassium en % de matière sèche est donnée par :

$$K = n * D * V / 104 * P$$

K₂O %	0,15	0,15 à 0,30	0,3
Appropriation	terres pauvres	terres moyennes	terres riche

❖ **Autres analyses effectuées :**

■ **Carbone organique : Méthode ANNE**

La matière organique exerce un rôle très important sur le sol, elle améliore ses propriétés physiques (stabilité structurale, capacité de rétention en eau,...) et chimiques par la libération progressif des éléments nutritifs et l'augmentation de leur pouvoir absorbant en éléments minéraux apportés par les engrais (**Callot et al., 1982**).

Le dosage du carbone permet de déterminer d'une part la teneur en carbone dans le sol et d'autre part la teneur en matière organique.

La teneur en carbone organique exprimé en % (g en % de terre fine sécher à l'air) ; pour passer du taux de carbone aux taux de MO totale, on utilise le coefficient multiplicateur 1.72.

$$\%MO = \%C * 1.72$$

■ **Phosphore assimilable : Méthode OLSEN**

■ **Bases échangeables Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺ : Extraction par l'acétate d'ammonium PH=7**

Normes d'interprétation pour les bases échangeables (**Chapman, 1968**)

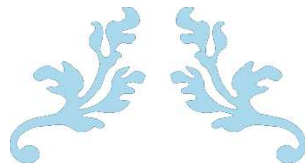
Ca ⁺⁺ Cmol/kg de sol	Mg ⁺⁺ Cmol/kg de sol	K ⁺ Cmol/ kg de sol
< 2 : Très faible	< 0,5 : Très faible	< 0,1 : Très faible
2-5 Faible	0,5-1,5 : Faible	0,1-0,3 : Faible
5-10 : Moyen	1,5-3 : Moyen	0,3-0,7 : Moyen
10-20 Elevé	3-8 : Elevé	0,7-2 : Elevé
< 20 : Très élevé	< 8 : Très élevé	< 2 : Très élevé

■ **Capacité d'échange cationique : Méthode de percolation, extraction à l'acétate d'ammonium à PH=7. Méthode de percolation, extraction du Kcl.**

■ **Taux de saturation en bases** : Une mesure du pourcentage de la CEC totale adsorbée par les cations basiques, Ca, Mg, K et sodium (Na). Idéalement, les niveaux de ces cations devraient être équilibrés. Des taux excessifs de l'un peuvent entraver l'assimilation d'un autre par les végétaux, même si les indices d'analyse du sol montrent que chaque élément nutritif est présent en quantité suffisante. Le rapport idéal varie avec le type de sol, et on doit vérifier ce point auprès du laboratoire local d'analyses de sol. L'ajout d'éléments nutritifs dans le but d'atteindre un rapport idéal n'est ni recommandé ni justifié au plan économique, car vous risquez d'en ajouter plus qu'il n'en faut pour avoir un effet sur les cultures. Toutefois, tenez compte du taux de saturation en bases au moment de choisir des amendements et essayez d'amener le sol à un état équilibré

La CEC est occupée par les cations Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , Na^{+} (cations échangeables) ainsi que par H^{+} , Al^{3+} et Fe^{3+} (ions générateurs d'acidité). S'étant la somme des cations échangeables et la CEC la capacité d'échange totale ; **le taux de saturation** est exprimé par :

$$1. \quad V=100 \times S/CEC$$



RESULTATS ET DISCUSSION



Partie I : Ecologie de *P.ziziphi* sur oranger dans la région de Rouiba

Dans cette partie, nous allons évaluer les fluctuations, la mortalité des populations de *P.ziziphi* sur oranger dans la région de Rouiba, tout en essayant de rassembler le maximum d'informations concernant certains facteurs (période, saisons, face de la feuille, rameau) susceptibles d'avoir une action directe sur la distribution spatio-temporelle de cette cochenille au niveau de la plante hôte.

1 - Ecologie de *Parlatoria ziziphi*

1.1 – Dynamique globale des populations

L'examen de la figure 19 montre une activité intense des cochenilles de 12,76% pendant la mi-novembre, cette activité se réduit durant la saison hivernale. Cet aspect de population est le résultat du développement automnal de la cochenille. La plupart de ces individus dénombrés sont des individus morts ou parasités. Les individus vivants sont dans la majorité des cas des femelles vivantes par le fait qu'elles présentent un bouclier protecteur assez épais qui leur permet de se protéger contre toute agression du milieu extérieur et aussi aux conditions climatiques et microclimatiques de la région de Rouiba qui ne sont pas très rigoureuses. A partir du mois de mars on assiste à une nouvelle reprise de l'évolution de la cochenille pour atteindre son maximum au mois d'avril avec 14,38% et qui s'étale jusqu'au début d'aout, date à laquelle on enregistre le plus faible taux 6,26% (fig.19). Cet accroissement est dû principalement à la période d'oviposition et larvaire de la cochenille. L'état physiologique de la plante offre également à la cochenille les conditions favorables à son développement.

Cet aspect biologique chez *P.ziziphi* a été rapporté par plusieurs auteurs notamment **Chapot et Delucchi (1964)**, qui ont noté des éclosions massives au début du printemps dans les vergers agrumicoles de la plaine de Rharb au Maroc. De même, cette infestation peut être liée aussi à la plante hôte. En effet, **Biche et Sellami (1999)** ont montré toute l'influence de la plante-hôte vis-à-vis d'une autre cochenille, *P.oleae* : elle agit à la fois sur la durée du cycle, sur la taille, sur la fécondité et sur le sex-ratio.

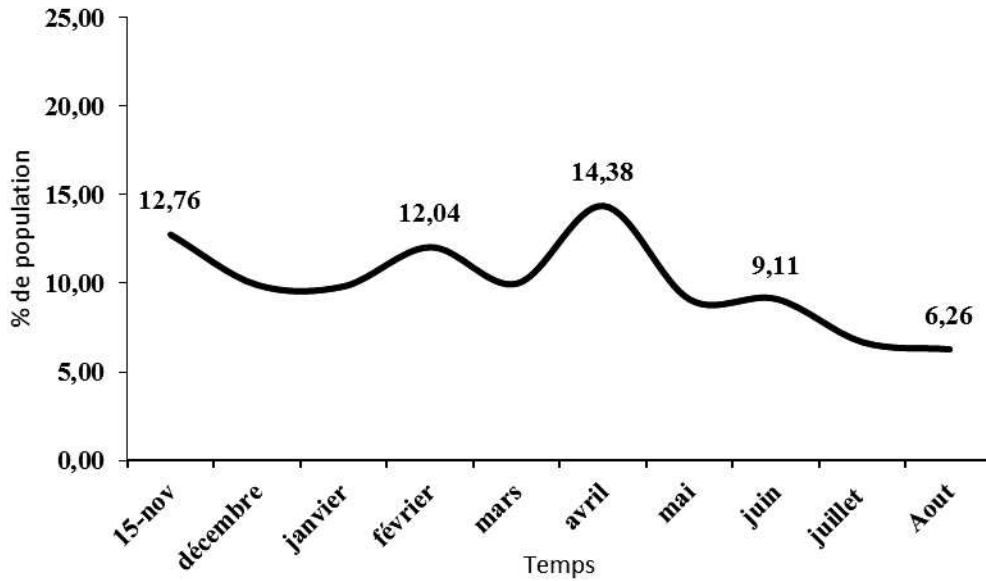


Figure 19 : Fluctuation de la population globale de *P.ziziphi* sur oranger dans la région de Rouiba.

1.2.- Evolution des populations de *P.ziziphi* sur oranger dans la région de Rouiba.

1.2.1 - Evolution larvaire de *P. ziziphi*

L'analyse des résultats reportés dans le tableau mis en annexe et dans la figure, fait ressortir une alternance entre la présence des adultes et des larves durant toute la période de notre étude.

L'examen des populations larvaires du Pou noir *P. ziziphi* montre trois périodes de développement. Bien que, le taux d'individus est relativement stable entre le mois de novembre et le mois de janvier, un premier sommet est noté au cours du mois de janvier avec une valeur de 54,44%. Ceci peut être expliqué par l'abondance des éléments nutritifs issus de la poussée de sève automnale et des femelles adultes de la saison hivernale. Une deuxième période est notée entre le mois de février (42,11%) et le mois de mars (61,11%). Une chute d'effectif des larves est ensuite notée pour atteindre son minimum (33,06%) durant le mois d'avril, suite à l'épuisement des réserves nutritives. A partir du mois de mai on assiste à une reprise d'activité larvaire où la population atteint son maximum vers la fin du mois d'aout. Celui-ci correspond à la génération estivale qui est de loin la moins importante.

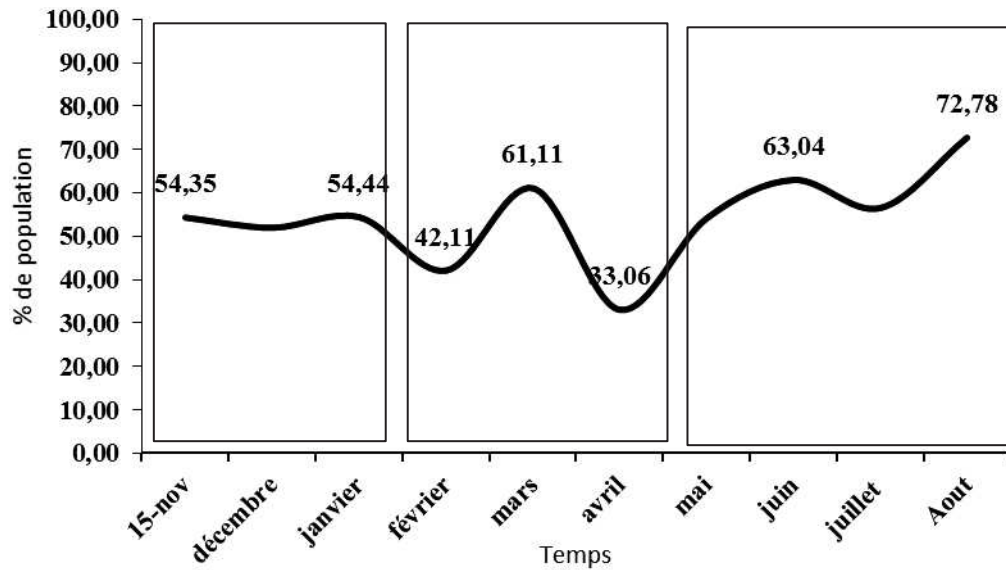


Figure 20 : Fluctuation des populations larvaires de *P.ziziphi* sur oranger dans la région de Rouiba

1.2.2 - Evolution des adultes femelles et mâles

L'évolution globale des adultes mâle et femelle de *P. ziziphi*, reportée sur la figure 21, montre également trois périodes de développement : La première entre le mois de novembre et le début du mois de janvier. Avec le déclenchement de la poussée de sève printanière, au début du mois de février, les adultes affichent une activité importante avec un taux de 66,94% durant le mois d'avril. La dernière période d'activité est ensuite observée à partir de du mois de juin avec un maximum durant le mois de juillet (43,45%).

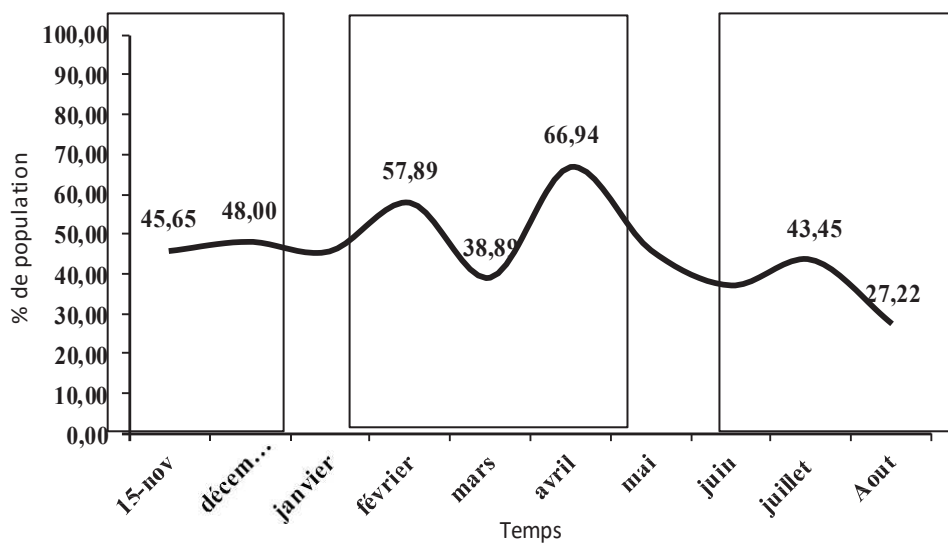


Figure 21 : Fluctuation des adultes de *P.ziziphi* sur oranger dans la région de Rouiba

➤ Fluctuation des larves du 1^{er} stade

L'analyse des fluctuations des larves du premier stade montre un nombre d'individus stable pendant les premiers mois de notre étude. Probablement, le maximum de ces larves est noté durant le mois de septembre. Avec le déclenchement de la poussée de sève printanière, on assiste à une augmentation de la population des larves du 1^{er} stade vers la fin du mois de février. En effet, le sommet de cette population est noté au cours du mois de mars (20,24%). Une régression de l'effectif des larves de premier stade est ensuite marquée pour atteindre la valeur la plus faible au mois d'avril avec 9,92%. L'activité larvaire s'intensifie par la suite et au mois d'aout elle atteint le maximum avec 37,97% (fig.n°22).

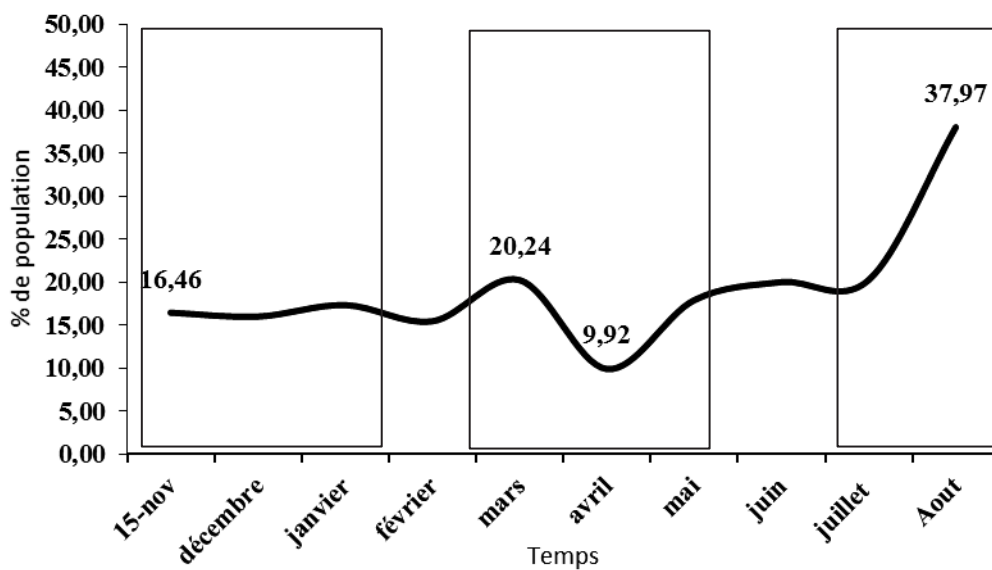


Figure 22 : Fluctuation des larves du 1^{er} stade de *P.ziziphi* sur oranger dans la région de Rouïba.

➤ Fluctuations des larves du 2^{eme} stade

L'examen de la fluctuation des larves de deuxième stade, pour sa part, révèle également trois périodes de développement. Au mois de janvier, un premier sommet est enregistré avec un taux de 25%. Ce n'est qu'au mois de mars (28,17%) que leur effectif atteint le maximum. Vers la fin du mois de mai, on assiste à la troisième période de développement où le maximum est atteint vers la fin du mois d'aout, soit 22,78% de la population totale de la cochenille.

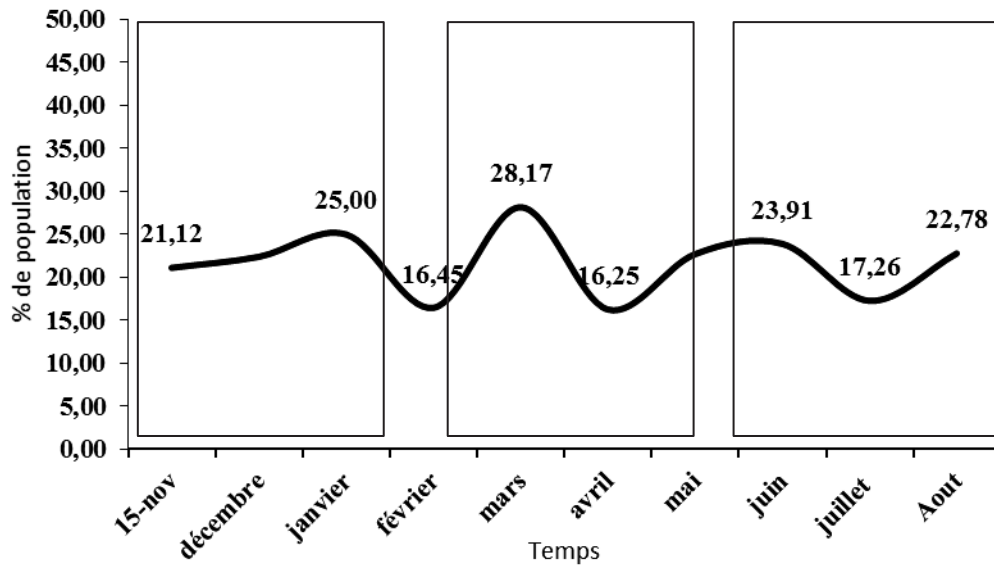


Figure 23 : Fluctuation des larves du 2^{ème} stade de *P.ziziphi* sur oranger dans la région de Rouïba.

➤ **Fluctuations du stade nymphal**

L'analyse des fluctuations des stades nymphaux illustrée sur la figure 24 montre trois périodes d'activité. La première période étant calculée au début de cette étude au mois de novembre avec un taux de 16,77% suivie par la deuxième, qui reste la moins importante, en mois de mars avec 12,70%. La troisième, qui est la plus élevée, est calculée à partir du mois de juin avec une valeur de 19,13%. Cette valeur reste pratiquement stable jusqu'au mois de juillet où on note une chute des effectifs de cette population.

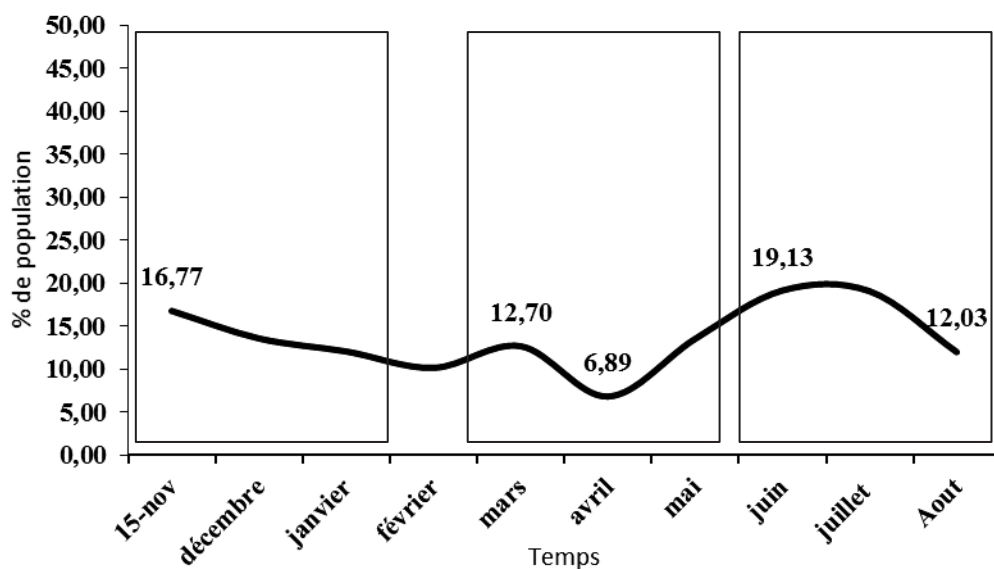


Figure 24 : Fluctuation du stade nymphal de *P.ziziphi* sur oranger dans la région de Rouïba.

➤ Fluctuations des femelles

L'analyse de la population femelle du Pou noir montre un développement stable entre le mois de novembre et le mois de janvier. Ce n'est qu'à partir du mois de février que la population des femelles s'intensifie pour atteindre un taux de 57,89% vers la mi-février. Une deuxième période de pleine activité est remarquée au cours du mois d'avril où on enregistre un maximum de 66,12%. Un troisième sommet de population, qui reste de loin le moins important, est calculé en mois de juillet avec une fréquence de femelle de 43,45%. Ceci est le résultat du développement des larves du 2^{ème} stade larvaire observé durant le mois de juin (Fig.25)

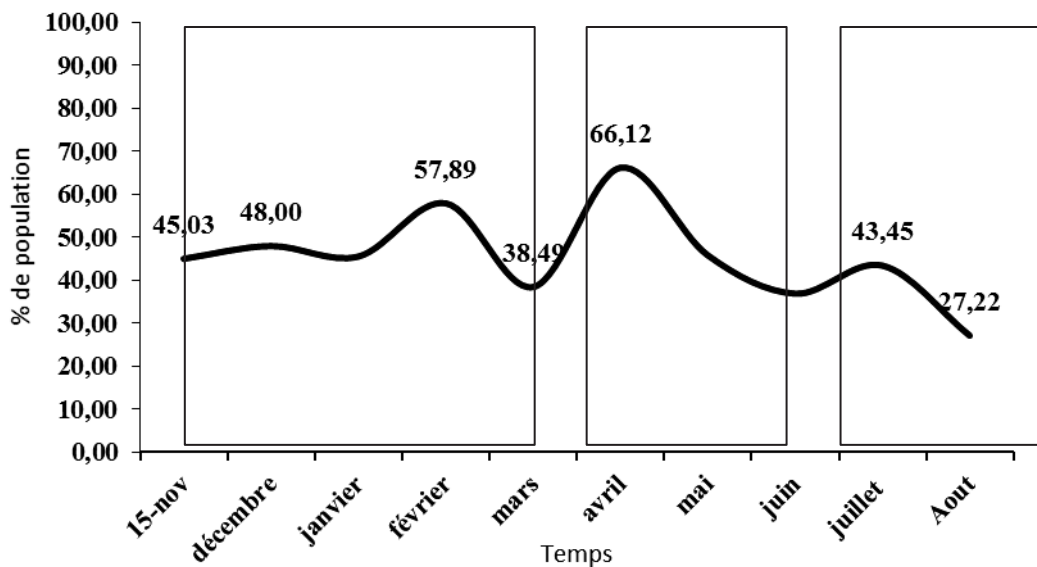


Figure 25 : Fluctuation des femelles de *P.ziziphi* sur oranger dans la région de Rouïba.

➤ Fluctuations des mâles adultes

L'analyse du graphe dans la figure 26 fait apparaître un taux d'individus mâle pratiquement nul sur toute la période de l'étude. Néanmoins, nous observons deux sommets : un premier au cours du mois de novembre avec un taux de 0,62%. A partir de la fin novembre jusqu'à la fin février, les mâles vivants ne sont plus observés dans les échantillons prélevés. La deuxième apparition de ces individus est notée dès le mois de février et le maximum est atteint au cours du mois d'avril avec une valeur de 0,83%. Cela se relève de la vie éphémère des mâles qui coïncide généralement avec la période de fécondation des femelles. Notons que les effectifs mâles vivants sont pratiquement nuls durant la saison estivale. Ceci est vraisemblablement lié

aux fortes températures maximales estivales enregistrées entre le mois de juin et aout (cf. Tab.1 Chap. 1).

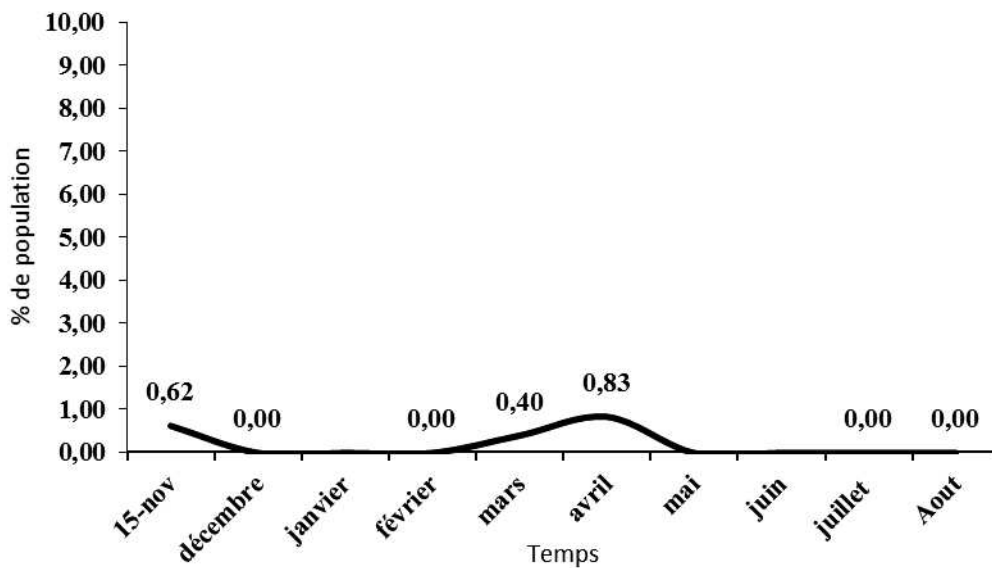


Figure 26 : Fluctuation des mâles de *P.ziziphi* sur oranger dans la région de Rouïba.

1.2.3 - Evolution du vol des mâles adultes

Le vol des mâles adultes, en considérant le nombre de pupariums vides, montre trois périodes de vol. Celles-ci coïncident généralement avec l'apparition des femelles matures. Le premier vol a lieu en février avec 115 individus. Le second qui renferme les effectifs les plus élevés est ensuite aperçu en mois d'avril avec 210 individus mâles. Un dernier sommet est enregistré au mois juillet avec nombre de 155 (Fig. 27).

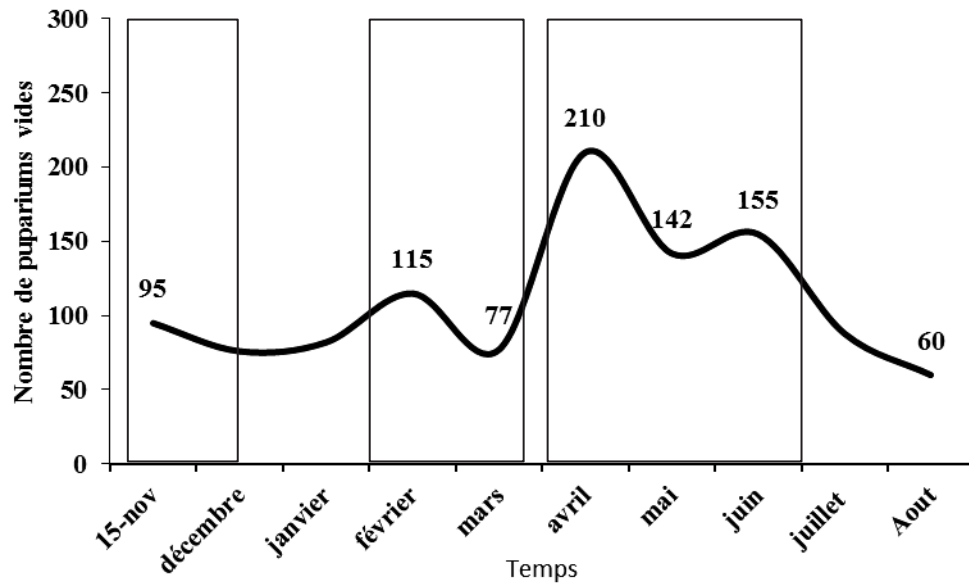


Figure 27: Fluctuation du vol des mâles de *P.ziziphi* sur oranger dans la région de Rouiba

1.3 - Distribution cardinale

1.3.1 - Résultats et discussions

Pour mieux comprendre le comportement de la cochenille vis-à-vis des orientations nous avons reporté nos résultats dans le tableau suivant :

Tableau n°10 : Distribution cardinale de *P.ziziphi* sur oranger dans la région de Rouiba :

	Nord	Sud	Est	Ouest	Centre	Total
Nb	333	466	497	126	1102	2524
%	13,19	18,46	19,69	4,99	43,66	100

N : nombre d'individus vivants ; % : pourcentage d'individus vivants

Les résultats reportés dans le tableau ci-dessus montrent que l'orientation Centre est la plus affectée par cette cochenille avec un pourcentage de **43,66%**. Cet endroit semble être un endroit préférentiel pour cette cochenille. En effet, selon **Fabres (1979)**, l'influence des conditions thermohygrométriques de l'habitat ombragé sur le taux d'expansion de la cochenille se montrent très favorables à la cochenille. L'Est de l'arbre vient en seconde position en hébergeant **19,69%** de la population globale de la cochenille. Aussi bien pour les larves que pour les adultes (Fig 28), le centre de l'arbre est toujours le plus affecté par les populations de la cochenille.

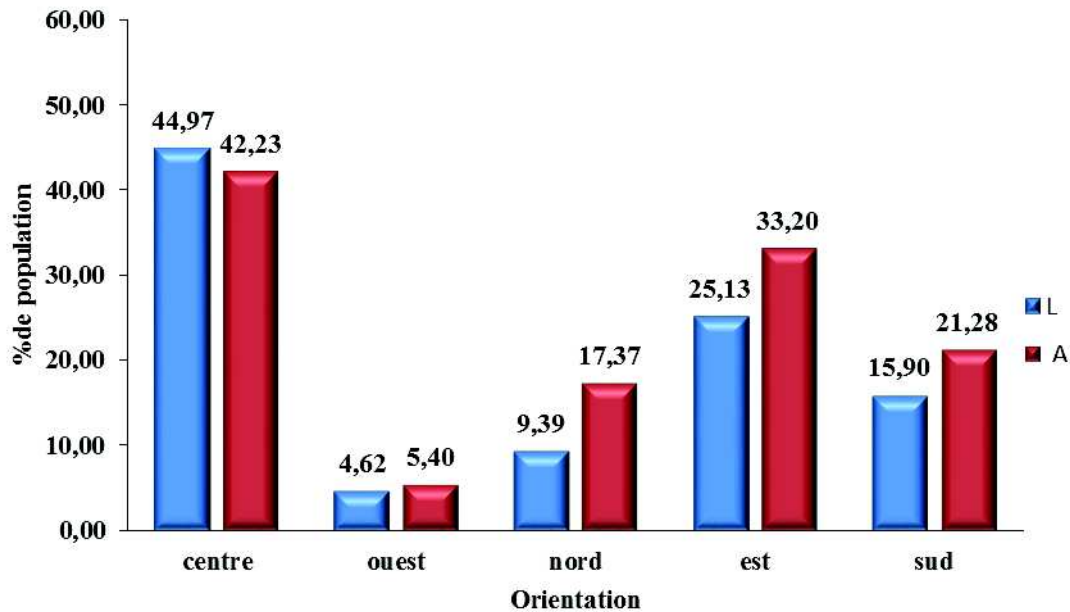


Figure 28 : Distribution cardinale des larves et des adultes de *P.ziziphi* sur oranger dans la région de Rouiba

1.4 - Distribution en fonction de l'organe végétal

1.4.1 - Résultats et discussions

A la lumière des résultats reportés dans la figure ci-dessus, nous constatons que la cochenille préfère se fixer sur les feuilles et précisément sur la face inférieure avec 50,40% et 44,06% sur la face supérieure (Fig.29). Cet endroit semble offrir à la cochenille les conditions de fixations favorables. En effet, le limbe de la feuille est d'une texture très fine favorisant les piqures d'insectes opophages.

Comparativement, les larves contrairement aux adultes préfèrent se fixer sur la face inférieure de la feuille que la face supérieure. En effet, on note 61,39% de larves fixées sur la face inférieure et 35,43% sur la face supérieure alors que sur les rameaux 3,18% (Fig. 30). Mais d'une façon générale, les larves mobiles semblent rechercher les lieux les moins ensoleillés surtout en été, période des grandes chaleurs. Les cochenilles connues comme des insectes à phototropisme positif, les larves néonates ont tendance à se diriger vers les endroits les plus éclairés de l'arbre. Les adultes par contre, se retrouvent sur la face supérieure avec 53,53% et l'inférieure avec 38,32% et sur les rameaux avec 8,15% (Fig. 30). Cette population d'adultes est vraisemblablement issue de la fixation des larves de la saison estivale qui se sont fixées

juste à leur éclosion évitant les grands ensoleillements touchant toute la frondaison et plus particulièrement les feuilles (Avidov et Harpaz, 1969).

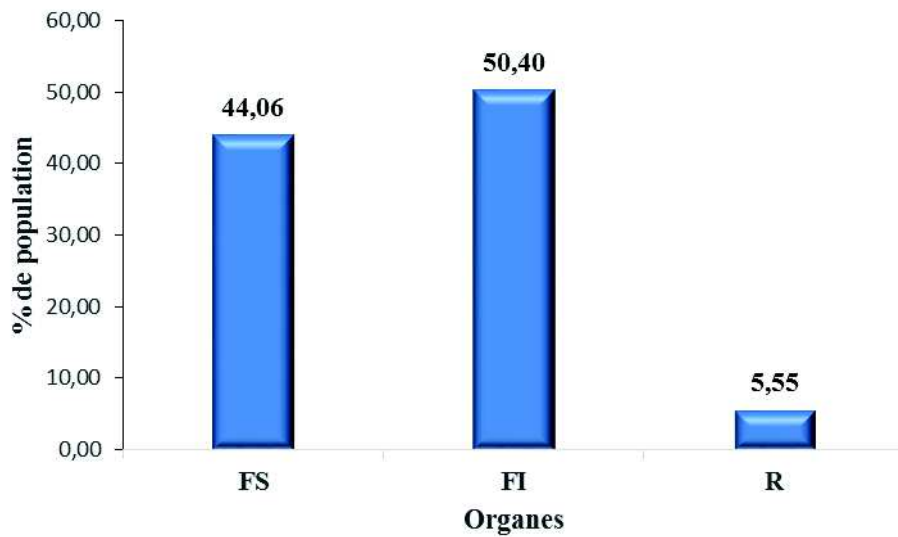


Figure 29 : Distribution de la population globale de *P.ziziphi* en fonction de l'organe sur oranger dans la région de Rouiba

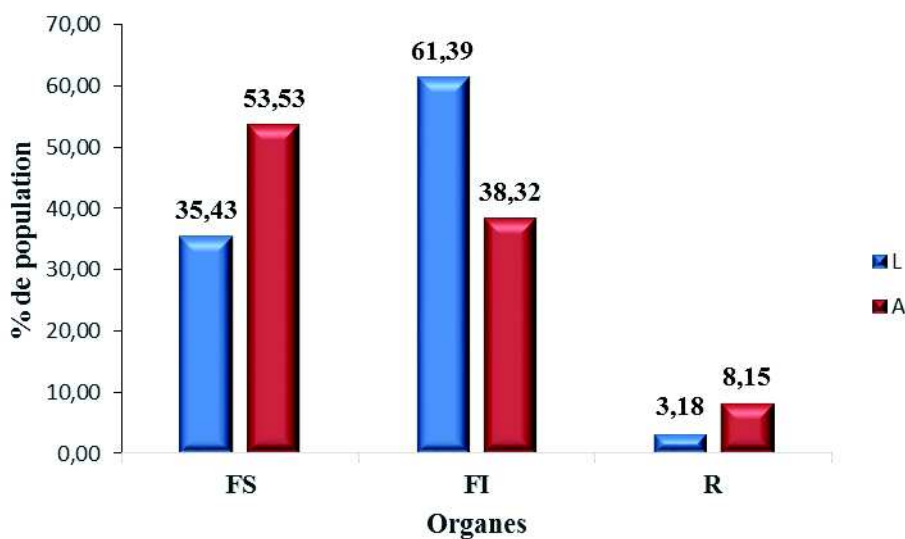


Figure 30 : Distribution des populations larvaires et des adultes de *P.ziziphi* en fonction de l'organe sur oranger dans la région de Rouiba

Dans le but de vérifier la distribution des populations de *P. ziziphi* par rapport aux périodes, aux orientations et aux organes, nous avons procédé à une analyse de variance du type G.L.M.

Ce test permet d'évaluer la variable nombre d'individu par rapport aux facteurs étudiés (période, organes, orientations) sans avoir le recours à des interactions entre eux à savoir les organes et les orientations. Cependant, pour le facteur temps, l'analyse révèle aucune différence significative entre le pourcentage des larves et adultes selon la période et le stade évolutif ($p=1$ et $p=0,242$) (fig.31).

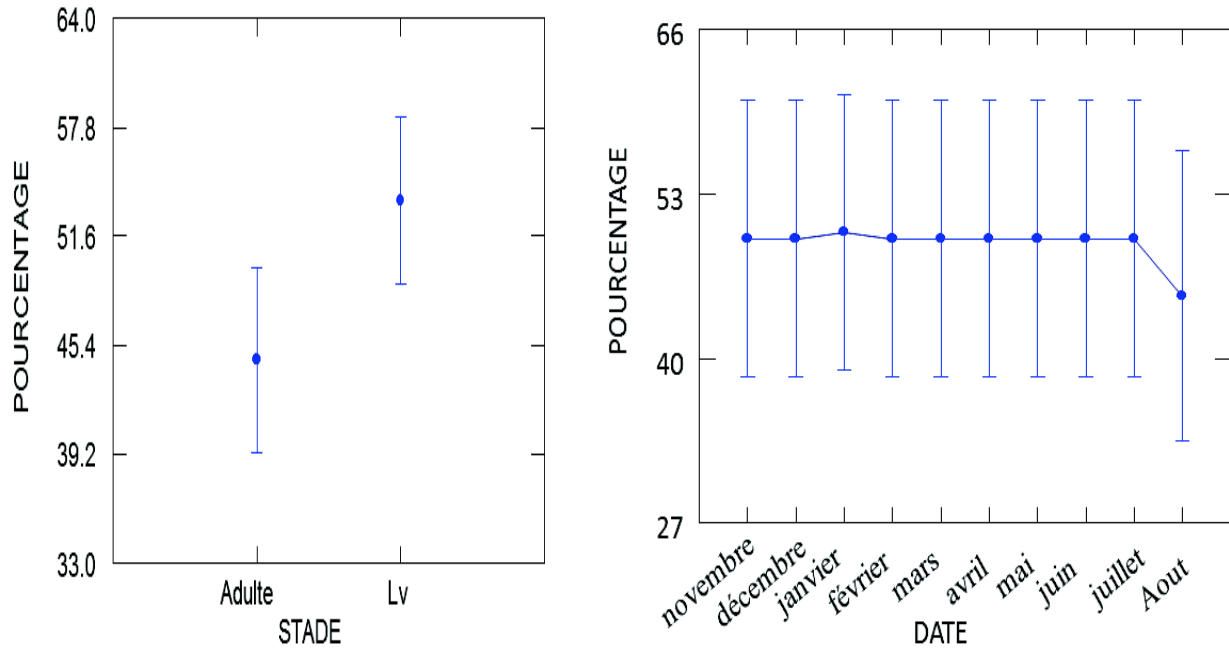


Figure 31 : Fluctuations globale et temporelle des populations de *P. ziziphi*

Nous remarquons une différence hautement significative entre les abondances des populations des différents stades évolutifs ($p=0,000$), ceci est lié aux effets des facteurs biotiques et abiotiques sur ces stades. Par contre la période de l'année n'a aucun effet significatif sur la variation des abondances de cette cochenille, ce qui montre sa résistance et son adaptation aux conditions du milieu. D'après cette analyse, nous assistons à trois sommets de population sous la dépendance de tous les facteurs étudiés : le premier est enregistré au mois de novembre et le second, moins important est noté au mois de février et le plus important au mois d'avril (fig.32).

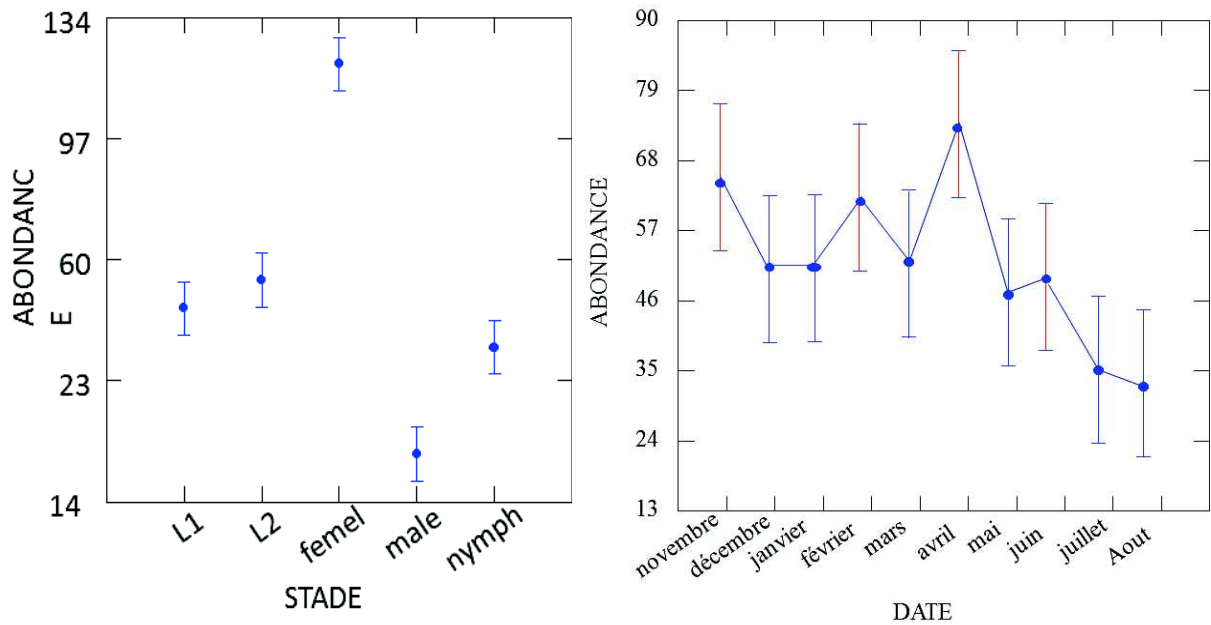


Figure 32 : Fluctuations des populations de *P. ziziphi* selon le stade évolutif et le temps

Alors que pour le facteur orientation (Fig.33), l'analyse révèle une influence très hautement significative sur le niveau d'infestation de la cochenille ($p=0,015$). L'abondance des individus est très prononcée au centre de l'arbre, endroit très recherché par cette cochenille ; il y'a aucune différence significative selon le stade évolutif, tous les stades évoluent de la même manière sur toutes les orientations.

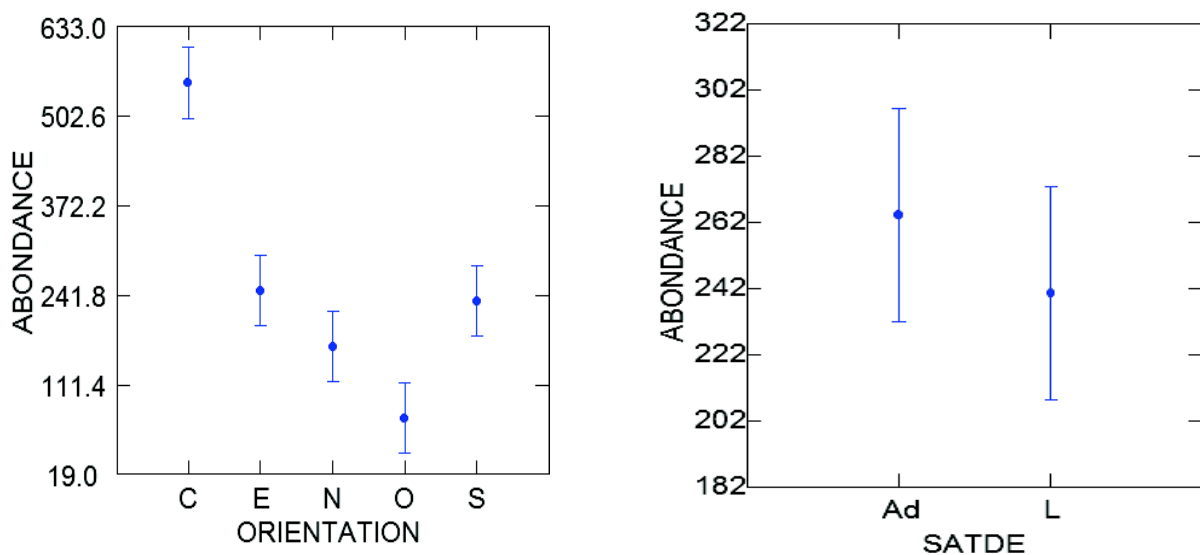


Figure 33 : Fluctuations des populations de *P. ziziphi* en fonction des orientations dans la région de Rouiba

Les résultats relatifs aux organes montrent que les individus de *P.ziziphi* sur oranger sont plutôt attirés par les feuilles que par les rameaux (Fig.34). L'analyse de variance nous confirme cette affinité de la cochenille pour les feuilles avec une influence très hautement significative ($p = 0,00$) du facteur organe sur la dynamique des populations de *P.ziziphi* sur l'oranger.

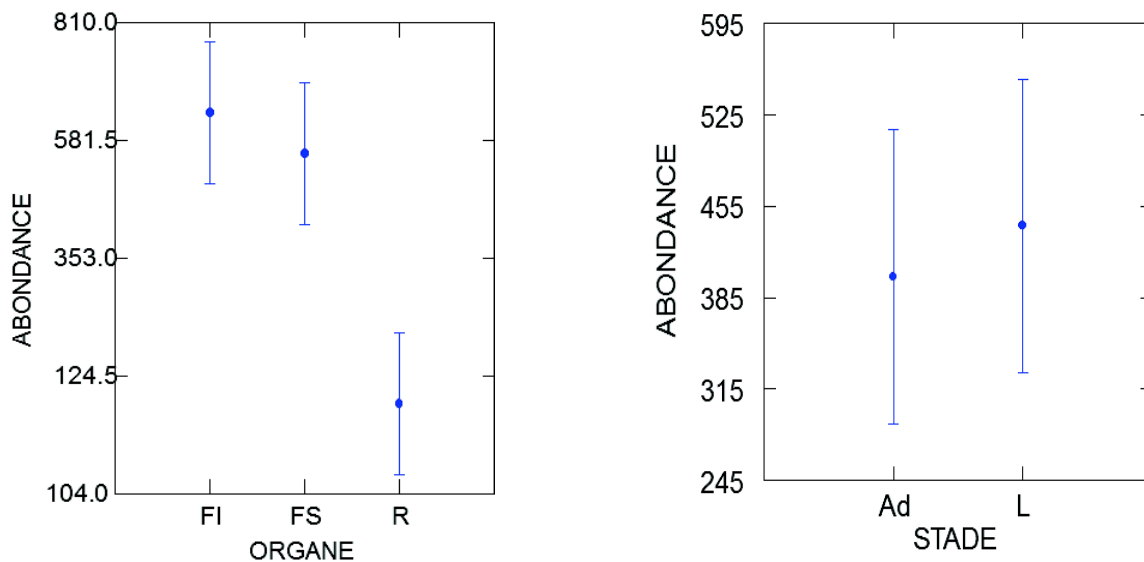


Figure 34 : Analyse comparative des populations de *Parlatoria ziziphi* sur les feuilles et rameaux .

2. - Etude de la Fécondité

Afin de mieux comprendre la biologie de *P.ziziphi*, nous avons jugé utile d'étudier sa fécondité tout au long de notre travail. La fécondité est exprimée par le nombre moyen d'œufs pondus par femelle, sur des feuilles, et rameaux

2.1 – Fécondité globale

2.1.1 - Résultats et discussions

Les résultats de l'étude de la fécondité de *P.ziziphi* sur oranger dans la région de Rouiba montrent que les œufs de la cochenille sont observés durant tout le long de la période d'étude. Par contre, on assiste à trois sommets de la ponte de la cochenille. Le premier est enregistré durant le mois de janvier avec 12,50 œufs et le deuxième au cours du mois d'avril avec le nombre le plus élevé 15,08 œufs. De cette date on assiste à une régression de la ponte dans les

populations de la cochenille. Un nouveau sommet de la fécondité est ensuite observé durant la première décade du mois de juillet avec une moyenne de 10,56 œufs (fig.35).

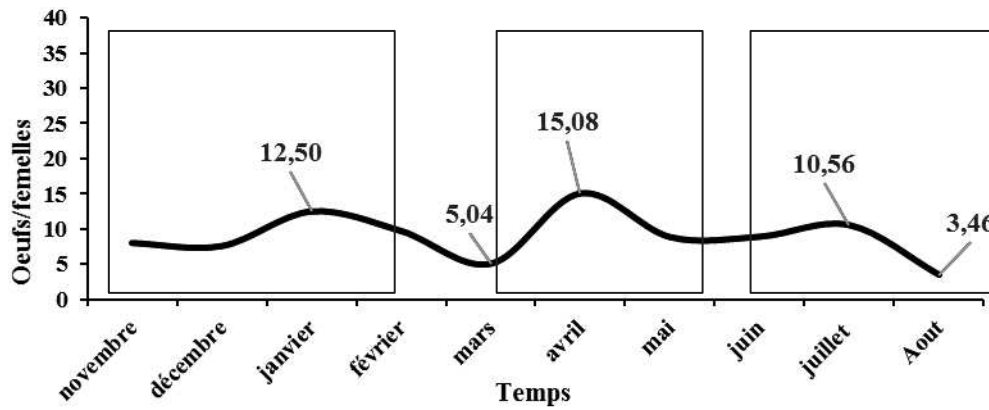


Figure 35: La fécondité moyenne des œufs de *P.ziziphi* sur oranger dans la région de Rouiba

Dans le but de vérifier la fécondité moyenne des œufs de *P. ziziphi* par rapport aux périodes nous avons procédé à une analyse de variance du type G.L.M. Ce test permet d'évaluer la variable du nombre des œufs pondus par femelle par rapport au facteur étudié (période). Cependant, l'analyse révèle la présence de trois pic durant la période d'étude où on note que la fécondité moyenne est plus importante durant la saison printanière (mois d'avril) suivi par la saison hivernale (mois de janvier) et la saison estivale en dernier (mois juillet) (fig.36).

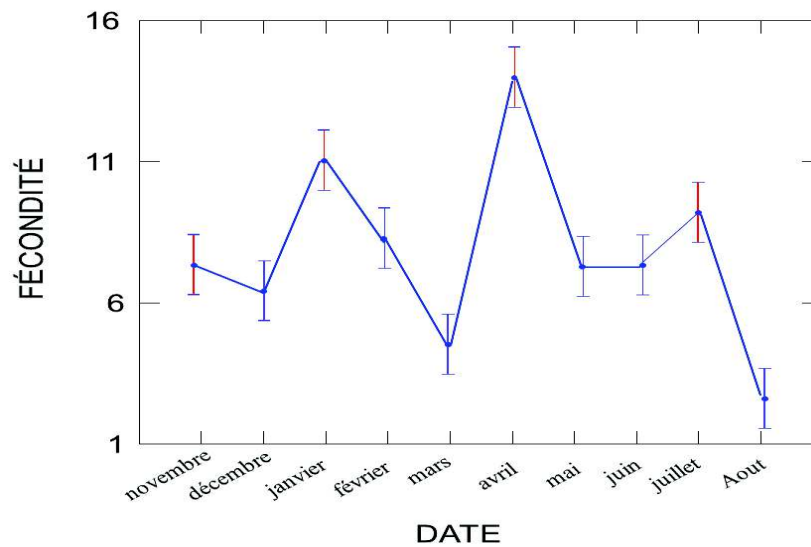


Figure 36 : Fécondité moyenne chez *P. ziziphi* sur Oranger dans la région de Rouiba.

2.2 - En tenant compte des orientations

2.2.1 - Résultats et discussions

Les résultats illustrés dans la figure ci-dessous, montrent que la fécondité moyenne la plus élevée est enregistrée chez les femelles fixées au centre de l'arbre avec 18,70 œufs par femelle. Le lieu de fixation des femelles semble influencer sur la fécondité de la cochenille. Cet endroit semble être vraisemblablement en relation directe avec les conditions microclimatiques créées au sein de l'arbre.

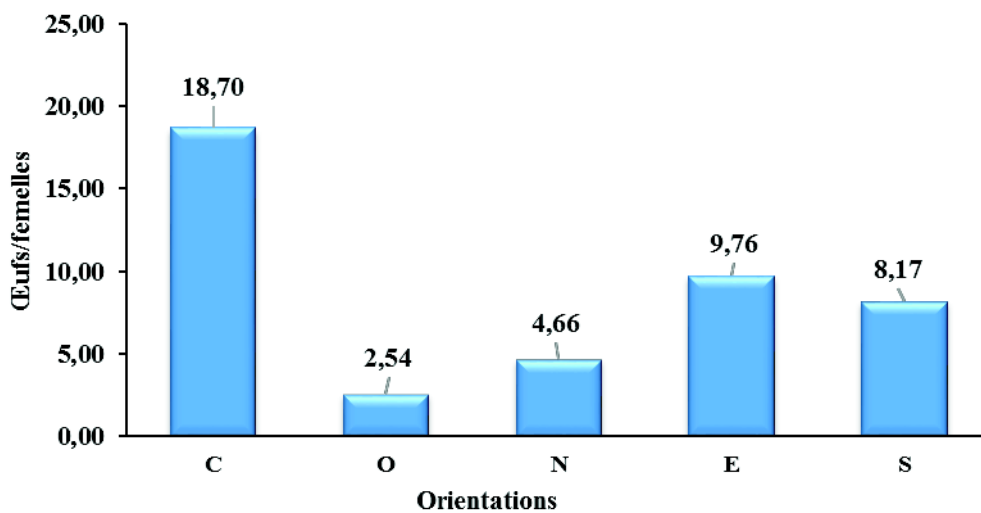


Figure 37 : La fécondité moyenne des œufs de *P.ziziphi* en fonction de les orientations cardinales sur oranger dans la région de Rouiba.

2.3 - Fécondité moyenne selon l'organe :

2.3.1 - Résultats et discussions

D'après les résultats consignés dans la figure ci-dessous, nous constatons que la fécondité moyenne est élevée sur la feuille que les rameaux et en particulier sur la face inférieure de la feuille où elle avoisine 12,97 œufs/femelle. Les feuilles semblent offrir à la cochenille des conditions nutritionnelles meilleures que les rameaux.

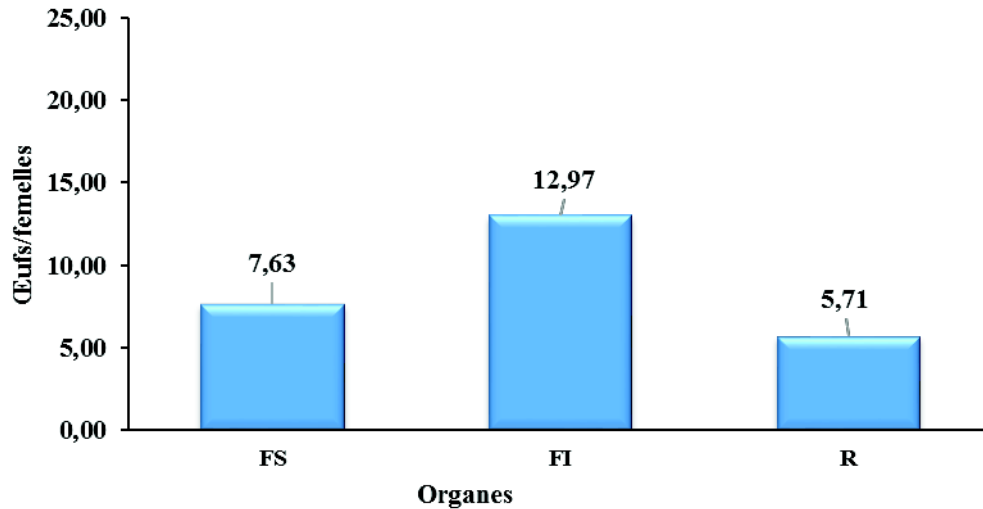


Figure 38 : La fécondité moyenne de *P.ziziphi* en fonction de l'organe sur oranger dans la région de Rouiba

3 - Etude de la Mortalité

L'étude de la mortalité des populations de *P.ziziphi* sur oranger est étudiée d'une manière globale puis suivant les orientations et enfin en fonction de l'organe végétal.

3.1. - Mortalité globale

3.1.1. - Résultats et discussions

L'analyse du graphe ci-dessous montre une mortalité globale dépassant les 50% durant toute la période de notre investigation. Toutefois, on constate que les taux de mortalité les plus élevés sont en correspondance avec les périodes où l'on note une importante activité de *P.ziziphi*.

Trois pics de mortalités sont notés dans notre cas : Le premier étant en mois de novembre avec 62,07%, le second en mois de février avec 66,26% et le troisième en mois d'aout avec le taux le plus élevé de 74,68%.

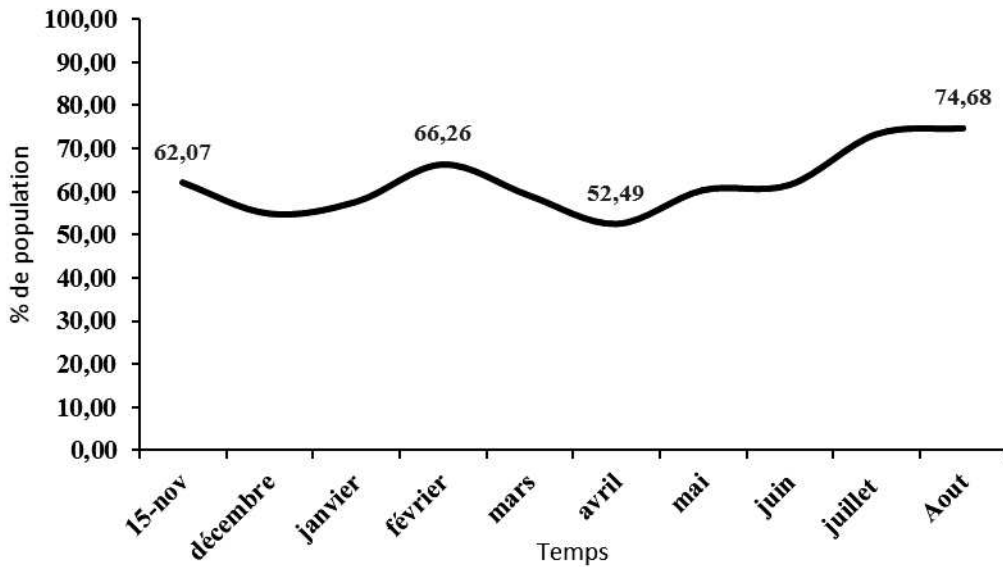


Figure 39 : Taux de mortalité globale des populations de *P.ziziphi* sur oranger dans la région de Rouiba

3.2 - Mortalité larvaire

La mortalité des populations larvaires du Pou noir sur l’oranger passe par 3 sommets avec des taux respectifs de 31,68%, entre 39,51% et 39,66% et 42,31% pour les mois de novembre, février-avril et aout respectivement. Cette mortalité est vraisemblablement liée à la structure du bouclier très fin des larves et aux conditions climatiques ainsi que les traitements chimiques appliqués dans le verger.

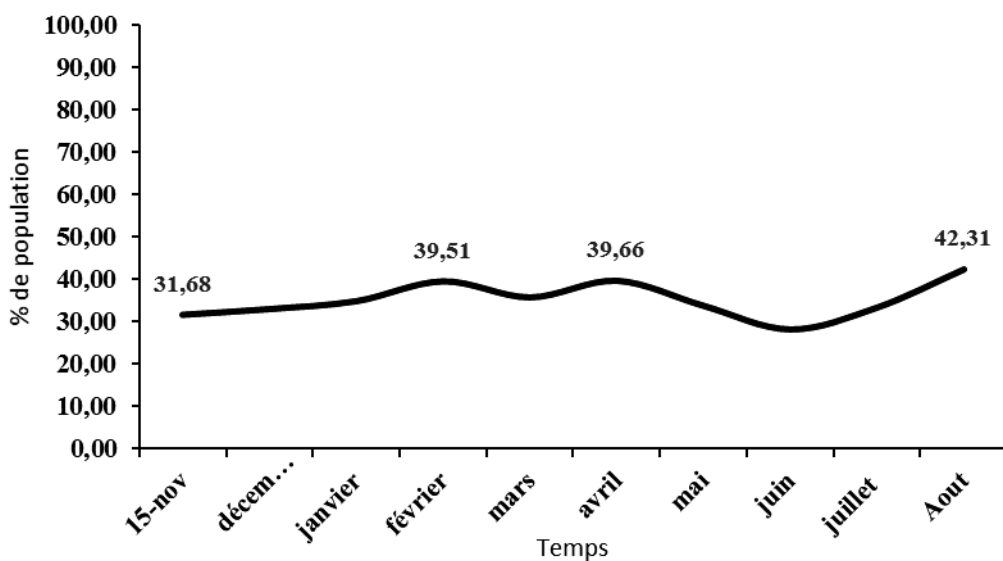


Figure 40 : Taux de mortalité des populations larvaires de *P.ziziphi* sur oranger dans la région de Rouiba

➤ **Mortalité chez les larves du 1^{er} stade :**

L'examen de la figure 41 montre que les taux de mortalités chez les larves du premier stade ne dépassent pas 15% sur toute la période de notre étude. Par ailleurs, on observe 4 sommets de mortalité avec des taux respectifs de 12,72%, 14,98%, 12,65% et 12,66% pour les mois de novembre, décembre, mai et aout.

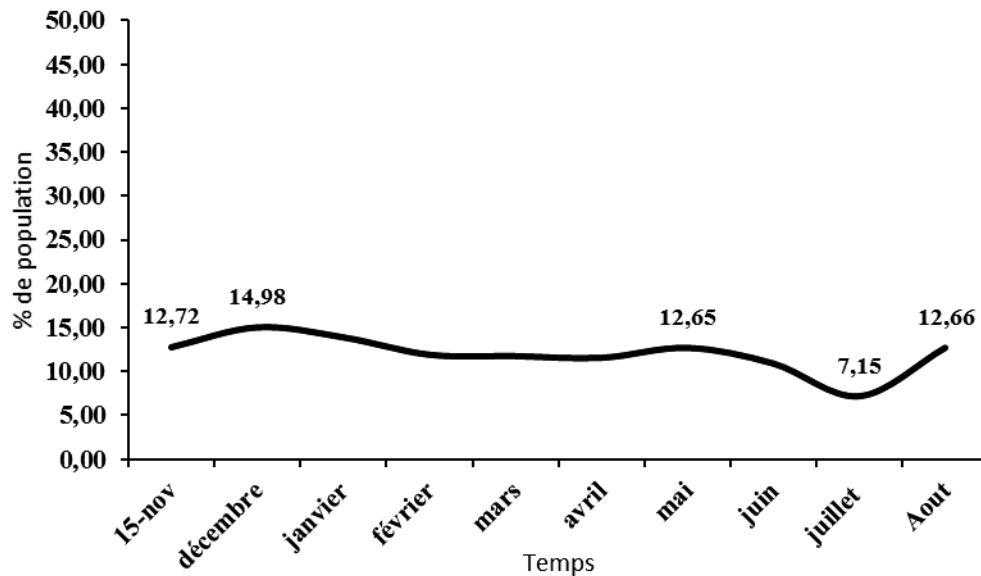


Figure 41: Taux mortalité des larves du 1^{er} stade de *P.ziziphi* sur oranger dans la région de Rouïba.

➤ **Mortalité chez les larves du 2^{ème} stade**

L'analyse de la figure 42 montre des mortalités larvaires plus intéressantes chez les larves du second avec des taux variables entre 15% et 30%. Trois sommets sont notés avec le taux le plus élevé durant le mois d'aout (28,27%). Le mois de novembre et février, quant à eux, ont révélés des mortalités moins importantes avec 17,08% et 22,97% respectivement.

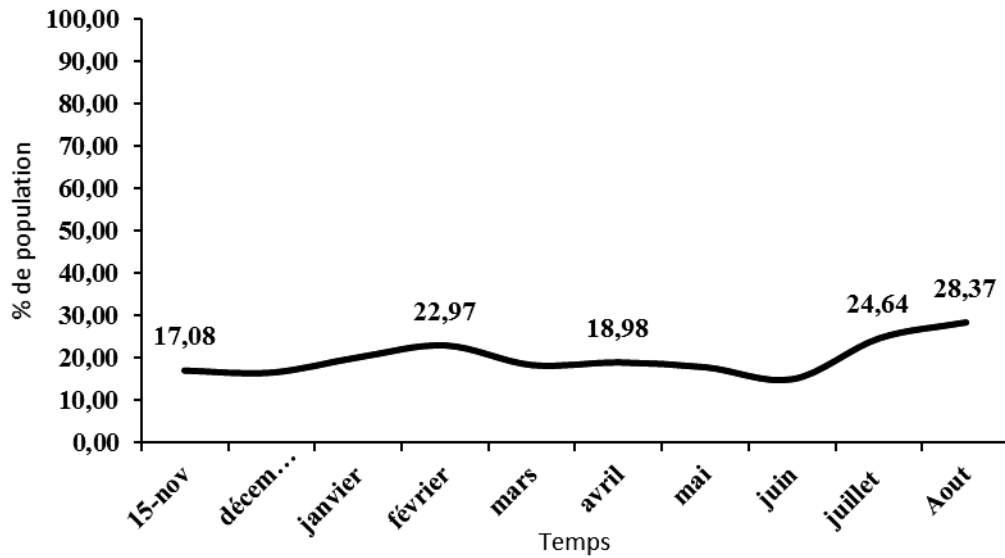


Figure 42 : Taux mortalité des larves du 2ème stade de *P.ziziphi* sur oranger dans la région de Rouïba

➤ Mortalité du stade nymphal :

La mortalité des nymphes dévoile des fréquences relativement faibles, ne dépassant pas 10%. La figure 43, divulgue trois cumuls : Le premier étant calculé pour le mois de novembre avec 1,88%, suivi par un deuxième, qui est le plus important, en mois d'avril avec 9,26% et un troisième en moi d'aout avec 1,28%.

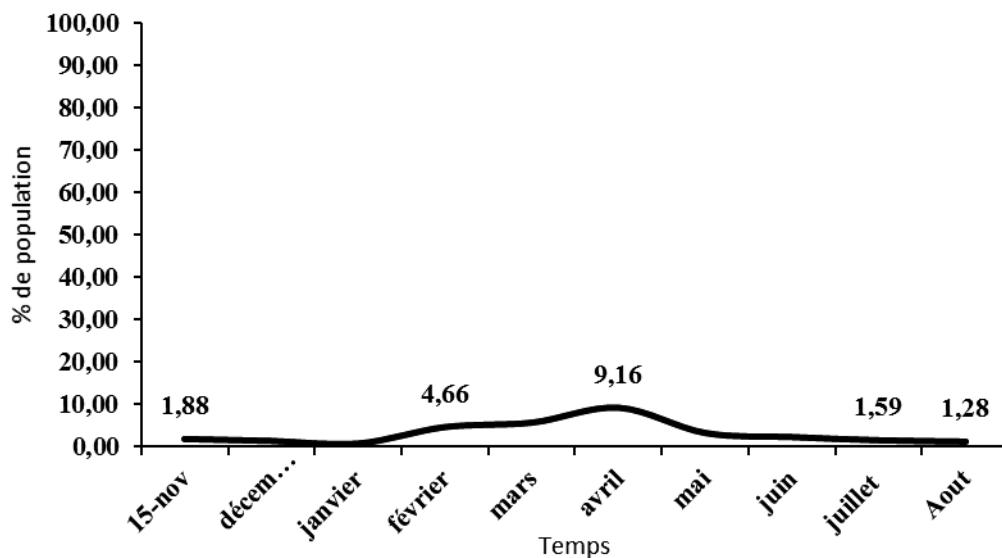


Figure 43: Taux mortalité des stades nymphaux de *P.ziziphi* sur oranger dans la région de Rouïba.

3.3 - Mortalité des adultes

La mortalité des individus adultes de la cochenille *P. ziziphi* montre des taux intéressants, mais qui restent moins importants que les mortalités larvaires. Sur le graphique ci-dessous on note également trois pics de mortalité avec des taux respectifs de 30,39%, 26,75, et 39,90% pour les mois de novembre, février et juillet.

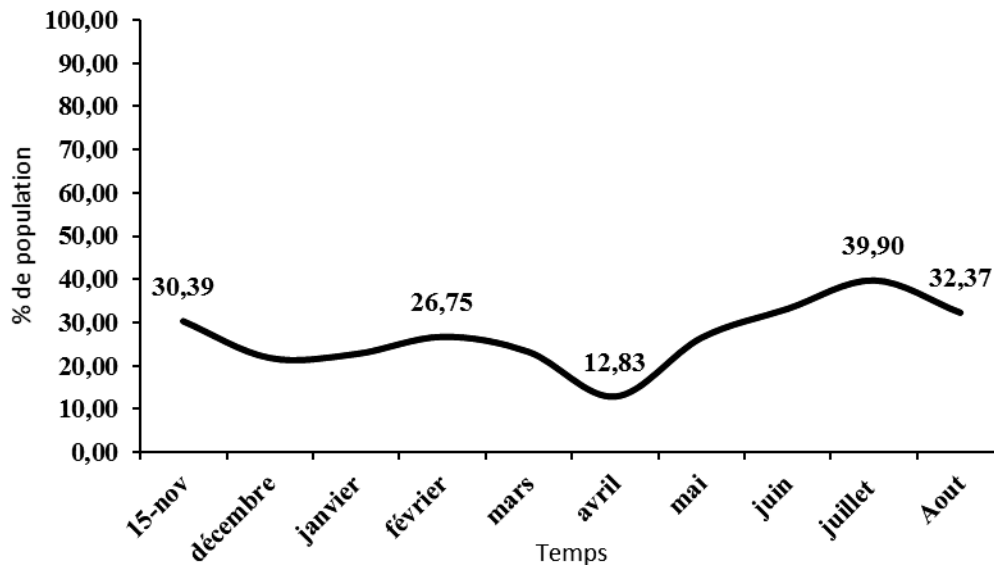


Figure 44 : Mortalité des populations des adultes de *P.ziziphi* sur oranger dans la région de Rouiba

➤ Mortalité des femelles adultes :

La variation globale des mortalités des femelles, reportée sur la figure, montre les taux plus élevés comparativement aux autres stades. La figure n°45 expose trois sommets mortalités qui sont en étroite correspondance à la période de la pleine activité des femelles.

Le premier pic de mortalité est enregistré en mois de novembre avec un pourcentage de 30,39%. En mois de février, les mortalités étaient moins importantes avec 26,75 pour atteindre le taux maximal durant la période estivale avec 39,59%. Ceci est, vraisemblablement, d'ordre physiologique que climatique. Une fois les œufs expulsés, les femelles meurent naturellement.

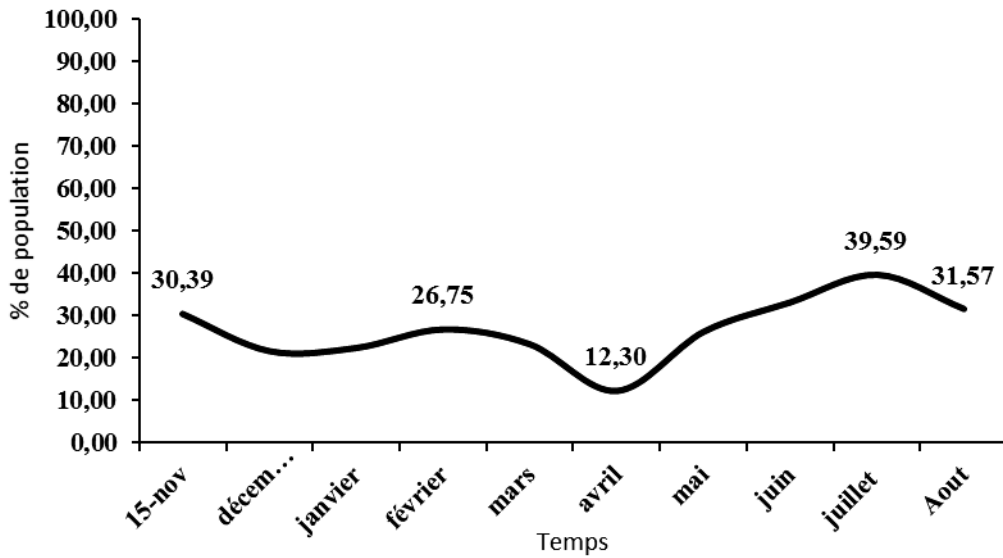


Figure 45 : Taux mortalité des femelles de *P.ziziphi* sur oranger Dans la région de Rouiba

➤ **Mortalité des mâles adultes :**

Les fluctuations de la mortalité chez les mâles adultes de la cochenille reportées sur le graphe ci-dessous, montrent des taux qui n'atteignent pas le 1%. Ces valeurs qui se rapprochent du 0 sont en étroite relation avec le taux des adultes en activité qui était pratiquement nul durant toute la période de notre échantillonnage. Toutes fois, des taux de mortalité plus au moins élevée sont enregistrés pour les mois d'avril et aout avec des 0,52% et 0,80%. Ces deux périodes correspondent aux périodes ou on a noté le maximum de vol des mâles et des femelles.

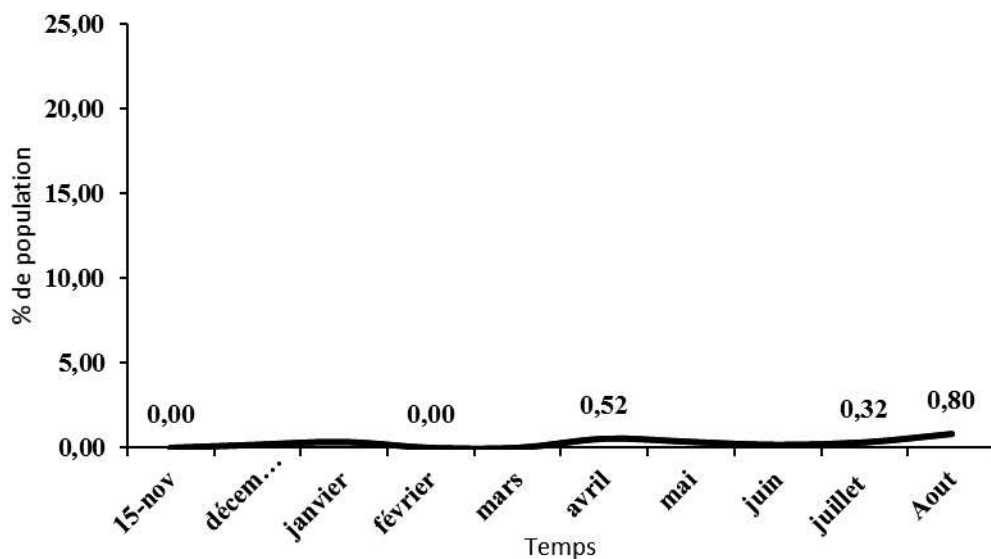


Figure 46 : Taux mortalité des mâles de *P.ziziphi* sur oranger dans la région de Rouiba.

3.4. - Mortalité cardinale

Pour mieux comprendre le comportement l'effet des orientations sur la cochenille nous avons reporté nos résultats dans l'histogramme n°47.

3.4.1. - Résultats et discussions

Tableau n°11 : mortalité cardinale de *P.ziziphi* sur oranger dans la région de Rouiba :

	Nord	Sud	Est	Ouest	Centre	Total
VM	855	1500	1311	497	2533	6696
M	522	1034	814	371	1431	4172
%	7,80	15,44	12,16	5,54	21,37	62,31

VM : nombre d'individus vivants et morts ; M : nombre d'individus morts ; % : pourcentage d'individus morts

Les résultats enregistrés dans le tableau ci-dessus montrent que le taux de la mortalité globale reste très élevé avec 62,31%. Ce fort taux de mortalité est souvent dû aux mauvaises conditions climatiques (températures et pluviométrie) et aux traitements chimiques opérés dans le verger. Néanmoins, les résultats montrent que les taux de mortalité les plus élevés sont enregistrés dans le centre et le sud aussi bien chez les larves et les adultes (Fig.48).

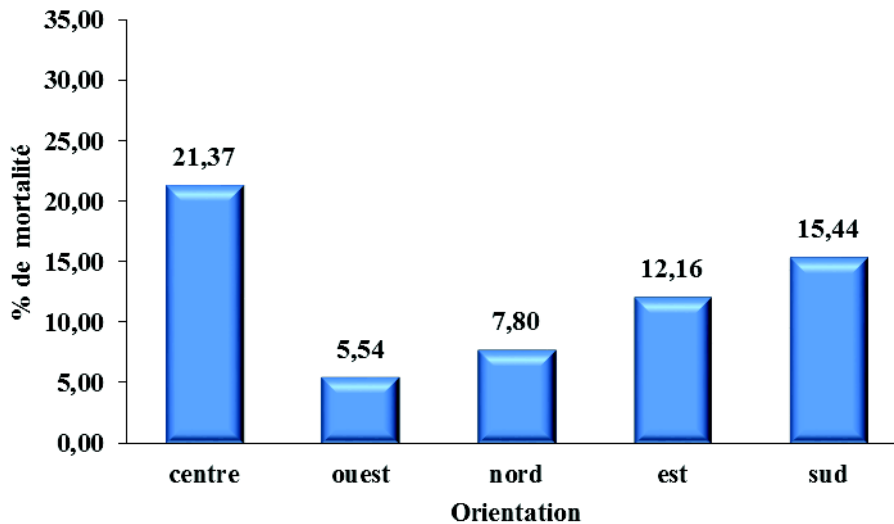


Figure 47: La mortalité globale des populations de *P.ziziphi* selon les orientations sur oranger dans la région de Rouiba

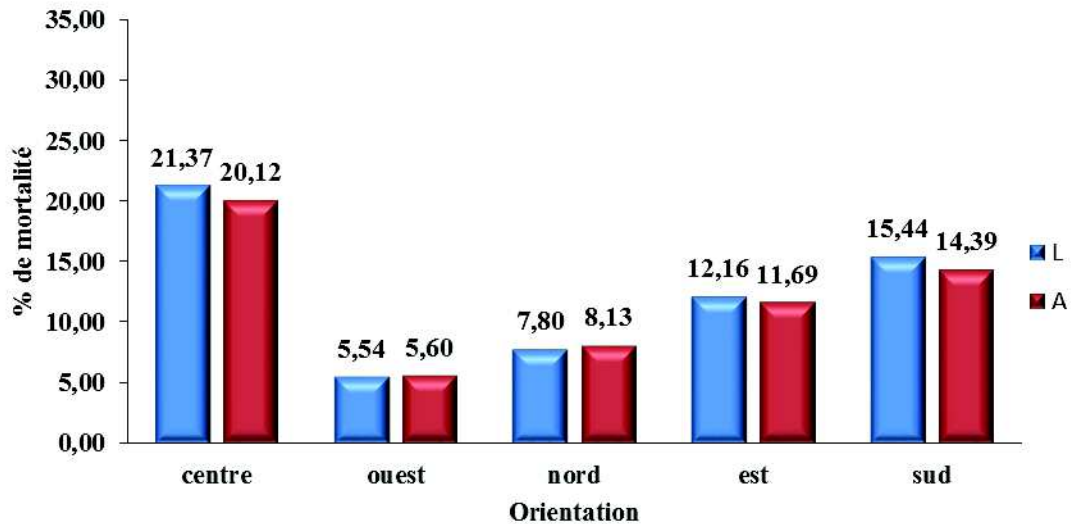


Figure 48: La mortalité comparée des larves et des adultes de *P.ziziphi* selon les orientations sur oranger dans la région de Rouiba

3.5. - Mortalité spatiale

3.5.1. - Résultats et discussions

L'analyse de la figure n°49 montre que la mortalité est élevée sur les feuilles (42,38%) que sur les rameaux (19,92%) Ce résultat est probablement lié à l'exposition de ces feuilles aux différents aléas climatiques durant la période hivernale ou estivale, à savoir les fortes températures, les vents, la grêle ainsi aux traitements chimiques effectués dans le verger.

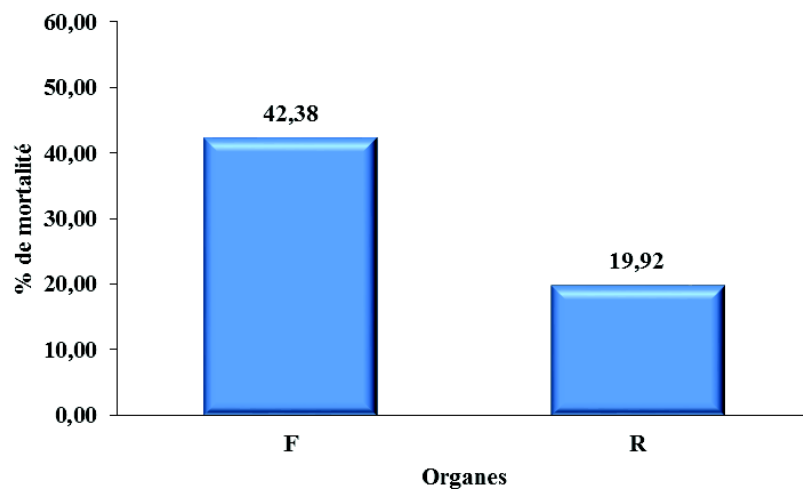


Figure 49 : Mortalité globale de populations de *P.ziziphi* en fonction de l'organe sur oranger dans la région de Rouiba.

En ce qui concerne des stades larvaires, la mortalité est élevée sur la face supérieure que l'inférieure avec respectivement 27,61% ; 23,17% par contre chez les adultes les taux cette dernière sont presque égaux sur les deux faces. En effet on note 28,51% sur la face inférieure et 26,48% sur la face inférieure. (Fig.50).

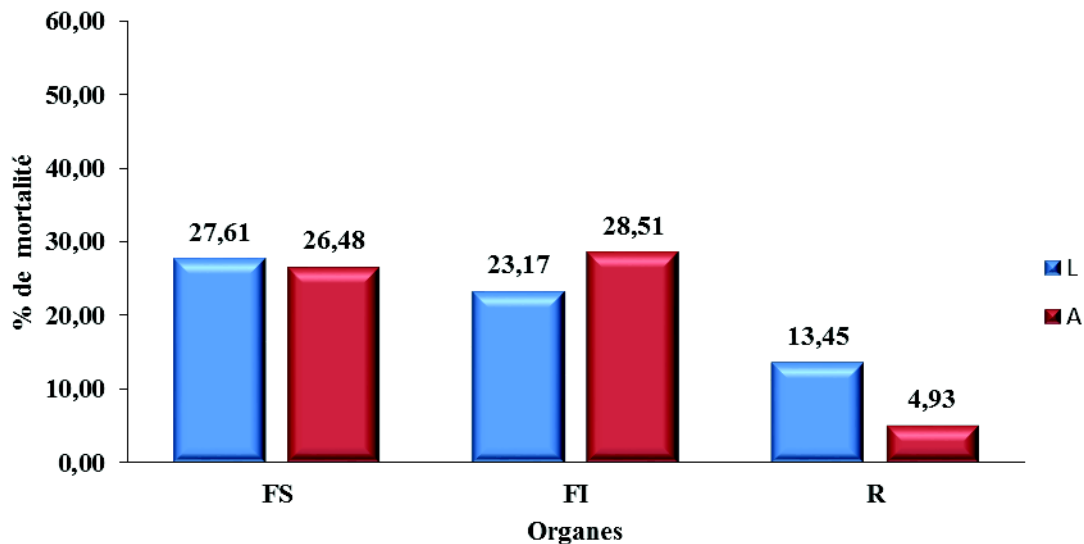


Figure 50 : Mortalité des larves et des adultes de populations de *P. ziphi* en fonction de l'organe sur oranger dans la région de Rouiba.

Pour vérifier les résultats obtenus de la mortalité de *P. ziphi* par rapport aux périodes, aux orientations et aux organes, nous avons procédé à une analyse de la variance du type G.L.M. Ce test permet d'évaluer la variable du nombre d'individu mort par rapport aux facteurs étudiés (période, organes, orientations) sans avoir le recours à des interactions entre eux à savoir les organes et les orientations.

La différence entre le nombre d'individus mort des stades évolutifs est hautement significative selon les stades évolutifs ($p=0,000$), les femelles adultes subissent la mort plus que n'importe quel stade, suivi des larves de deuxième stade, ceci est dû à la mort d'ordre physiologique combiné avec la mort provoquée par les parasites et les conditions du milieu.

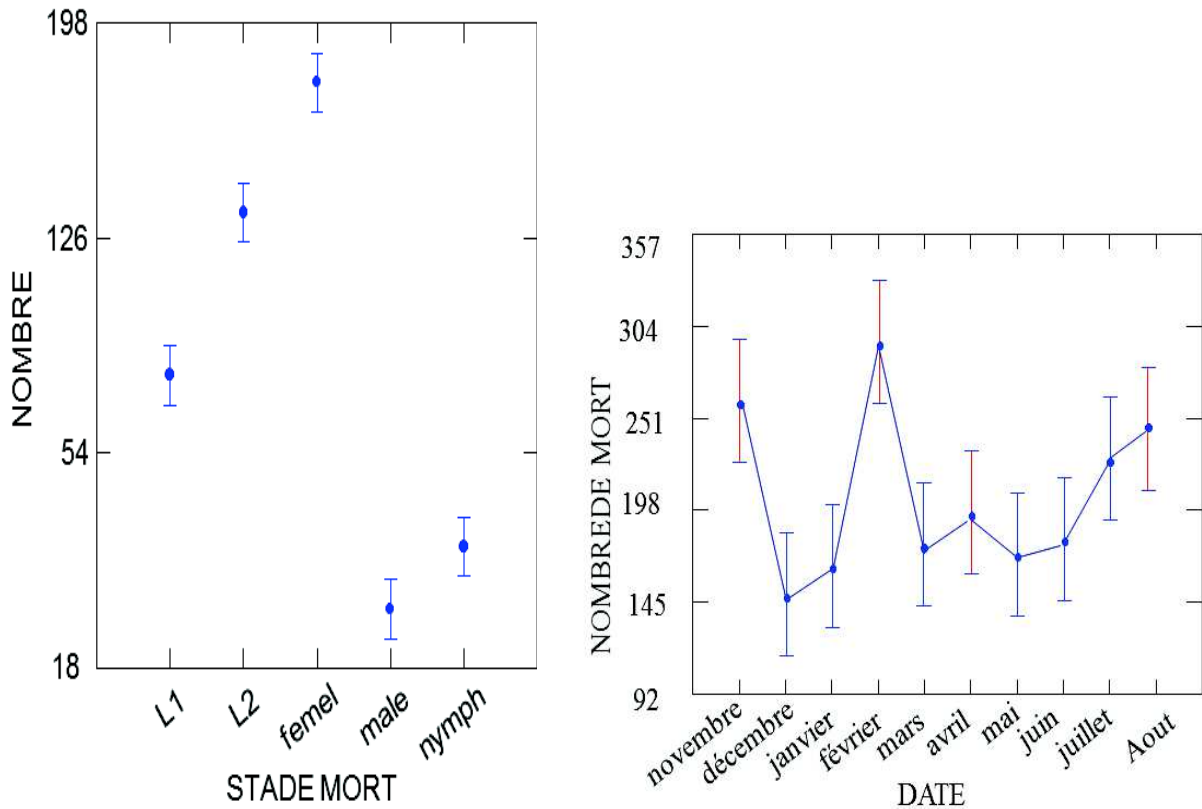


Figure 51 : Mortalité globale et temporelle des populations de *P. ziziphi* (Test: G.L.M).

Nous remarquons une différence très significative entre le nombre de morts par exposition ($p=0,004$) et significative selon le stade évolutif ($p=0,037$). Tout les stades subissent la mort la plus importante sur l'orientation centre liée au nombre important d'individus de ce stade, suivi de l'orientation sud liée aux conditions du milieu.

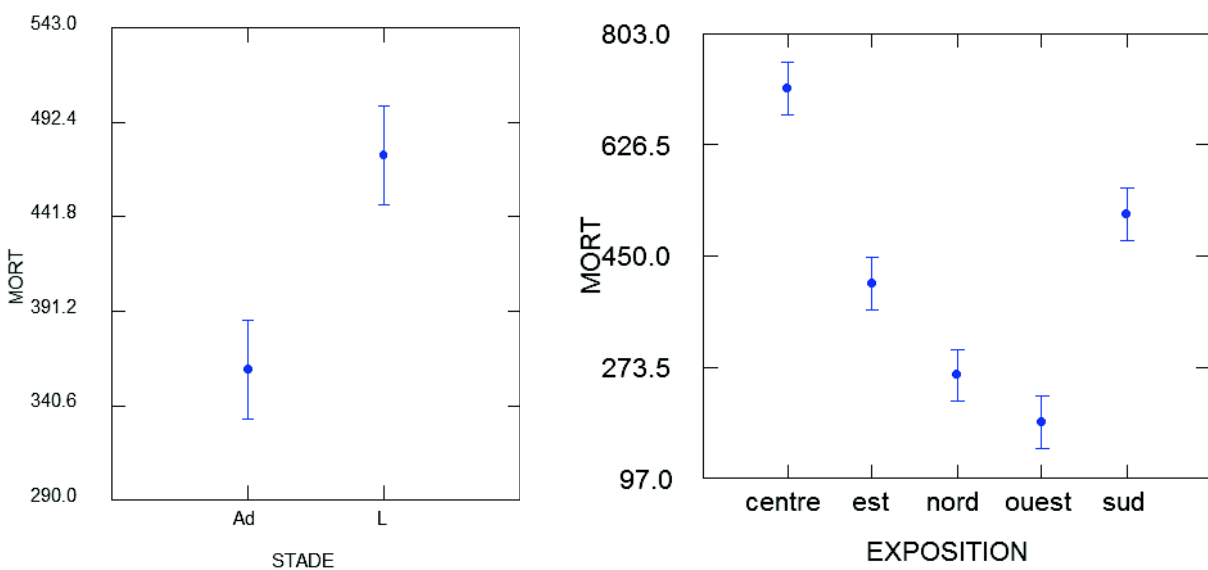


Figure 52 : Mortalité des populations de *P. ziziphi* en fonction des orientations dans la région de Rouiba (Test:G.L.M).

La variation de la mortalité des populations larvaires et adultes dépend d'une manière marginale de l'organe ($p=0,069$) et pas du type de stade évolutif ($p=0,202$), la face supérieure favorise une mortalité plus élevée surtout chez les larves qui sont plus sensibles que les adultes en raison de leurs bouclier fragile.

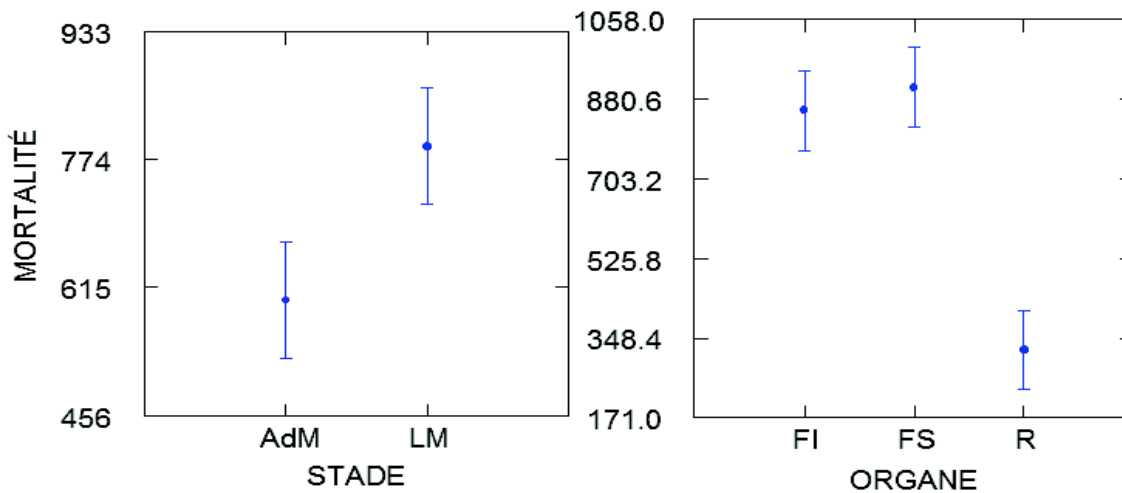


Figure 53 : Mortalité des populations de *P. ziziphi* en fonction des organes dans la région de Rouiba (Test:G.L.M).

❖ Discussion

Les cochenilles ou les coccidés sont les plus évolués des Hémiptères. Elles méritent une mention particulière tant par leur intérêt zoologique que par leur importance économique. Elles mènent une vie sédentaire très stricte, caractérisée par des mœurs de parasites fixés, exclusivement phytophage (**Grassé, 1951**). Elles sont des espèces phytophages se nourrissant de la sève élaborée de leur plante hôte (**Germain et Matile-Ferrero, 2005**). Selon **Berkani (1995)**, l'évolution des cochenilles est intimement liée à celle des *Citrus* qui l'hébergent. L'évolution de ce végétal-hôte se traduit par l'apparition de nouvelles poussées de sève. Pour comprendre le comportement d'une espèce, il est nécessaire de connaître ses traits de vie et les effets de ses interactions intra et interspécifique (**Maher, 2002**).

A la lumière des résultats obtenus, on peut conclure le pou noir de l'oranger présente trois périodes d'activité sur l'oranger : une estivale, une automnale et une printanière. Elles coïncident parfaitement avec les trois poussées de sève du l'oranger. Ces périodes offrent probablement à la cochenille les meilleures conditions pour son développement.

Tandis que, selon **Biche (2012)**, le nombre de générations varie entre 3 et 4 selon les conditions climatiques et le milieu, elles sont toutes chevauchantes. Les individus de tous les stades de développement peuvent être observés durant toute l'année. En Egypte, par exemple, où les conditions climatiques diffèrent de celles de l'Algérie, **Salama et al., 1985** a compté 3 générations par an. **Amin et Salem (1978)**, **Sweilem et al., (1987)** ont compté 2 générations par an. Alors qu'en Chine, **Huang et al (1988)** ont compté 3 à 4 générations par an.

Selon **Belguendouz et al., 2008**, les conditions climatiques saisonnières et la plante hôte constituent un facteur régulateur de l'évolution de cette diaspine : le printemps est la saison la plus favorable à la pullulation de *P.ziziphi*. De même que l'évolution de cette diaspine est conditionnée par l'état physiologique de la plante hôte. Selon les mêmes auteurs, cette cochenille développe trois générations : une printanière, une estivale et une automnale avec mais elle peut développer une quatrième génération supplémentaire en été.

De même, selon **Takarli (2012)**, les poussées de sève printanières ont permis à la population de *P.ziziphi* d'atteindre le pic enregistré au printemps. Cependant, les facteurs climatiques, température et pluviométrie, saisonnières et la plante hôte constituent un facteur régulateur de la distribution temporelle de *P.ziziphi* : la cochenille développe alors deux générations une hivernale et une printanières avec une abondance différente au cours du temps.

Le climat sous l'influence combinée de la température, de l'hygrométrie et de la plante hôte agit quant à lui directement sur la répartition spatiale et temporelle des populations de la cochenille. Ces facteurs sont les principaux facteurs régulateurs de l'évolution des populations de la cochenille (**Belguendouz et al., 2008**).

Cependant les conditions nutritionnelles recherchées par les cochenilles sont sans doute un facteur déterminant pour le choix de l'emplacement à s'installer, soit sur les feuilles plutôt que sur les rameaux en vue de leur richesse en éléments nutritifs qui sont importants à leur développement. De plus, la face inférieure offre un certain microclimat favorable pour le maintien de cette cochenille du fait de faible incidence lumineuse et d'autres facteurs climatiques agressifs.

Par ailleurs, l'ombre crée des conditions microclimatiques favorables avec une évaporation très faible et une humidité plus intense influant la population de la cochenille (**Smirnoff, 1957**). Cette abondance des adultes à la face inférieure est liée éventuellement à l'influence de l'ombre (**Balachowsky, 1939**). De même, les résultats obtenus montrent que *P.ziziphi* se répartit d'une manière contagieuse durant toute sa durée de vie sur les deux faces des feuilles. Nos résultats concordent avec ceux trouvés par Gherbi (2010). Par contre Mouas (1987), Khoudour(1988), Adda (2006) et Adda (2010), notent que le taux le plus élevé de la population vivante de *L.beckii* se localise au niveau de la face supérieure des feuilles.

Toutefois, l'augmentation du nombre de cochenilles remarquée au cours de la durée qui a suivi la fin d'hiver, est le résultat des fortes pluies causant la fuite des auxiliaires. Alors que pour les cochenilles leurs boucliers les protègent, aussi bien des intempéries que des traitements phytosanitaires (**Takarli, 2012**).

De même, **Benassy (1975)**, 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.

Par ailleurs, les différents stades sont chevauchants, c'est-à-dire que nous les avons observés, durant presque dans tous les prélèvements. Ce qui est confirmé par les travaux de **Benassy (1975)** qui explique que l'influence climatique se traduit un décalage de la date d'apparition des diverses générations et l'échelonnement des périodes d'éclosion. On constate, en outre, que les différents stades ne dépassent pas 30%, exception faite pour les femelles dont les pourcentages excèdent les 50%. A notre avis, c'est le seul stade qui constitue une forme de résistance, surtout, contre les basses températures et les fortes précipitations. En effet, le bouclier des stades immatures et des nymphes sont plus sensibles. La durée de vie des mâles est liée à la fécondation c'est la raison pour laquelle, ils sont très rares et ne dépassent pas 0.83%.

Il est à noter que, les mâles sont généralement rares, et ils deviennent abondants que sous certaines conditions climatiques (**Grassé, 1970**). Néanmoins, le bouclier des mâles n'adhère pas fortement au substrat (feuilles) et peut être détaché facilement du végétal sous l'action des facteurs climatiques, surtout lorsqu'il est vide. Ceci peut constituer une source d'erreur dans le

comptage. En effet, les facteurs climatiques saisonniers sont les plus rigoureux, et réunissent toutes les conditions néfastes au développement de la cochenille (**Haddar, 2002**).

On peut dire qu'il y a une étroite relation entre le ravageur et la plante hôte et que l'action métabolique de cette dernière combine avec celle des températures sont les facteurs essentiels dans la répartition spatio-temporelle de la cochenille. La plante hôte peut intervenir comme un véritable facteur écologique qui associe son action à celle des autres agents de régulation (**Biche et Sellami, 1999**.)

Concernant la répartition cardinale, nos résultats concordent avec ceux obtenus par **Gharbi (2010)** et **Meghazi (2010)** dans leurs études de *Lepidosaphes beckii* sur oranger dans la région de Rouiba. Par ailleurs, les études menées par **Mouas (1987)** sur le clémentinier à Annaba et **Khoudour (1988)** dans la région de Chebli, montrent que *L.beckii* affectionne l'orientation nord.

L'influence de la plante hôte sur les populations des cochenilles se manifeste avant tout par le choix de l'organe végétal. Au vu des résultats enregistrés sur la répartition de cette cochenille en fonction de l'organe végétal, nous pouvons conclure que cette espèce est active beaucoup plus sur les feuilles que sur les rameaux et, en particulier la face inférieure de la feuille qui représente un milieu favorable au bon développement de cette dernière.

Compte tenu des résultats obtenus lors de notre expérimentation, on peut dire que la fécondité de *P.ziziphi* présente trois périodes de ponte : une ponte printanière et une ponte automno-hivernale et une ponte estivale. Mais elle atteint son maximum pendant le printemps. La plus forte fécondité est enregistrée durant le printemps. Les conditions microclimatiques créent au sein de l'arbre, favorisent cette fécondité. De plus, les feuilles semblent offrir à la cochenille des conditions nutritionnelles meilleures que sur les rameaux.

Les cochenilles en période d'hivernation et notamment au stade adulte femelle fécondée emmagasinent durant toute la période hivernale beaucoup de réserves nutritives, ce qui contribue directement au processus de l'ovogenèse et de la multiplication des ovocytes. Ceci a été confirmé lors de la ponte printanière et estivale, (**Biche, 1987**). D'après le même auteur, il ressort aussi que les températures estivales comprises entre 30 et 35°C diminuent la période d'oviposition et le nombre d'œufs. **Bourijate et Bonafonte (1982)**, estiment de leur côté qu'un

accouplement différé provoque une baisse de fécondité dans certaines espèces (genre *Parlatoria*) et une diminution de la période d'oviposition avec une augmentation de la ponte initiale dans les espèces à fécondité inchangée telles que *A.aurantii* et *L.beckii*.

En Chine, *P. ziziphi* présente 3 à 4 générations par an et hiverne sous la forme adulte. La période de ponte dure de 79 à 135 jours et les œufs nécessitent entre 7,8 et 11,6 jours pour éclore (le taux d'éclosion variant entre 89,7 et 99,7 %) (**Huang et al., 1988**).

Praloron (1971) signale que la femelle de *P.ziziphi* pond de 10 à 20 œufs. Il y a 4 à 5 génération par an, parfois 6 dans les pays où les conditions sont favorables. Bien que le taux de multiplication soit très faible, cet insecte est un ennemi sérieux des agrumes.

L'effet de l'orientation sur la fécondité de la cochenille semble être vraisemblablement en relation directe avec les conditions microclimatiques créées au sein de l'arbre, ainsi que les feuilles semblent offrir à la cochenille des conditions nutritionnelles meilleures que sur les rameaux.

L'influence du facteur « hôte » sur la cochenille se révèle par une mortalité plus ou moins élevée, un allongement de la durée du développement et par des modifications de sa fécondité cela est en fonction de la variété de la plante hôte et de son état physiologique (**Hafez et Salama, 1969**), elle agit également sur la durée de cycle, sur la taille, sur la fécondité et sur la sex-ratio (**Biche et Sellami, 1999**).

Les résultats obtenus montrent que la mortalité est élevée durant toute l'année. Les causes de mortalité chez *P.ziziphi* sont différentes selon le stade de la cochenille. Elles sont d'ordre climatique et les traitements chimiques pour les stades larvaires du fait l'absence ou de la finesse de leurs boucliers protecteurs, et d'ordre physiologique pour les stades adultes. Une fois que les femelles expulsent leurs œufs, elles se dessèchent et meurent naturellement. Les mâles sont sensibles et se dessèchent rapidement sous les températures fortes

Selon **Dajoz (1985)**, les facteurs écologiques agissent sur les êtres vivants en modifiant leurs taux de la mortalité, ainsi que sur les cycles de développement, et alors sur les densités des populations. La mortalité naturelle affecte tous les stades, mais à des degrés différents.

Pour les jeunes stades, elle est due aux conditions climatiques et pour les femelles adultes est de nature physiologique. La mortalité des mâles est due à leur sensibilité aux fortes températures (**Belguendouz et al., 2008**).

Bien que les conditions climatiques jouent un rôle très important dans la distribution spatiale des cochenilles diaspines au niveau d'un arbre, il nous est donc impossible d'apprécier l'effet de l'orientation sur la mortalité des cochenilles

Les endroits les plus exposés aux aléas climatiques sont les plus néfastes au développement de la cochenille. En effet les feuilles restent la partie la plus exposées à ces aléas, et il semblerait que l'épaisseur de l'écorce des rameaux et la rugosité des épidermes restent des endroits défavorables au développement de cette cochenille.

L'examen de la mortalité montre que celle-ci touche plus de 20% des individus du Pou noir de l'oranger. Cependant, elle est inversement proportionnelle avec l'âge ; en d'autres termes, plus le stade est jeune et moins ses chances de survie sont grandes. C'est ce que constatent **Belguendouz et al., (2008)** et expliquent que la mortalité affecte tous les stades de *P.ziziphi*, mais à des degrés différents. Pour ces auteurs, elle est due aux aléas climatiques pour les jeunes stades et beaucoup plus physiologique chez les femelles adultes. Les mâles, quant à eux, sont sensibles et se dessèchent rapidement sous l'action des températures élevées.

Conclusion

Les conclusions relatives au nombre de génération de *P.ziziphi* sont plus délicates. On peut diagnostiquer à peu près sûrement trois générations, mais cela ne sera qu'une présomption.

Les travaux effectués dans ce sens ont pu montrer qu'une diapause estivale peut apparaître chez une partie de la génération de printemps, ce qui est indiscernable sur les relevés de structure démographique. De même les individus fixés en début d'hiver ne donnent des femelles pondueuses qu'au début de l'été suivant.

Si, à chaque génération, une partie de la population peut évoluer en cycle court et l'autre en cycle long l'étude démographique quantitative devra alors pouvoir déterminer les proportions respectives de ces deux fractions, et ce renseignement ne peut être fourni par l'analyse directe de structure. Pour réaliser l'étude démographique, il paraît dès lors nécessaire de s'abstraire du chevauchement de générations ou, en d'autres termes, d'analyser le processus d'installation des générations successives de l'insecte sur son hôte

D'après ces résultats, on peut remarquer la sensibilité de quelques stades de *P.ziziphi*, cela mène à déduire que les différents stades de la cochenille manifestent des préférences qui peuvent être totalement différentes d'un stade à un autre, en recherchant les conditions les plus favorables à leur développement. Ces résultats sont significatifs à côté de ceux obtenus par **Haddar (2002)**.

Partie II : Résultats des analyses physicochimiques du sol

1 – Analyses physiques

1.1 – Le Carbone et la Matière Organique (MO)

Les résultats repris dans le tableau n°12, montrent que le taux de la matière organique (MO) dans le verger d'étude est très faible. Il ne dépassant pas 3,13%, durant les différents prélèvements qui ont été effectués.

Tableau 12 : Résultat des analyses de la matière organique.

N°d'ech	novembre	décembre	février	mars	avril	juillet
% MO	2.32	1.98	3.13	1.07	1.79	1.60

La moyenne des teneurs de matière organique obtenus durant toute la période d'étude donne (1,98%). Ceci nous indique que le verger d'étude est pauvre en matière organique où l'on note des teneurs élevées durant la période automno-hivernale. Elle atteignent leur maximum au cours du mois de février avec 3,13%. Par contre, leur minimum est enregistré durant le mois de mars avec 1,07%.

Les teneurs en MO dépendent en général des principales propriétés des sols (capacité d'échange cationique, rétention d'eau, stabilité des agrégats...). Les relations entre paramètres sont souvent complexes et rarement linéaires. Toutefois, **Kemper et Koch (1966)** ont démontré qu'une teneur de 2 % en MO pouvait être considérée comme une valeur seuil en-dessous de laquelle les agrégats deviennent instables, augmentant ainsi les risques de dégradation (érosion, désertification...). Depuis lors, cette valeur seuil est utilisée comme valeur critique dans de nombreuses publications scientifiques (**Van Camp et al., 2004**).

1.2 - Calcaire total (CaCO₃)

Le calcaire total : c'est l'ensemble du calcaire de sol représente sous toutes dimensions (toutes les tailles). Sa quantité dans le sol peut être déterminée après sa dissolution par un acide moyennement concentré.

Le tableau n°13 présente les résultats de nos analyses comparées aux normes d'interprétation du taux du calcaire du sol, proposées par (Geppa in Baize, 1988) :

Tableau n° 13 : Normes d'interprétation du taux du calcaire du sol (proposées par Baize, 1988) et les résultats d'analyse du sol en CaCO₃.

Normes		Nos résultats		
Taux du calcaire	Appréciation	Date	% CaCO ₃	Appréciation
< 1 %	Non calcaire	Novembre	0,71	Non calcaire
1 à 5 %	Peu calcaire	Décembre	0,92	
5 à 25 %	Modérément calcaire	Février	0,71	
25 à 50 %	Fortement calcaire	Mars	0,82	
50 à 80 %	Très fortement calcaire	Avril	0,71	
> 80 %	Excessivement calcaire	juillet	0,67	

En comparant les valeurs obtenues à celles signalées par (Baize, 1988), nous constatons que le sol de l'oranger n'est pas du tout calcaire. Soltner (1999), indique que plus le sol est calcaire et plus il bloque la matière organique. Dans notre cas on peut dire que le taux faible de la matière organique enregistré n'a aucune relation avec le taux de calcaire par ce qu'il est faible dans notre verger.

1.3 – Le pH

Le pH est un paramètre important dans la dynamique du sol. Leur degré d'acidité ou de basicité joue un rôle très important sur l'assimilation des éléments nutritifs par la plante. Il influe sur trois composantes importantes de la fertilité d'un sol : la biodisponibilité des nutriments, l'activité biologique et la stabilité structurale. La variation de pH dépend des variations saisonniers et le pouvoir tampon du sol (le nombre d'ions en réserve sur le complexe argilo-humique), l'état hydrique du sol, sa température et la présence ou non d'une culture en période de croissance active.

La largeur des bandes n'indique pas les quantité de chaque élément susceptible d'être assimilées par la plantes, mais l'influence favorable ou défavorable de chaque valeur du pH pour la disponibilité maximale de l'élément nutritif (fig.54). Dans beaucoup de cas, les carences en oligo-éléments sont dues à un pH du sol trop faible (sol acide) ou plus fréquemment un pH du sol trop élevé (sol alcalin) (FAO., 2003). Ce dernier entraîne la formation d'hydroxydes insolubles (Heller *et al.*, 1998).

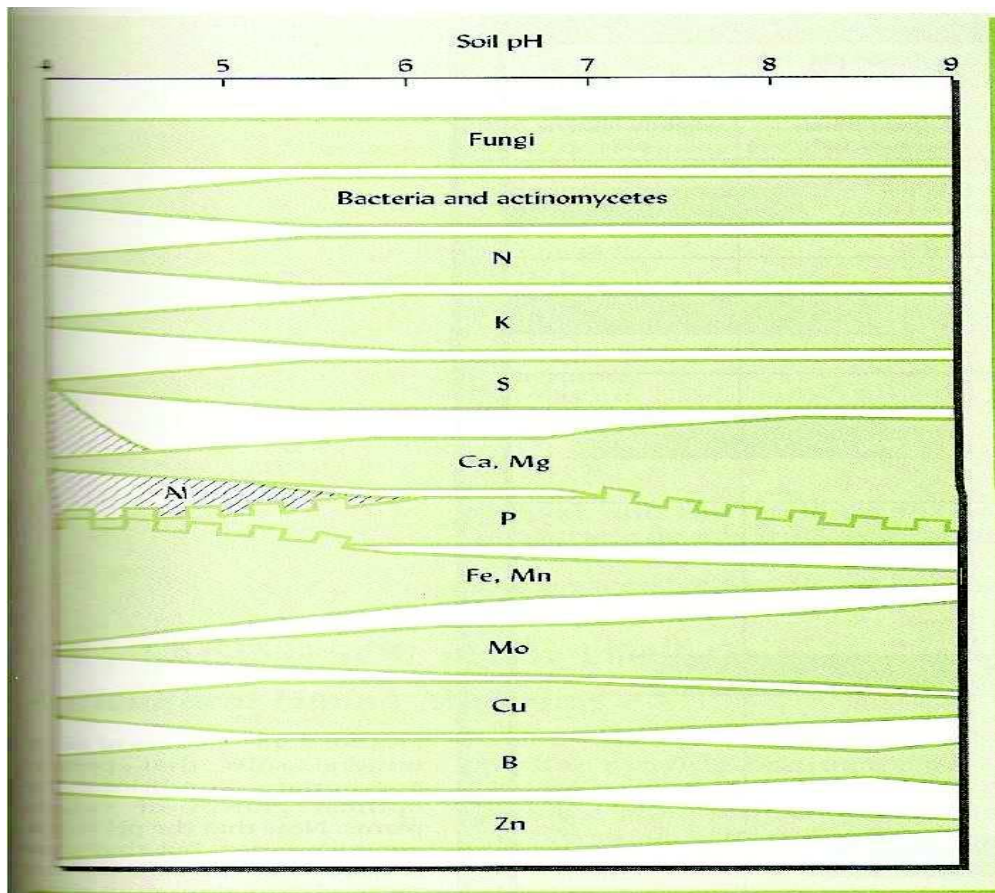


Figure 54: Relations existant dans les sols minéraux entre le pH et la disponibilité des éléments nutritifs pour les végétaux (Brady et Weil, 2008).

Les résultats des analyses concernant le pH sont mentionnés dans le tableau sous-dessous où on les compare avec l'échelle d'interprétation du pH :

Tableau n°14: Echelle d'interprétation du pH eau et les résultats d'analyse du sol

Normes		Nos résultats		
pH	Appréciation	Date	PH d'eau	Appréciation
< 5,5	Fortement acide	Novembre	7,6	Alcalin
5,5 - 6,5	Acide	Décembre	7,8	
6,5 - 6,8	Très légèrement acide	Février	7,65	
6,8 - 7,2	Voisin de la neutralité	Mars	7,55	
7,2 - 7,5	Légèrement alcalin	Avril	7,8	
7,5 - 8,5	Alcalin	Juillet	7,75	
> 8,5	Fortement alcalin			

On compare nos résultats à l'échelle d'interprétation du pH eau signalé par **Gagnard et al., (1988)** (tab.12), on trouve que le pH varie entre 7,55 et 7,8 dans le sol du verger étudié. Ceci indique que le sol est alcalin avec une moyenne de 7,7. Les valeurs élevées du pH (7,5 à 8,5) sont fréquemment corrélatives de difficulté d'assimilabilité par les plantes de certains éléments qui leurs sont indispensables (Phosphore, zinc, manganèse, cuivre et fer) (**Gros, 1979 et Morel, 1996 in Bensaadi, 2004**).

Le pH alcalin enregistré est causé par la pauvreté de sol en matière organique. Nos résultats confirment ceux de **Mustin (1987)**, qui indique que le pH dépend de la concentration en ions H^+ provenant de l'oxydation du carbone de la matière organique.

La valeur du pH eau favorable à l'arboriculture oscille entre 6,0 et 7,5 (**Gautier, 2001**) et (**Bertschinger et al., 2003**).

• **l'acidité échangeable**

Elle est due à l'aluminium et l'hydrogène adsorbés sur le complexe, facilement échangeables par d'autres cations, comme avec K^+ dans une solution de KCl.

Le pH KCl est toujours inférieur au pH eau, l'écart entre les 2 varie de 0,2 à 1,5 :

l'acidité échangeable	Appréciation
$\Delta pH < 0.5$	acidité échangeable faible
$0.5 < \Delta pH < 1$	acidité échangeable moyenne
$\Delta pH > 1$	acidité échangeable élevée

Tableau n°15: Résultats d'analyse de l'acidité échangeable

N°d'ech	Novembre	Décembre	Février	mars	avril	Juillet
pH d'eau	7,6	7.8	7.65	7.55	7.8	7.75
pH KCl	6.9	6.9	6.8	6.5	6.7	7.3
L'ecart	0.7	0.9	0.85	0.75	1.1	0.45

Les résultats reporté dans le tableau ci-dessus montrent que l'écart moyen entre le pH d'eau et le pH de KCl est de l'ordre 0,8, indiquant que l'acidité échangeable est moyenne dans le sol étudié.

1.4 - Conductivité électrique (CE)

La salure d'un sol est due aux sels solubles en générale qui sont les chlorures, les sulfates, les carbonates, les bicarbonates et parfois les nitrates. Pour déterminer cette salure on mesure la conductivité électrique de l'extrait de saturation d'une pâte de sol. La conductivité électrique définit la quantité totale en sels solubles correspondant à la salinité globale du sol, elle dépend de la teneur et de la nature des sels solubles présents dans ce sol (**Guessou, 2001**). La salinité globale de la pâte saturée est déterminée par la mesure de la (CE) exprimée en mmhos/cm et corrigée à une température 25°C

Tableau n°16 : l'échelle internationale de mesure de la salinité pédologique et les résultats des analyses effectués de la conductivité électrique du sol

Normes		Nos résultats		
CE (mmhos/cm)	Qualification	Date	CE (mmhos/cm)	Qualification
0-2	Non salin	Novembre	1,25	Non salin
2-4	Très faiblement salin	Décembre	1,45	
4-8	Salinité modérée	Février	1,44	
8-16	Fortement salin	Mars	1,57	
>16	Très fortement salin	Avril	1,66	
		Juillet	1,39	

Les valeurs obtenues pour le paramètre de la conductivité électrique sont de l'ordre de 1,25 à 1,66 milliMhos/cm, et en se référant à l'échelle internationale de mesure de la salinité pédologique, on peut dire que le sol de la zone d'étude est non salin.

2 - Analyse chimique

Les analyses chimiques ont pour but la détermination des quantités d'éléments nutritifs à mettre à la disposition de la culture. Les résultats de l'analyse chimique du sol de la parcelle étudiée sont mentionnés dans les tableaux n° 17 et 18.

Tableau n° 17 : Résultats des analyses chimiques du sol.

Date d'échant	Eléments nutritifs			N%	C%	C/N
	Azote assimilable %	Phosphore assimilable %	Potassium assimilable %			
Novembre	0,00115	0,015338	0,02911	0,11	1.35	12,27
Décembre	0,00098	0,006619	0,03214	0,16	1.15	7,19
Février	0,00112	0,012554	0,02631	0,19	1.82	9,58
Mars	0,00109	0,009223	0,03187	0,073	0.62	8,49
Avril	0,00172	0,015877	0,02031	0,16	1.04	6,50
Juillet	0,00104	0,010508	0,05214	0,12	0.93	7,75

Tableau n° 18 : Résultats des analyses chimiques du sol (suite).

Date d'échant	CEC méq/100g	V%	Les bases échangeables méq/100g		
			K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
novembre	33,58	127,58	3,52	37,4	1,92
décembre	32,81	129,66	5,61	35,6	1,33
Février	32,87	142,23	3,75	40,9	2,1
Mars	35,9	129,78	5,3	39,54	1,75
Avril	36,23	137,54	2,98	44,54	2,31
Juillet	34,06	134,32	7,51	36,62	1,62

2.1. - L'Azote total

En comparant les résultats obtenus aux normes (tab. 19), le sol du verger d'étude est riche en azote total.

Les agrumes sont pourvus d'une racine pivotante profonde et de racines superficielles qui s'étalent en surface. **Heller *et al.*, (1998)** indique que dans une bonne terre végétale, la teneur en Azote du sol soit de l'ordre d'un gramme par kilogramme de terre dans les horizons superficiels, dont 1 à 2% de cette quantité est sous forme minérale et le reste est essentiellement sous forme organique

Tableau n° 19 : Normes d'interprétation pour l'Azote (Calvet et Vellemin, 1986)

Azote (%)	Très pauvre	Pauvre	Moyen	Riche	Très riche
	< 0.05	0.05- 0.1	0.1- 0.15	0.15- 0.25	> 0.25

2.2. – Le rapport C/N

Le rapport C/N, fournit d’utiles indications sur l’évolution de la matière organique du sol c'est-à-dire de son aptitude à se décomposer plus ou moins rapidement dans le sol.

Les résultats obtenus après analyse des échantillons de sol montrent des valeurs de C/N inférieures à 12. En se référant au classement des sols selon LCA, (2008) (Tab.17), nous pouvons dire que le degré de la minéralisation ou de la décomposition de MO est bon.

Dans les sols cultivés, le rapport C/N s'abaisse davantage et traduit soit par une bonne activité biologique qui conduit à la minéralisation de la matière organique (C/N inférieur à 10), soit par une activité biologique réduite qui conduit à une humification (C/N supérieur à 10) (Soltner, 1999).

Selon **Duchaufeur (1977)**, les M.O à C/N bas se décomposent vite et libèrent une forte proportion d'Azote minéral (ammonification).

Tableau n°20 : Classement des sols en fonction de leur rapport C/N (LCA, 2008)

C/N	6	8	9	10	11	12	14	
Appréhension	Très faible	Faible		Normal		Légèrement élevé	Élevé	Très élevé
Signification	Sol à décomposition rapide de la matière organique		Bonne décomposition de la matière organique			Sol d'activité biologique réduite ramenant à une décomposition lente de la matière organique		

2.3 – Les éléments nutritifs

2.3.1 – L’Azote assimilable

La quantité d'Azote minéralisée représente la quantité accessible à la plante, c'est pourquoi l'offre du sol est constamment changeante, ce qui explique l'importance du fractionnement des apports. Les résultats obtenus (Tab. 17) montrent que le sol du verger d’étude présente des teneurs en Azote faibles. Le sol n'a plus de réserves de nutriments à cause du taux faible de la matière organique (1,98%). Cela agit négativement sur le sol où il peut provoquer une limitation de la biomasse du sol, impliquant une baisse de fertilité du sol et son

incapacité à s'adapter aux conditions de culture (en cas de stress, la plante souffrira immédiatement). Si C/N est très élevé (sup.à 10).

Ces niveaux bas peuvent s'expliquer d'une part, par le manque ou l'insuffisance des apports annuels de la matière organique et les éléments minéraux pratiqués en surface selon l'exigence de la plante de cet élément, le pH alcalin, la faible teneur en matière organique du sol et l'âge très avancé des arbres, et d'autre part, probablement, par la faible activité microbiologique du sol et la structure du sol. Selon **Heller et al., (1998)**, les apports de la matière organique jouent un rôle important à l'approvisionnement du sol en Azote après sa minéralisation. En effet, le fumier est un excellent amendement organique des productions végétales. Il contient de l'Azote sous forme minérale et organique ainsi que de nombreux autres éléments nutritifs (**Tremblay et al., 2001**).

Le manque d'Azote se manifeste par un mauvais état général de l'arbre, un développement réduit et une chlorose des feuilles (**Gautier, 1987**).

2.3.2 – Le Phosphore assimilable

Les agrumes demandent un équilibre en NPK de 1 - 0,3 - 1,2. L'efficacité de la fertilisation sera réduite si le feuillage manque d'espace et de lumière et la végétation trop dense. L'efficacité des engrais peut être considérablement affectée par les maladies. Mais la nutrition minérale peut avoir aussi une incidence sur les parasites (**El-Otmani et al., 2001**).

Le tableau n° 17 montrent que le sol d'une façon globale présente des teneurs en acide phosphorique assimilable très faibles. Ces appréciations nous amènent à remarquer que le sol n'est pas bien entretenu en surface ou il est entraîné en profondeur. D'après **Huguet (1978)**, quelque soit la nature du sol, le Phosphore est un élément très peu mobile et migre en profondeur en très faible quantité.

Tableau n°21 : Normes d'interprétation pour le phosphore assimilable (OLSEN)

P₂O₅ assim %	>0,05	0,06- 0,09	0,10- 0,15	0,16- 0,20	> 0,20
Apprètiation	Très Faible	Faible	Moyenne	Fort	Très fort

Khelil (1989), indique qu'en Algérie, l'apport de la fumure phosphatée enrichit davantage l'horizon de surface. Cet élément ne parvient plus aux racines en raison de sa faible mobilité et de son blocage par le calcaire et le pH alcalin. La réaction de la plante peut être lente à la fumure phosphatée. **Moughli (2000)**, signale que les engrais phosphatés apportés au sol libèrent le Phosphore sous forme de $H_2PO_4^-$ ou HPO_4^{2-} , selon le pH du sol. Les anions du Phosphore qui n'entrent pas en contact avec les racines ne seront plus absorbés et vont réagir avec des cations tels que le Calcium en sol basique, cas de notre verger, et donc moins disponibles pour les plantes. Ces réactions et la nature du sol sont à l'origine de la très faible mobilité du Phosphore dans le sol.

C'est un élément de liaisons et entre dans la constitution des acides nucléiques du noyau et des phospholipides des membranes en favorisant la multiplication cellulaire (**Binet et Prunet, 1967 ; Heller, 1984 ; Khelil, 1989 ; Lafon et al., 1996 ; Heller et al., 1998 ; Soltner, 1999 et I.A.V, 2006**). Il confère un haut pouvoir énergétique (ATP) et de l'activité à certaines molécules (**F.A.O., 2003**) mobile lorsque les organes commencent à vieillir, il migre vers les organes les plus jeunes et il s'avère indispensable à tous les stades de développement du végétal surtout en période de croissance (**Gautier, 1987**). La carence en Phosphore est assez rare (**Bretonneau et Fauré, 1992**) quand elle apparaît, elle se manifeste généralement en premier lieu sur les organes les plus âgés (**Matrin et al., 1984**). Donc, un faible enfouissement de la fumure phosphatée s'avère inutile pour approvisionner en Phosphore assimilable les arbres productifs. Avec cette mauvaise disponibilité du Phosphore, il peut y avoir un problème de malnutrition des arbres en cet élément, ceci se confirmera lors de l'interprétation des analyses de la plante. Pour corriger cela, il faut améliorer la texture du sol par des apports en fumure organique et minérale.

2.3.3 – Le Potassium assimilable

En ce qui concerne la teneur en Potassium assimilable, les résultats obtenus (tab. 15) nous permettent de dire que le sol est riche en Potassium assimilable dans le verger d'oranger. La teneur des sols en Potassium diffère d'après la composition minéralogique de la roche mère et l'intensité des pertes, par exportation, le lessivage et l'érosion (**Halilat, 1993 et Halilat et al., 2000**).

2.4 – Les bases échangeables

2.4.1 – Calcium (Ca⁺⁺)

Les valeurs obtenues montrent que le sol présente des teneurs élevées en Calcium échangeable. Ce taux élevé en Calcium peut engendrer des phénomènes de blocage de plusieurs éléments surtout avec la faiblesse de la matière organique. Ce qui a engendré la faiblesse d'assimilation du Phosphore. En Algérie, les déficiences en Calcium n'ont jamais été signalées, car les sols contiennent généralement des quantités suffisantes pour satisfaire les besoins des plantes (Khelil, 1989).

2.4.2 – Magnésium (Mg)

Les valeurs obtenues du Magnésium échangeable (Mg) présentent elles aussi des niveaux élevés dans le sol. On note trois pics de cet élément : le premier au cours du mois de novembre avec 1,92 méq/100g, le deuxième au mois de février avec 2,1 méq/100g et le troisième durant le mois d'avril avec 2,31 méq/100g.

La concentration de Magnésium dans le sol peut varier de 0,05 % à 1,34 %. Cet élément est le constituant central de la chlorophylle. Il participe aussi à des réactions enzymatiques liées au transfert d'énergie (Achille, 2006).

2.4.3 – Le Potassium échangeable (K₂O)

Concernant le Potassium échangeable nous notons les teneurs les plus élevées durant les mois de décembre, mars, et juillet avec respectivement 5,61 ; 5,3 et 7,51 méq/100g. Nous constatons que le sol étudié a des niveaux élevés en Potassium échangeable. Calvet et Villemin, (1986), signalent que la faiblesse des teneurs en argiles d'un sol assurera une meilleure alimentation potassique des cultures.

Le Potassium confère aux arbres une certaine résistance aux maladies et aux ravageurs (Gautier, 1987). C'est un besoin spécifique qu'aucune autre cation ne saurait compenser ni remplacer Calvet et Villemin, (1986), C'est pourquoi, sa carence comme son excès sont nuisibles à la résistance et à la qualité des produits végétaux (Soltner, 1999). La carence en

Potassium perturbe les synthèses protéiques (**Binet et Prunet, 1967**). Enfin, nous signalons, que cette carence est très fréquente en Algérie sur arbres fruitiers et vigne (**Khelil, 1989**). Elle est essentiellement provoquée par une teneur insuffisante du sol en Potassium échangeable et peut survenir dans tous les types de sols.

2.5 – La capacité d'échange en cations (CEC)

La mesure de la **capacité d'échange cationique** permet de connaître le **pouvoir fixateur du sol en éléments nutritifs**.

La **capacité d'échange en cations (CEC)** est la quantité maximale de cations de toutes sortes qu'un poids déterminé de sol peut retenir. Elle joue un rôle fondamental pour l'alimentation minérale de la plante. Elle est exprimée en mEq (milliéquivalents) par 100 grammes de sol. La CEC mesure la capacité du sol à retenir les cations (atomes d'éléments nutritifs chargés positivement) comme Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+} . La glaise et la matière organique sont chargées négativement. Les sols argileux et/ou riches en matière organique ont une CEC élevée et donc un potentiel de rétention de grandes quantités d'éléments nutritifs.

En se référant aux normes d'interprétations (tableau n° 22), nous remarquons que le sol présente des valeurs de la C.E.C très élevées.

Tableau n° 22 : Normes d'interprétation pour la C.E.C (Calvet et Vellemin, 1986)

CEC (cmol+/kg)	Pouvoir fixateur du sol
> 30	très élevé
de 20 à 30	élevé
de 10 à 20	moyen
de 5 à 10	faible
< 5	très faible

Touries et al., (2000) indiquent que la fertilisation organique conduit à une augmentation de la capacité d'échange cationique (cas des sols sableux). Selon **Mustin (1987)**, plus le sol est riche en matière organique stable plus sa capacité d'échange est élevée.

2.6 - Le taux de saturation du sol

Un sol saturé ne renferme pas de protons H^+ et est riche en cations. Les résultats obtenus ont un taux de saturation qui varie de 127,58% à 142,33% dans le verger d'étude. Ce taux est variable d'un sol à l'autre et même d'une année à l'autre pour un seul et même sol. Tout phénomène susceptible de soustraire ou d'ajouter des cations métalliques au complexe le fait varier. Les principaux facteurs influençant le taux de saturation sont :

- la richesse en cations métalliques de la roche-mère;
- la fréquence et l'importance des apports en cations (en particulier en Ca);
- l'importance du lessivage, donc du climat et de la perméabilité du sol.

On recherche un taux de saturation supérieur à 50% pour assurer une bonne alimentation à la plante.

Il existe une relation entre le taux de saturation et l'acidité du sol où ces deux valeurs sont en général inversement proportionnelles : plus un sol est **Saturé**, plus son acidité est **Faible** et son pH **Elevé** ce qui confirme nos résultats.

Conclusion

L'analyse du sol a permis de montrer que celui-ci est un sol non calcaire, faiblement basique. La matière organique du sol s'avère faible suite à l'insuffisance des apports, ce qui se répercuterait sur la stabilité structurale et la fertilité chimique du sol.

L'évolution de la matière organique (apporté sous forme de fumier) appréciée par le rapport C/N, indique une bonne activité biologique favorisée par la nature du sol légère, les fortes températures et l'irrigation abondante appliquées qui ont conduit à une minéralisation rapide de la matière organique.

Les teneurs en N et P_2O_5 sont satisfaisantes à élevées, ceci s'explique par deux faits, le premier est l'apport de la fumure du fond à la plantation, le second concerne les apports annuels en surface. Le K_2O présente un niveau élevé en surface et des niveaux élevés des bases échangeables dans le sol étudié.

Partie III - Fluctuation des populations de *P. ziziphi* en fonction des éléments minéraux

1 - Relation nutritionnelle entre la teneur de sol d'oranger en éléments chimiques et les populations *P.ziziphi*.

A partir des résultats obtenus des analyses chimiques, on peut déduire par comparaison aux normes de **Chapman (1960)**, que le sol présente des teneurs variables d'éléments minéraux durant tous les mois de la période d'étude.

Tableau 23 : Analyse des corrélations entre les éléments minéraux dans le sol d'oranger à 5%

	<i>P.ziziphi</i>	N	P	K	Ca	Mg
<i>P.ziziphi</i>	0	0,16971	0,026362	0,15309	0,089223	0,035344
N	-0,58277	0	0,029943	3,05E-09	0,00010953	0,0046174
P	0,81248	-0,80222	0	0,027637	0,012611	0,0011025
K	-0,60149	0,9997	-0,80874	0	7,31E-05	0,0038942
Ca	0,68539	-0,97985	0,86194	-0,98287	0	0,00042366
Mg	0,78796	-0,90858	0,94891	-0,91472	0,96527	0

D'après le test de corrélation linéaire, *P.ziziphi* est en corrélation positif significative avec la variation du taux du Phosphore dans le sol ($p = 0,0263$, $r = 0,81$). Ce résultat ne concorde pas avec les résultats de **Belguendouz (2014)** qui a mentionné que cette corrélation est négative avec le taux du Phosphore dans les feuilles de clémentinier. Ceci s'explique probablement que cet agrume à peut-être des problèmes d'assimilation de cet élément.

La corrélation de la population est marginalement significative avec le taux de calcium ($p=0,089$, $r=0,685$) et significative avec le taux du magnésium ($p=0,0353$, $r=0,7879$).

les corrélations entre les éléments minéraux : il existe des corrélations hautement significatives entre le taux de l'azote et des éléments P, K, Ca^{++} et le Mg^{++}

2 - Fluctuation globale et comparé des populations de *P. ziziphi* en fonction des éléments minéraux

2.1 - Les éléments nutritifs

2.1.1 – Azote assimilable

Les résultats reportés dans la figure 55 montre qu'il y a une relation étroite bien définie entre le développement de la cochenille *P.ziziphi* et le taux de l'Azote assimilable dans le sol où on assiste des pics de ce dernier coïncidant les mêmes seuils de développement de la cochenille durant la période d'étude. C'est-à-dire les doses d'Azote assimilable les plus élevées correspondent à une pullulation importante de la cochenille (mois de novembre, février et avril). Par contre, le taux le plus faible d'Azote assimilable se traduit par un degré d'infestation très bas (mois de décembre, mars et juillet).

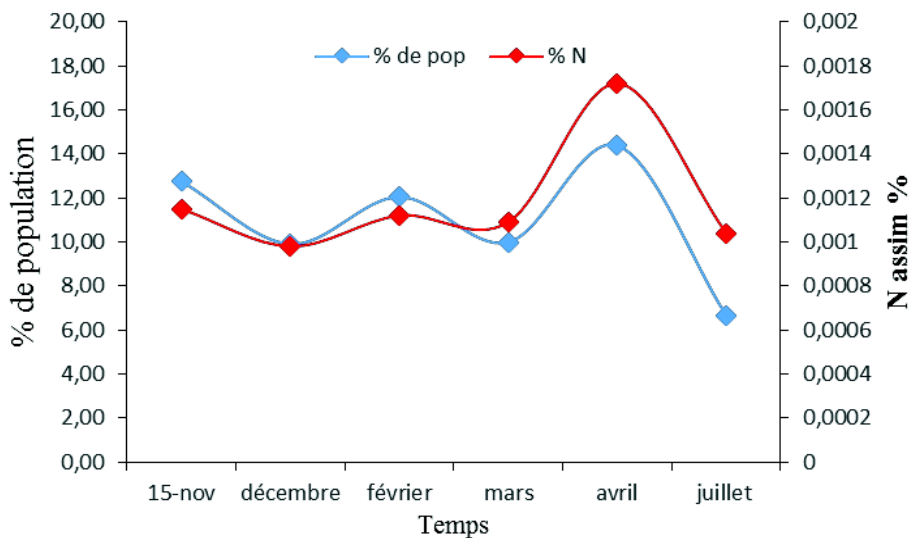


Figure 55 : Fluctuations des populations de *P.ziziphi* en fonction du taux d'Azote assimilable sur oranger à Rouïba

La figure 56 montre la fluctuation des populations de *P. ziziphi* sur oranger en fonction de teneur en Azote assimilable dans le sol. On remarque note que l'Azote agit d'une façon différente sur le développement des stades larvaires et adultes. Dès que l'apparition des stades larvaires on assiste une régression de la teneur en Azote ce qui explique par la consommation de se derniers par les stades larvaires. Concernant les adultes, on peut déduire qu'il existe une synchronisation entre le taux d'Azote et l'abondance des adultes de *P.ziziphi*.

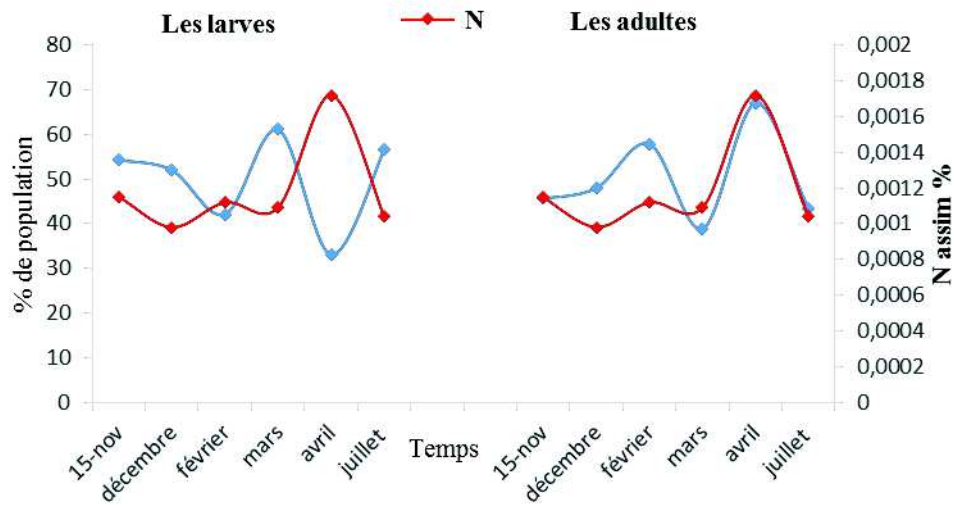


Figure 56: Fluctuations des larves et les adultes de *P.ziziphi* en fonction du taux d'Azote assimilable sur oranger à Rouïba

L'**Azote** est l'élément le plus demandé, le plus fugace et tous les spécialistes et praticiens s'accordent à le reconnaître comme le principal facteur de hauts rendements. Il a une grande influence sur la dynamique de développement de *P.ziziphi*. Nos résultats viennent confirmer celles rapportées par plusieurs auteurs notamment **Brewer et al., (1985)** et **Bidon (1993)**, qui considèrent qu'il y'a une grande influence de l'**Azote** sur les performances de l'insecte ; surtout le développement du stade larvaire qui semble être le plus affecté, quel que soit le taux d'**Azote total**.

Cependant, ces résultats obtenus confirment par ceux des travaux qui étudient la relation nutritionnelle entre la teneur des feuilles des agrumes en éléments chimiques et les populations de *P.ziziphi* de plusieurs auteurs : **Brewer et al., (1985)**, signalent que l'**Azote** influence positivement la vitesse du développement de *P.ziziphi* durant les premiers stades larvaires (jeunes larves) et aussi durant toute la période larvaire. **Saadallah (2014)** montre que l'**Azote** agit positivement sur toute la population de la cochenille, il n'a aucun effet sur l'abondance des femelles. De plus, certains travaux de **Bidon (1993)**, montrent qu'il existe une forte relation entre les performances de l'insecte et le taux d'**Azote**. Le développement larvaire est affecté quel que soit le taux d'**Azote total**. D'ailleurs, cette relation nutritionnelle qui s'établie entre l'**Azote** des feuilles de la plante hôte et le développement des stades évolutifs de la cochenille est bien élucidée lors de cette étude.

En fait, les besoins nutritionnels d'un insecte changent avec le temps selon les besoins de chaque stade évolutif. L'absence de corrélation positive entre la teneur en **Azote** dans le sol et les autres éléments et la population globale est due selon **Saighi (1998)** à la physiologie de l'arbre qui joue un rôle important dans la distribution spatio-temporelle de cette cochenille sans que la population globale soit obligatoirement affectée. Par ailleurs, plusieurs autres travaux notamment ceux de **Southwood, 1978 in Mattson et Haack, 1987 ; McNeill et Delisle, 1989, et Bidon, 1993 in Kumbasli, 2005)** ont conduit à déduire que l'Azote joue un rôle primordial dans la croissance et le développement des insectes phytophages. Cet élément est reconnu par tous les spécialistes et praticiens comme le pilier de la fumure des agrumes le plus demandé, le plus fugace et le principal facteur des hauts rendements.

2.1.2 – Phosphore assimilable

La figure 57 montre également que l'évolution des populations de *P.ziziphi* présente le même comportement vis à vis du Phosphore assimilable, là où on registre la dose la plus élevée au mois d'avril **0,00172 %** qui coïncide avec 14,38% une forte pullulation de la cochenille.

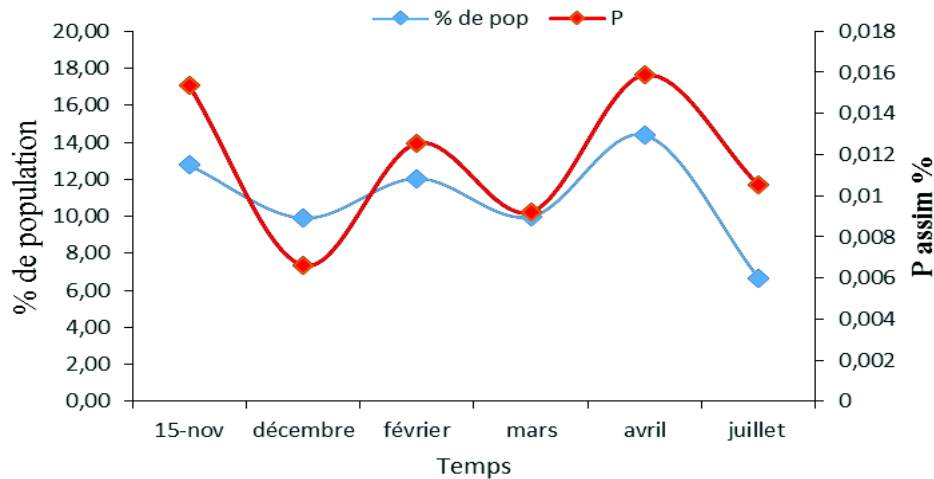


Figure 57 : Fluctuations des populations de *P.ziziphi* en fonction du taux de Phosphore assimilable sur oranger à Rouïba.

La figure 58 montre également que l'évolution des populations larvaires de *P.ziziphi* est influencée par le taux de Phosphore dans le sol où la teneur la plus élevée coïncide avec une faible infestation de cette population. Par contre, l'évolution des populations des adultes présente le même comportement vis à vis du taux du Phosphore assimilable.

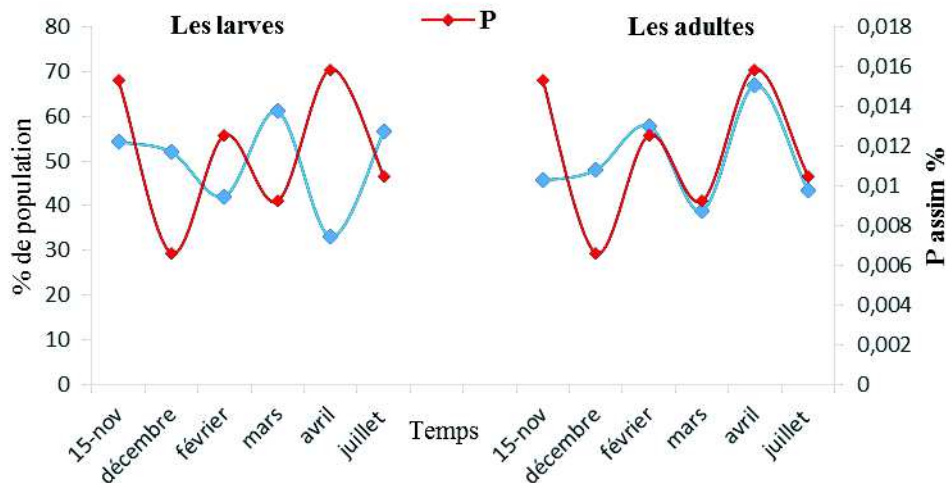


Figure 58 : Fluctuations des larves et des adultes de *P.ziziphi* en fonction du taux de Phosphore assimilable sur oranger à Rouïba.

La plante s'alimente en Phosphore à partir de la solution du sol. Mais, le mauvais travail du sol peut ne pas permettre le bon enfouissement de la fumure minérale **phospho-potassique** (Loussert, 1989). Le pou noir a su, probablement, utiliser les petites quantités de **Phosphore** existantes et qui sont peut-être suffisantes pour son développement, cela peut s'expliquer par les résultats obtenus par Saadallah (2014) qui montrent que le nombre des individus de cet insecte et sa fécondité augmente et diminue avec l'élévation et la régression de cet élément.

Tout comme l'Azote, le **Phosphore** a pratiquement la même importance. Nos résultats vont dans le même sens de ceux de **Belguendouz et al., (2011)** qui pensent qu'il y'a une forte corrélation entre le premier stade larvaire avec sa plante hôte : le clémentinier.

2.1.3 – Potassium assimilable

D'après la superposition de la courbe du degré d'infestation de la cochenille à celle de la concentration du Potassium (Fig. 59), on peut constater que le Potassium agit inversement sur la pullulation de *P. ziziphi*. Il semble jouer un rôle limitant dans le niveau de pullulation de cette cochenille.

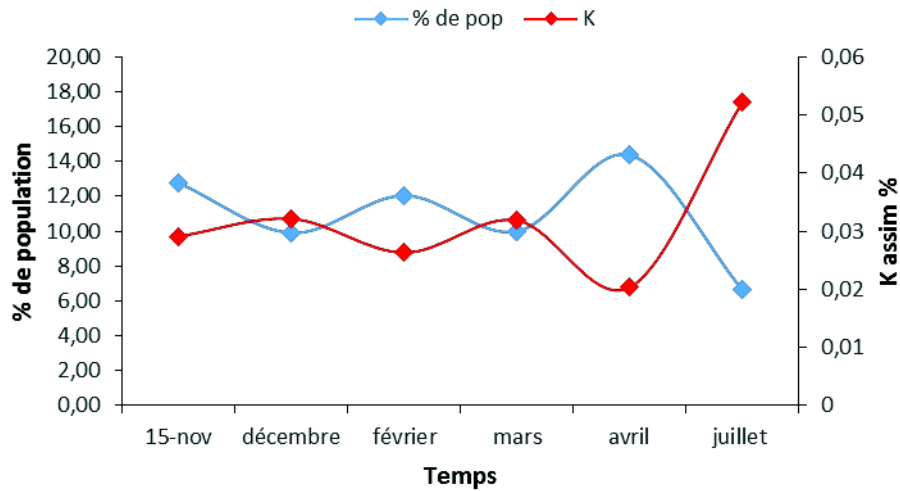


Figure 59 : Fluctuations des populations de *P.ziziphi* en fonction de la teneur en Potassium sur oranger à Rouïba

L'évolution des populations larvaires présente le même comportement vis à vis du Potassium. Par contre, sur la pullulation des adultes de *P. ziziphi* l'effet est inverse. Il semble jouer un rôle limitant de ces populations (Fig.60)

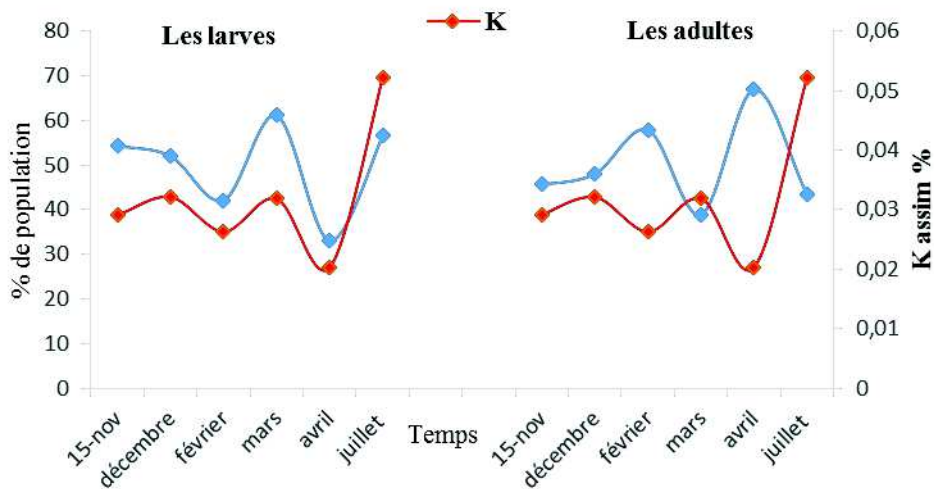


Figure 60 : Fluctuations des larves et des adultes de *P.ziziphi* en fonction de la teneur en Potassium sur oranger à Rouïba

Le Potassium semble jouer un rôle limitateur de la pullulation de cette cochenille. En effet, **Chaboussou (1975)** a montré que les engrais potassiques entraînent d'importantes régressions des attaques de cochenilles sur les *Citrus*. Le Potassium a un rôle dans l'élaboration

des protéines. Une nutrition optimale en Potassium correspond aux teneurs les plus faibles en acides aminés libres. Or, un tel enrichissement de la sève élaborée en acides aminés libres, en glucides solubles, provoque un état biochimique de la plante éminemment favorable à la multiplication des insectes opophages, notamment les pucerons, les cicadelles, les acariens et principalement les cochenilles. Ce même auteur affirme que les ravageurs ont des besoins communs en substances solubles : Tout facteur susceptible de stimuler la protéogénèse, au lieu de l'annihiler ou de la supprimer comme font certains pesticides, pourrait être à même de renforcer la résistance de la plante. Sur la base de ces résultats, nous pouvons dire que la recherche d'une nutrition optimale des Citrus en Potassium, serait doublement bénéfique, d'une part en assurant à la plante un maximum de croissance et de récolte, et d'autre part en provoquant une réduction dans la multiplication de cette cochenille.

2.2 - Les bases échangeables

2.2.1 - Magnésium

D'après la figure 61, nous constatons que les populations de la cochenille sont corrélées aux concentrations du Magnésium.

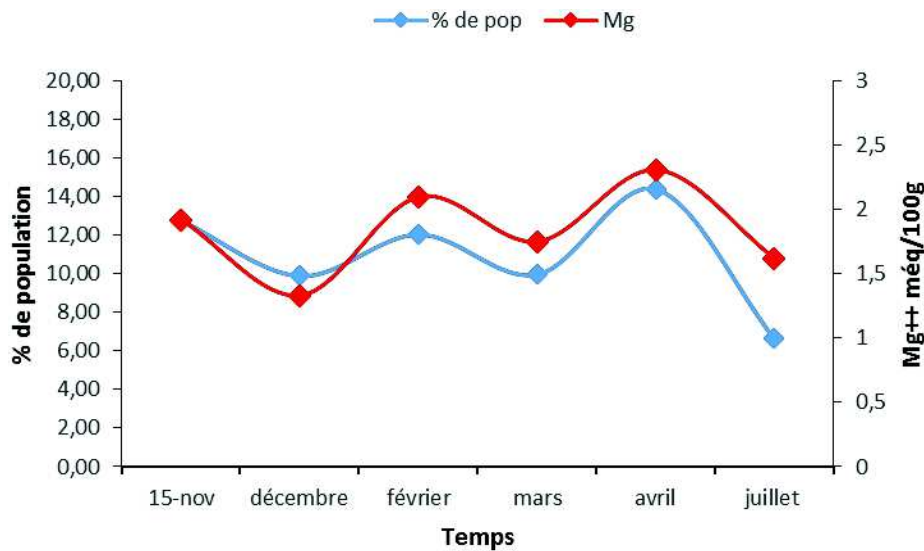


Figure 61 : Fluctuations des populations de *P.ziziphi* en fonction de la teneur en Magnésium sur oranger à Rouïba

L'évolution des stades larvaires et les adultes selon la teneur en Magnésium, les populations de la cochenille sont inversement corrélées aux concentrations du Magnésium, qui à la même action que l'Azote et le Phosphore. (Fig. 62).

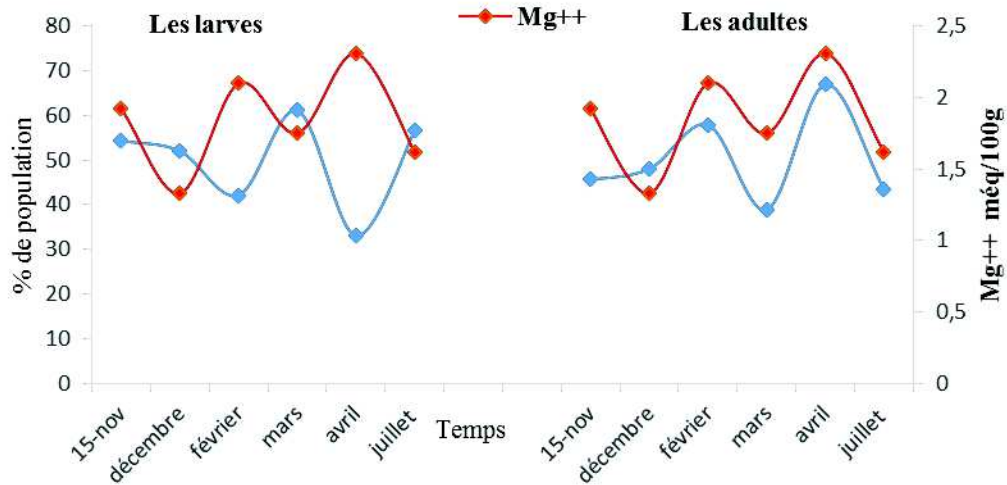


Figure 62 : Fluctuations des larves et des adultes de *P.ziziphi* en fonction de la teneur en Magnésium sur oranger à Rouïba

2.2.2 - Calcium

La figure 63 nous montre bien des taux très élevés du Calcium durant toute la période d'étude, où le taux le plus élevé est noté au mois d'avril, qui correspond à une pullulation importante de cette cochenille. Le mois de juillet présente le taux le plus faible du Calcium et correspond au degré d'infestation le plus bas. On peut déduire qu'il existe une synchronisation entre le taux du Calcium et l'abondance des populations de *P.ziziphi*.

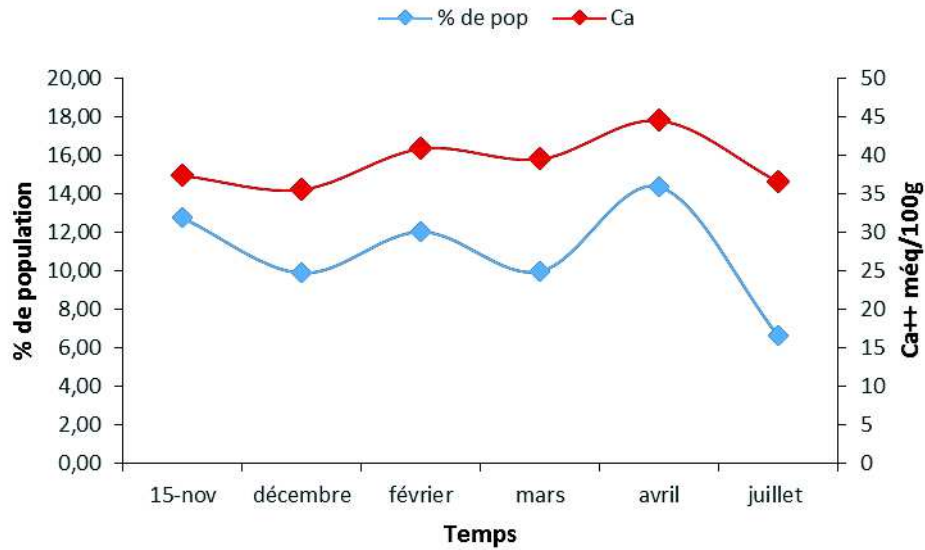


Figure 63 : Fluctuations des populations de *P.ziziphi* en fonction de la teneur en Calcium sur oranger dans la région de Rouïba

En comparant l'effet de teneur du Calcium sur l'évolution des stades larvaires et adultes de *P.ziziphi*, nous remarquons que les deux populations se développent dans des teneurs élevées de cet élément mais, il agit inversement sur l'évolution des larves et positivement avec celle des adultes (Fig.64).

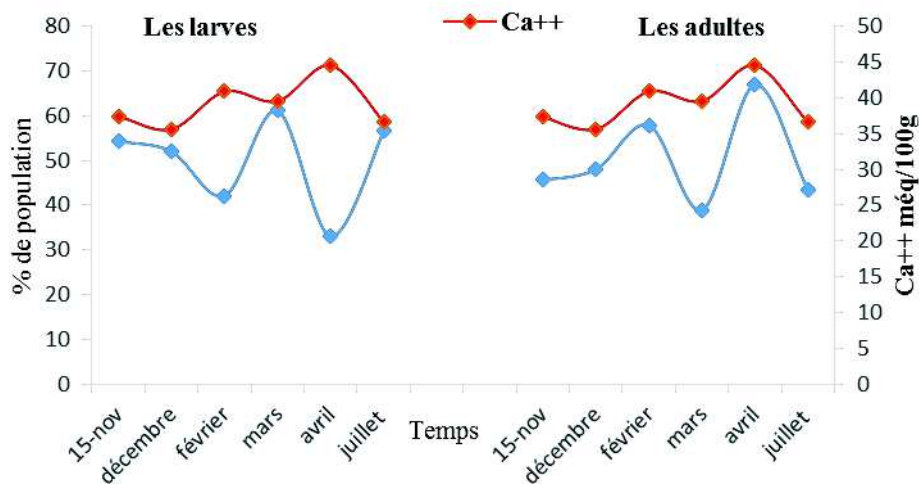


Figure 64 : Fluctuations des larves et des adultes de *P.ziziphi* en fonction de la teneur en Calcium sur oranger dans la région de Rouïba

Selon **Marchal (1909)** et **Martin et al., (1984)**, le Magnésium est le troisième cation majeur : il rentre dans la constitution de la chlorophylle et intervient comme cofacteur indispensable dans un grand nombre de réactions enzymatiques spécifiques. Cet élément favorise la synthèse des protéines, des sucres et des lipides, régularise la réduction des nitrates et influence l'absorption et la translocation des phosphates.

Par ailleurs, diverses observations et expérimentations paraissent bien montrer que certains éléments minéraux n'agissent pas seuls, mais interviennent dans l'équilibre cationique $K/Ca^+ Mg$, et dans l'exercice des rôles propres du Potassium et du Calcium. Selon **Chaboussou (1975)**, les basses concentrations de Mg dans les feuilles des agrumes accompagnées de hauts niveaux de K restreignent le nombre de générations annuelles de *Aonidiella aurantii*.

Il existe une synchronisation entre le taux du Calcium et l'abondance des populations de *P.ziziphi*. Ce phénomène a été observé par **Chaboussou (1975)**, qui a mentionné qu'une certaine prédominance du Calcium et du Magnésium par rapport au Potassium, entraîne des répercussions défavorables en favorisant la multiplication de *A.aurantii* sur *Citrus*. Un bas niveau de Calcium provoque un accroissement significatif de la période du cycle évolutif : de larve à larve. Les basses concentrations de Ca et de Mg dans les feuilles et les hauts niveaux de K restreignent donc le nombre de générations annuelles de cette cochenille.

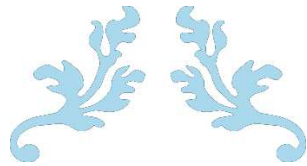
Ce phénomène est aussi observé chez *L.beckii*, lorsqu'un traitement du sol par $CaCO_3$ à donner le triple de population sur mandarinier, inversement, la réduction de presque la moitié par les traitements " potassiques" (**Chaboussou, 1975**). Un même résultat a été observé chez *Saissetia oleae* (**Chaboussou, 1975**).

Selon **Martin et al., (1984)**, le Calcium intervient dans la formation des parois cellulaires pectocellulosiques et joue le rôle du béton armé dans les parois végétales, en donnant la résistance aux tissus. Les attaques ne sont possibles que si cette quantité de Calcium descend au-dessus d'un seuil, du moment que **Nadir (1965)** a pu démontrer qu'un apport massif de Potassium est susceptible d'entraîner une augmentation de cet élément dans les feuilles et corrélativement une diminution du Calcium. De même **Chaboussou (1975)** a mentionné que la recherche d'une nutrition optimale des Citrus en Potassium serait doublement bénéfique (bonne croissance et diminution de multiplication de cochenilles) tout en augmentant le rapport K/Ca :

C'est ce que l'on constate notamment pour la résistance du maïs à l'helminthosporiose ou les *Citrus* aux cochenilles.

Conclusion

L'objectif principal de notre étude est la mise en évidence de la relation des éléments nutritionnels minéraux retrouvés dans le sol avec la variation des pullulations de la cochenille *P.ziziphi* sur agrumes. Les résultats obtenus nous permettent d'avancer que l'activité du Pou noir de l'oranger, *P.ziziphi* semble être liée, non seulement aux conditions climatiques mais aussi, aux conditions nutritionnelles en éléments minéraux qu'assimile la plante hôte à partir du sol et à travers les poussées de sèves. Les éléments Azote et Calcium favorisent la progression des infestations de la cochenille, par contre, le Potassium, le Magnésium et le Phosphore diminuent sa pullulation surtout au niveau du stade adulte. Il devient, alors évident que, la gestion de la nutrition minérale, indispensable à l'équilibre physiologique de la plante hôte, influe sur le développement des insectes opophages en limitant leur abondance sur agrumes.



CONCLUSION.



Conclusion Générale

Le thème traité durant notre étude, se veut être une contribution complémentaire aux différentes études menées depuis plusieurs années sur les ravageurs des cultures arboricoles en Algérie. L'étude de l'écologie des populations de *Parlatoria ziziphi* dans la région de Rouiba sur oranger nous a permis d'entreprendre une nouvelle approche relative à sa relation avec les sels minéraux du sol. Cependant, l'étude de la dynamique des populations du ravageur est un élément clé pour comprendre les phénomènes biologiques qui régissent l'évolution du ravageur mais aussi pour mieux définir les techniques de lutte à adopter.

D'après les résultats obtenus on note un chevauchement de trois générations annuelles chez *P.ziziphi*: une génération automno-hivernale, une printanière, et une génération estivale. Les travaux effectués dans ce sens ont pu montrer qu'une diapause estivale peut apparaître chez une partie de la génération de printemps, ce qui est indiscernable sur les relevés de structure démographique. De même les individus fixés en début d'hiver ne donnent des femelles pondueuses qu'au début de l'été suivant.

La répartition cardinale de cette espèce sur l'arbre est étroitement liée au microclimat créé au sein de l'arbre. L'espèce a une préférence marquée pour l'orientation centre de l'arbre. Cet endroit semble lui confère les conditions favorables pour son développement optimale.

La répartition de *P.ziziphi* sur les feuilles est très influencée par les faces de ces dernières. Elle est beaucoup plus élevée sur les faces inférieure qui offrent les conditions les plus favorables à la protection, fixation des larves, à la prise de nourriture et à la ponte. La face inférieure des feuilles est la localisation préférentielle pour le développement de la cochenille, celle-ci offre sans doute les conditions les plus favorables au développement de la cochenille (permettent d'échapper aux fortes chaleurs en été et aux froid de l'hiver).

La ponte chez *P.ziziphi* présente trois périodes : une ponte automno-hivernale, une printanière et une estivale. La plus forte fécondité est enregistrée durant le printemps. Les conditions microclimatiques créés au sein de l'arbre, favorisent cette fécondité. De plus, les feuilles semblent offrir à la cochenille des conditions nutritionnelles meilleures que les rameaux.

La mortalité naturelle est différente selon le stade de la cochenille *P.ziziphi*. Elle est d'ordre climatique et les traitements chimiques pour les stades larvaires du fait l'absence ou de la finesse de leurs boucliers protecteurs, et d'ordre physiologique pour les stades adultes. Une fois que les femelles expulsent leurs œufs, elles se dessèchent et meurent naturellement.

Bien que les conditions climatiques jouent un rôle très important dans la distribution spatiale des cochenilles diaspines au niveau d'un arbre, il nous est donc impossible d'apprécier l'effet de l'orientation sur la mortalité des cochenilles

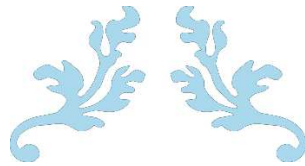
Comme précédemment et à la lumière des résultats obtenus, on note également que la mortalité est plus élevée au centre et au sud de l'arbre aussi bien dans les populations larvaires que dans les populations des adultes. Les endroits les plus exposés aux aléas climatiques sont les plus néfastes au développement de la cochenille. En effet les feuilles restent la partie la plus exposées à ces aléas, et il semblerait que l'épaisseur de l'écorce des rameaux et la rugosité des épidermes restent des endroits défavorables au développement de cette cochenille.

L'analyse par le test de corrélation linéaire montre qu'il ya une corrélation visible entre le développement de la cochenille et la teneur de sol en NPK

Il ressort que l'étude de la biologie et de l'écologie nutritionnelle de la cochenille noire des agrumes sont importantes puisqu'elles nous renseignent sur la relation entre la performance biologique de cet insecte et la qualité nutritive de sa plante hôte. De plus, ces résultats peuvent être considérés comme des indicateurs importants de la dynamique des populations de *P. ziziphi*.

Les résultats obtenus nous permettent d'avancer que l'activité du Pou noir de l'oranger, *P.ziziphi* semble être liée, non seulement aux conditions climatiques mais aussi, aux conditions nutritionnelles en éléments minéraux qu'assimile la plante hôte à partir du sol et à travers les poussées de sèves. Les éléments Azote et Calcium favorisent la progression des infestations de la cochenille, par contre, le Potassium, le Magnésium et le Phosphore diminuent sa pullulation surtout au niveau du stade adulte. Il devient, alors évident que, la gestion de la nutrition minérale, indispensable à l'équilibre physiologique de la plante hôte, influe sur le développement des insectes opophages en limitant leur abondance sur agrumes.

Cette étude est établie dans le but d'apporter un complément d'informations aux problèmes de la population des ravageurs pour une éventuelle prise en charge raisonnée de méthodes de lutte intégrée dans bonnes conditions ;ainsi que'il a permis de donner un aperçu global sur le rôle des éléments minéraux. A l'avenir, il serait nécessaire de confirmer expérimentalement le rôle des glucides, des vitamines et des hormones de croissance dans l'attraction ou la répulsion des insectes ainsi que d'étudier plus en détail les composés toxiques des plantes et les complexes enzymatiques des insectes capable d'éliminer ces composés.et chercher à développer l'efficacité des parasites.



**REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES**



- Achille, C. 2006.** Eléments nutritifs pour les plantes [en ligne] Disponible sur ; «[http :
www.capinov.fr/file/cahier-agronomie.html](http://www.capinov.fr/file/cahier-agronomie.html)» (consulté le 17/10/2015)
- Adati T. et Matsuda K., 1993** - Feeding stimulants for various leaf beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) in the leaf surface wax of their host plants. *Applied Entomology and Zoology*, 28, 319-324.
- Adda R., 2006** – Rôle d'*Aphytis lepidosaphes* (Hymenoptera ; Aphelinidae) dans une population de cochenilles diaspines (Homoptera ; Diaspididae) dans un verger de citronnier à Rouiba. *Mém. Ing., Ecol. Nat. Sup. Agro., El – Harrach, Algérie*, 125 p.
- Adda R., 2010** – Effet du Spirotetramat (insecticide) sur un peuplement de cochenilles diaspines dans un verger d'agrumes à Rouiba. *Mém. Magist., Ecol. Nat. Sup. Agro., El-Harrach, Algérie*, 25-30 p.
- Agrane S., 2001** – Insectivorie du hérisson d'Algérie *Atelerix algirus* (Léreboullet, 1842) (Mammalia, Insectivora) en Mitidja orientale (Alger) et près du lac Ichkeul (Tunisie). *Thèse. Magist., Ecol. Nat. Sup. Agro., El Harrach, Algérie*, 200 p.
- Amelinckx S., 1955** - Growth features on crystals of long-chain compounds. *Journal Acta Crystallographica*, 8, 530.
- Amin, A.H. et Salem, Y.S., 1978** – Population studies on the scale insect species, *Parlatoria zizyphus* (Lucas), a new pest of citrus trees in Egypt (Homoptera: Coccoidea: Diaspididae). *Proceedings of the Fourth Conference of Pest Control, September 30 – October 3, Cairo, Egypt, Part I*, pp. 40-48.
- Andrews J.H. et Harris R.F., 2000** - The ecology and biogeography of microorganisms of plant surfaces. *Annual Review of Phytopathology*, 38, 145-180.
- Avidov, Z. et Harpaz I., 1969** - In: *Plant Pests of Israel*. Israel Universities Press, Jerusalem. 549 pp.
- Backus E.A., 1988** - Sensory systems and behaviours which mediate Hemipteran plant-feeding: a taxonomic overview. *Journal of Insect Physiology*, 34, 151-165.
- Baize D., 1988** - Les formations calcaires redistribuées du Jovinien et les sols qui en sont issus. *Science du Sol*. 26 (2), pp. 113-136.
- Baker E.A., 1982** - 'Chemistry and morphology of plant epicuticular waxes' In DF Cutler, KL Alvin, CE Price, eds, *The Plant Cuticle*. Linnean Society Symposium Series, Vol 10. Academic Press, London, pp 139–165.
- Balachowsky A.S., 1932** - Etude biologique des Coccides du bassin occidental de la Méditerranée. Lechevalier, Paris ; 18–19.
- Balachowsky A.S., 1939** – Les cochenilles de France, d'Europe, du Nord de l'Afrique et du bassin méditerranéen. Ed. Hermann et Cie, Paris, coll. "Act.Sci.et ind", n°784, T. 3, 111 p.

- Balachowsky, A.S. et Mesnil L., 1935** – Les insectes nuisibles aux plantes cultivées leurs mœurs, leur destruction. Ed. Busson, Paris, T. 1, 627 p.
- Barbehen, R.V., Reese, J.C. et Hagen, K.S., 1999** - The food of insects. In Ecological Entomology, edited by Huffaker, C.B. and Gutierrez, A.P. 2nd Ed. John Wiley and Sons, Inc., New York, 83-121.
- Barthlott W., 1990** - ‘Scanning electron microscopy of the epidermal surface in plants’ dans Claugher D., Scanning Electron Microscopy in Taxonomy and *functional Morphology*, Clarendon Press, Oxford, 69-94.
- Barthlott W., 1993** - ‘Epicuticular wax ultrastructure and systematic’ dans Behnke, H.D. et Mabry, T.J., Evolution and Systematics of the Caryophyllales, Springer-Verlag, Berlin, pp 75–86
- Barthlott W., Neinhuis C., Cutler D., Ditsch F., Meusel I., Theisen I. et Wilhelmi H., 1998** - Classification and terminology of plant epicuticular waxes. Botanical Journal of the Linnean Society, 176, 237-260.
- Baur P., 1999** - Surfactant effects on cuticular penetration of neutral polar compounds: dependence on humidity and temperature. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47, 753-761.
- Belguendouz R., 2006** - Biosystématique des cochenilles diaspidines (Diaspididae) d’Algérie. Mem. Magist., Ecol. Nat. Sup. Agro, El Harrach, Alger, 194p.
- Belguendouz R., Harchouche C. et Houmani Z., 2008** - Evaluation of Insecticide effect of Citrus aurantium essential oil on the dynamique of *Parlatoria ziziphi* Lucas populations (Hemiptera, Diaspididae. Meeting International : Gestion des Ressources et Applications Biotechnologiques en Aridoculture et Cultures Oasiennes: Perspectives pour un Développement Durable des Zones Arides, Djerba (Tunisie) 17-19 Décembre 2013.
- Belguendouz R., 2014** - Relations plantes hôtes –cochenilles diaspidines sur les agrumes en Algérie : cas de *Parlatoria ziziphi* Lucas, 1853 (Homoptera : Diaspididae)». Thèse Doct. Sci. Agro., Ecol. Nat. Sup. Agron., El-Harrach, Alger, 265 p
- Belguendouz R., Biche M., Seninet I., 2011** - Etude de la teneur en protéines et en phosphore des feuilles de jeunes plantes d’agrumes sous serre non éclairée, en relation avec la pullulation du pou noir de l’oranger : *Parlatoria ziziphi* (homoptera, diaspididae) en Mitidja Algérie. 9^{ème} Conférence Internationale sur les ravageurs en agriculture 28 et 27 octobre 2011 – Montpellier
- Benassy C., 1975** – Les cochenilles des agrumes dans le bassin méditerranéen. Ann. Inst. Nat. Agro. Vol. V, n°6, El-Harrach, pp. 118-142.
- Benassy C. et Soria F., 1964** – Observations écologiques sur les cochenilles diaspidines nuisibles aux agrumes en Tunisie. Altit. I. N. R. A. T., 37, pp 193-222.

- Bensaadi A., 2004** - Contribution à l'étude de l'état nutritionnel des vergers de pommier dans la région d'Ychemoul. Mem. Ing, Agron, Univ Batna., 88 P.
- Berenbaum M.R., 1995** - The chemistry of defense: theory and practice. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 92, 2-8.
- Berkani A., 1995** - Premières données sur un nouveau ravageur en Algérie *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera-Gracillariidae) mineuse nuisible au *Citrus*. Journée technique sur la lutte contre la mineuse et la cératite des agrumes.I.N.P.V., Alger, 10p.
- Bernays E.A., et Chapman R.F., 1994** - Host-plant selection by phytophagous insects. Chapman and Hall, New York.
- Bernays E.A., et Simpson S.J., 1982** - Control of food intake. Advances in Insect Physiology, 16, 59-118.
- Bertschinger L., Gysi C., Häseli A., Neuweiler R., Pfammater W., Ryser J.P., Schmid A. et Weiber F., 2003** - Données de base pour la fumure en arboriculture fruitière, Eidg. Forschungsanstalt, 48 p.
- Biche M., 1987** – Bioécologie de *parlatoria oleae* Colvee (Hom. ; Diaspididae) ravageur de l'olivier, *Olea europea* L, dans la région de Cap Djenet (Algérie) et étude biologique de son parasite externe *Aphytis maculicornis*. Masi (Hym. Aphelinidae). Mém. Dip. Univ. Rech., Univ. De Nice(France), 119p.
- Biche M., 2012** - Les principaux insectes ravageurs des agrumes en Algérie et leurs ennemis naturels. Institut national de la protection des végétaux, le ministère de l'agriculture et du développement rural et FAO, 36 p.
- Biche M et Sellami M., 1999** - Etude de quelques variations biologiques possibles chez *P. oleae* Calvée (Hémiptera. Diaspididae). Bulletin de la société entomologique de France. Vol. 3, n° 104, Algérie, pp : 287-292.
- Biche M., Siafa A., Adda R. et Gherbi R., 2011** -Biologie de *Aonidiella aurantii* (homoptera, diaspididae) sur citronnier dans la région de rouiba. Lebanese Science Journal, Special Issue, pp: 59-64
- Bidon Y., 1993** - Influence des sucres solubles et de l'azote sur la croissance, le développement et l'utilisation de la nourriture par la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* (Clemens.)). Thèse de Maîtrise ès Science. Université Laval, Ste-Foy (Québec), Canada. 63 pp.
- Binet P. et Prunet J.P., 1967** - **Biologie** végétale, Physiologie végétale. Imprimerie de Montligeon, La chapelle - Montligeon (ORNE), 439 P.
- Blackburn V. L. et Miller D. R., 1984** - Pests not known to occur in the United States or of limited distribution. No, 44: Black *parlatoria* scale. United States Department of Agriculture, Plant Protection and Quarantine, Animal and Plant Health Inspection Service 81-54: 1-13.

- Blondel L., 1959** – La culture des agrumes en Algérie. Station expérimentale d'arboriculture de Boufarik. Bull, n°176,25p.
- Bockman O. C., Kaarstad O., Lie O. H. et Richards I., 1990** - Agriculture and fertilizers: Fertilizers in perspective. Oslo: Norsk Hydro.
- Borner G.H.H., Sherrier D.J., Weimar T., Michaelson L.V., Hawkins N.D., MacAskill A., Napier J.A., Beale M.H., Lilley K.S. et Dupree P, 2005** - Analysis of detergent resistant membranes in Arabidopsis. Evidence for plasma membrane lipid rafts. Plant Physiology, 137, 104-116.
- Bourijate M. et Bonafonte P., 1982** – Influence de l'accouplement différé sur la fécondité, le sex – ratio, l'oviposition, la formation du bouclier et le comportement chez quatre espèce de cochenilles diaspines (Hom. Diaspididae). Am. Sco. Ent. Fr. (N. S), (3) pp. 303 – 315.
- Brady N.C. et Weil R.R., 2002** - The nature and properties of soils. 13th ed. Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ, USA, 960p.
- Breeden D.C., Young T.E., Coates R.M. et Juvik J.A, 1996** - Identification and bioassay of kairomones for Helicoverpa. Journal of Chemical Ecology, 22, 513-539.
- Brennan E.B., Weinbaum S.A., Rosenheim J.A. et Karban R., 2001** - Heteroblasty in *Eucalyptus globulus* (Myricales: Myricaceae) affects ovipositional and settling preferences of *Ctenarytaina eucalypti* and *C. spatulata* (Homoptera: Psyllidae). Environmental Entomology, 30, 1144-1149.
- Bretauudeau J., et Fauré Y., 1992** - Atlas d'arboriculture fruitière, V1., Edition 3e, Editions Technique et Documentation Lavoisier, Paris., 289 P.
- Brewer J.W., Capinera J.L., Deshon R.E., Jr. et Walmsley M.L., 1985** - Influence of foliar nitrogen levels on survival, development, and reproduction of western spruce budworm, *Choristoneura occidentalis* (Lepidoptera:Tortricidae). Can. Entomol. 117: 23–32.
- Brodbeck B. et Strong D., 1987** - Amino acid nutrition of herbivorous insects and stress to host plants. In: Barbosa P, Schultz JC (eds) Insect outbreaks. Academic Press, New York, pp 347–364.
- Brooks J.S., Williams E.H. et Feeny P., 1996** - Quantification of contact oviposition stimulants for black swallowtail butterfly, *Papilio polyxenes*, on the leaf surfaces of wild carrot, *Daucus carota*. Journal of Chemistry and Ecology, 22, 2341-2357.
- Brown W.L., 1968** - An hypothesis concerning the function of the metapleural glands in ants. Am. Nat. 102, 188-191.
- Burghardt M. et Riederer M., 2006** - 'Cuticular transpiration' dans Riederer M. et Müller C., Biology of the plant cuticle, Annual Plant Review, Blackwell Publishing, Oxford.

- Butler D.R., 1996** - 'The presence of water of leaf surfaces and its importance for microbes and insects' dans Kerstiens, G., *Plant Cuticles: An Integrated Functional Approach*, BIOS Scientific Publishers., Oxford. UK, pp. 267-282.
- C.N.U.C.E.D., 2004** - Information de marché dans le secteur des produits de base. Agrumes. CNUCED
- C.R.A., 1997** – La superficie et production des agrumes à Rouiba durant l'année 1997-1998. Caisse régionale de l'agriculture de Boumerdés. Bureau local de Rouiba., 1 p.
- CABI., 2001** - Crop Protection Compendium. Global module, 3rd edition. CAB International Publishing. Wallingford, UK.
- Calas D., Thiéry D. et Marion-Poll F., 2006** - 20-Hydroxyecdysone deters oviposition and larval feeding in the European grapevine moth, *Lobesia botrana*. *Journal of Chemical Ecology*, 32, 2443-2454.
- Calatayud P.A. et Le Ru B., 2006** - Cassava-mealybug interactions. IRD Éditions, Paris., 103p.
- Callot G., Chamagou H., Maertens C. et Salsac L., 1982** - Mieux comprendre les interactions entre sol-racines, incidences sur la nutrition minérale. Ed. INRA, Paris., 325p.
- Calvet G et Vellemin P., 1986** - interprétation des analyses de terre. Ed, scpa,24 p.
- Carisey N. et Bauce E., 1997** - Impact of balsam fir foliage age on sixth-instar spruce budworm growth, development and food utilization. *Canadian Journal of Forest Research*, 27: 257-264.
- Carisey N. et Bauce E., 2002** - Does nutrition-related stress carry over to spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera: Tortricidae) progeny *Bulletin of Entomological Research*, 92(2):101-108.
- Carter C.D., Gianfagna T.J. et Sacalis J.N., 1989** - Sesquiterpenes in glandular trichomes of a wild tomato species and toxicity to the Colorado potato beetle. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 37, 1425-1428.
- Cassin J.P., 1984** – Comportement des variétés dans les différentes régions de la protection. *Revue fruits*, vol.4, pp 263-276.
- Chaboussou F., 1975** - Les facteurs culturaux dans la résistance des agrumes vis-à-vis de leurs ravageurs. *Stat. Zool. Inst. Nat. Rech. Agro.*, Bordeaux, 39 p.
- Chapman O., 1998** - Metaphors as a tool in facilitating preservice teacher development in mathematical problem solving. *Proceedings of the 22nd PME International Conference*. Stellenbosch, South Africa: University of Stellenbosch, (2) 176-183.
- Chapman V.J., 1960** - Salt Marshes and Salt Deserts of the World. Leonard Hill Limited, London, pp 392.

- Chapman R.F. et Bernays E.A., 1989** - Insect behavior at the leaf surface and learning as aspects of host plant selection. *Experientia*, 45, 215-222.
- Chapot H et Delucchi V.L., 1964** - Maladies, troubles et ravageurs des agrumes au Maroc. Publ. INRA-Rabat, pp : 5-13
- Coutanceau J., 1962** - « Arboriculture fruitière. Techniques et économies des cultures de rosacées ligneuses ». Ed : J.B Baillière et fils, Paris, 575 p.
- Dadd R.H., 1977** - Quantitative requirements and utilization of nutrients: Insects. Dans: CRC Handbook Series in nutrition and food., Sect. D, Nutritional requirements, vol. 1, (Ed. M. REHCIGL Jr.) CRC Press, Cleveland, pp 305-346.
- Dadd R.H., 1985** - Nutrition: organisms. *Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology*. Ed. G A Kerkut et L I Gilbert, Vol. 4. Pergamon Press, Oxford, UK, pp. 313–391
- Dajoz R., 1985** - Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 505p.
- DAS., 2007** – Données statistiques du service de la direction des services agricoles., 2p.
- De Rocca Serra D. et Ollitrault P., 1992** - Les ressources génétiques chez les agrumes. *Le courrier de l'environnement de l'INRA*, 3, 11-22.
- Degen T et Stadler E., 1996** - Influence of natural leaf shapes on oviposition in three phytophagous flies: a comparative study. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 80, 97-100.
- Dekle G.W., 1976** – Black Parlatoria scale, *Parlatoria ziziphi* (Lucas) (Homoptera : Diaspididae). *Entomology circular*, n° 171, 2 p.
- Delaunois A., Ferrie Y., Bouche M., Colin .C et Rionde C., 2008** - Guide pour la description et l'évaluation de la fertilité des sols.
- Derridj S., 1996** - “Informations biochimiques présentes à la surface des feuilles. Implications dans la sélection de la plante hôte par un insecte“, colloques : Actes des 5^{ème} journée du groupe de travail relations insectes-plantes, CIRAD-CA, Montpellier 100 p.
- Derridj S., Boutin J.P., Fiala V. et Soldaat L.L., 1996a** - Composition en métabolites primaires de la surface foliaire du poireau : étude comparative, incidence sur la sélection de la plante hôte pour pondre par un insecte. *Acta Botanica Gallica*, 143, 125-130.
- Derridj S., Grégoire V., Boutin J.P. et Fiala V., 1989** - Plant growth stages in the interspecific oviposition preference of the european corn borer and relations with chemicals present on the leaf surfaces. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 53, 267-276.

- Derridj S., Wu B.R., Stammitti L., Garrec J.P. et Derrien A., 1996b** - Chemicals on the leaf surface, information about the plant available to insects. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 80, 197-201.
- Dethier V.G., 1982** - Mechanisms of host plant recognition. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 31, 49-56.
- Dicke M., 2000** - Chemical ecology of host-plant selection by herbivorous arthropods: a multitrophic perspective. *Biochemical Systematics and Ecology* 28: 601-617.
- Duchaufeur Ph., 1977** - Pédologie. Pédogenèse et classification. Edit. Masson. Paris. Tome 1. 477p.
- Dude J L., 1978** -Le diagnostic foliaire, ses possibilités d'application au niveau d'une région de production de fruits à pépins "le Maine et Loire"., Mémoire de fin d'étude., ENITH Angers., 130 P.
- Durzan D.J. et Lopushanski S.M., 1968** – Free and bound amino acids of spruce budworm larvae feeding on balsam fir and red and white spruce. *J. Insect Physiol.* 14: 1485-1497.
- Eigenbrode S.D., 1996** - 'Plant surface waxes and insect behaviour' dans Kerstiens G., *Plant Cuticles: An Integrated Functional Approach*, BIOS Scientific Publishers, Oxford, pp 201–222.
- Eigenbrode S.D. et Espelie K.E., 1995** - Effects of plant epicuticular lipids on insect herbivores. *Annual Review of Entomology*, 40, 171-194.
- Eigenbrode, S.D., M. Rohde, C. White, and C. Simon., 1998** - Epicuticular wax phenotype of the wel mutation and its effect on pea aphid populations in the greenhouse and in the field. *Pislim Genet.* 29: 13-17
- El Otmani M., Ait-Oubahou A., Gousrire H. et Hamza Y., 2001** - Effet de l'apport du phosphite de potassium par voie foliaire sur le développement floral et fructifère du clémentinier. *Rev. H.T.E. N° 118.* 81p
- Engle J., Magarey R. and Brochert D., 2008** – North Carolina occurrence data from global pest and disease and crop protection compendium. *USDA Raleigh*, 1 p.
- Ensikat H.J., Neinhuis C. et Barthlott W., 2000** - Direct access to plant epicuticular wax crystals by a new mechanical isolation method. *International Journal of Plant Sciences*, 161, 143-148.
- Espelie K.E., 1996** - 'Integrated case study: effects of maize leaf epicuticular lipids on insect pests' dans Kerstiens G., *Plant Cuticles: An Integrated Functional Approach*, BIOS Scientific Publishers, Oxford.
- Espelie K.E., Bernays E.A. et Brown J.J., 1991** - Plant and insect cuticular lipids serve as behavioral cues for insects. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 17, 223-233.

- F.A.O., 1997** – La superficie et production des agrumes à Rouiba durant l’année 1997-1998.
- F.A.O, 1998** - Les agrumes. Bureau des Ressources Génétiques, plate-forme espèces. Caisse régionale de l’agriculture de Boumerdés. Bureau local de Rouiba., 1 p.
- F.A.O., 2003** - Projections de la production et de la consommation mondiales d’agrumes jusqu’en 2010, Comité des produits, groupe intergouvernementale sur les agrumes, treizième session, La Havane, Cuba, 20-23 mai 2003.
- F.A.O., 2005** - Productions agricoles, Cultures primaire., Banc des données statistiques, F.A.O. STAT, <http://www.fao.org>.
- F.N.D.A., 1998** – Instruction relative aux sanctions par le F.N.D.A. au développement de l’agriculture, Ministère de l’agriculture et de la pêche, 2 p.
- Fabre J.H., 1886** - Souvenirs entomologiques - Etudes sur l’instinct et les moeurs des insectes. (3ème Edition, 3ème Série). Libraire Ch Delagrave, Paris.
- Fabres G., 1979** - Analyse structurelle et fonctionnelle de la biocoenose d’un homoptbre (*Lepidosaphes becki*; HOM. Diaspididae) dans deux types d’habitats agrumicoles de la Nouvelle-Calédonie. Travaux et Documents de l’ORSTOM, 113, 291 p.
- Faini F., Labbe C. et Coll J., 1999** - Seasonal changes in chemical composition of epicuticular waxes from the leaves of *Baccharis linearis*. *Biochemistry Systematic and Ecology*, 27, 673-679.
- Fallen C.F., 1814** - Specimen novam Hemiptera disponendi methodum exhibens: 1-26. Berling, Lundae
- Fatouros N.E., Pashalidou F.G., Van Loon J.J.A., 2012** - Plant Volatiles Induced by Herbivore Egg Deposition Affect Insects of Different Trophic Levels. *PLoS ONE* 7(8), e43607.
- Faurie C., Ferra.C., Médori P, Dévaux J., 1980** - Ecologie. Ed. JB. Baillère, Paris.168P.
- Ferhat M.A., Meklati B.Y. et Chemat F. 2010** - Citrus d’Algérie : les huiles essentielles et leurs procédés d’extractions .Ed. OPU, n°5130. Alger. 157 p.
- Fiala V., Boutin J.P., Barry P. et Derridj S., 1993** - Les métabolites de surface foliaire (phylloplan) : présence et rôle dans les relations plante-insecte. *Acta Botanica Gallica*, 140, 207-216.
- Finch S. et Collier R.H., 2000** - Host-plant selection by insects – a theory based on ‘appropriate/inappropriate landings’ by pest insects of cruciferous plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 96, 91-102.
- Foldi I., 2003** – Les cochenilles. *Insectes*, vol.3, n°130, pp 27-30.

- Forestier J., 1986** -Valeur du diagnostic foliaire du caféier Robusta., Centre de Recherches Agronomiques de Boulcoko (R.C.A.), France (Côte d'Azur). 17 P
- Foster S.P. et Howard A.J, 1998** - Influence of stimuli from *Camellia japonica* on ovipositional behavior of generalist herbivore *Epiphyas postvittana*. Journal of Chemical Ecology, 24, 1251-1275.
- Foster S.P., Howard A.J. et Harris M.O., 1997** - The influence of tactile and other non-chemical factors on the ovipositional responses of the generalist herbivore *Epiphyas postvittana*. Entomologia Experimentalis et Applicata, 83, 147-159.
- Fraenkel G.S., 1959** - The raison d'être of secondary plant substances. Science, 129, 1466-1470.
- Gagnard J., Huguet C. et Ryser J.P., 1988** - l'analyse du sol et du végétal dans la conduite de la fertilisation, le contrôle de la qualité des fruits., Secrétariat générale OILB/SROP, Edition - Diffusion ACTA., 87p.
- Gauthier L., 2008** - Pépinière Louis Gauthier [en ligne] Disponible sur ; «<http://pepinieres-gauthier.fr/documentation-technique/>» (consulté le 19/02/2015).
- Gautier M., 1987** - La culture fruitière, V 1, L'arbre fruitier, Technique et Documentation Lavoisier, Paris., 492 p
- Gautier M., 2001** - La culture fruitière, V 2, les productions fruitières., 2e Editions, Technique et Documentation Lavoisier, Paris., 665p.
- Georgiou G., Lin S.C. et Sharma M.M, 1992** – Surface active compounds from microorganisms. Biotechnology, 10, 60-65.
- Gerard C. et Germain E., 1994** - Le Noyer, Nouvelles techniques, Edition Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et des Légumes CTIFL, Paris., 207p.
- Germain J.-F., Matile-Ferrero D., 2005** - Les cochenilles sous serres en France : inventaire illustré. III-Les Diaspididae. Phytoma-La Défense des Végétaux n°583 : 32-35
- Gherbi R., 2010** – Impact du complexe coccinelles coccidiphages – parasites hyménoptères dans des peuplements de cochenilles diaspines (Homoptera ; Diaspididae) sur agrumes à Rouiba. Mém. Magist., Ecol. Nat. Sup. Agro., El - Harrach, 87p
- Giese B.N., 1975** - Effects of light and temperature on the composition of epicuticular wax of Barley leaves. Phytochemistry, 14, 921-929.
- Grant G.G. et Langevin D., 1994** - Oviposition responses of four Choristoneura (Lepidoptera: Tortricidae) species to chemical and physical stimuli associated with host and nonhost foliage. Environmental Entomology, 23, 447-456.
- Grassé P.P., 1970** - Précis de sciences biologiques : Zoologie I. Invertébrés. Ed. Masson et C^{ie}, Paris, 935p.

- Green S.R., Vogeler I., Clothier B.E., Mills T.M. et Van Den Dijssel., 2003** – Modelling water uptake by a mature apple tree. *Australian Journal of Soil Research*, 41, 365 – 380.
- Griffiths D.W., Deighton N., Birch A.N.E., Patrian B., Baur R. et Städler E., 2001** - Identification of glucosinolates on the leaf surface of plants from Cruciferae and other closely related species. *Phytochemistry*, 57, 693-700.
- Griffon M., et Loeillet D., 2000** - Production et consommation d'agrumes dans le monde. Evolution et Eléments de prospective. *Comptes rendus de l'académie d'agriculture de France*, 86(8) : 255-275.
- Gros A., 1979** - Engrais : guide pratique de fertilisation, la maison rustique, Paris, 382 p.
- Guessoum A., 2001** - L'effet de l'irrigation sur la salinité du sol dans la région de Saada - Biskra. *Mém. ing, Agro, Univ Batna.*, 50 P.
- Guillaume A., 1938** – Les animaux ennemis de nos cultures, procédés de destruction. 2ème édition service de la protection des végétaux, Strasbourg, 411 p.
- Habib A., Salama H.S. and Amin A.H., 1971** – Population studies on Scale Insects infesting Citrus Trees in Egypt. *Z. Ang. Entomol.*, 69, pp. 318 – 330.
- Haddar L., 2002** - Contribution à l'étude biécologique du Pou noir de l'oranger *Parlatoria ziziphi* Lucas (Hom. Diaspididae) sur clémentinier dans la région de Boufarik. *Mém. Ing., Ecol. Nat. Sup. Agro., El - Harrach*, 62 p.
- Hafez M., and Salama H.S., 1969** - Biology of the citrus purple scale, *Lepidosaphes beckii* Newm., in Egypt (Hemiptera-Homoptera: Coccoidea). *Bull. Soc. Entoml. Egypte.*, 53: 517-532.
- Halilat M.T., 1993** - Etude de la fertilisation azotée et potassique sur blé dur (variété Aldura) en zone saharienne (région de Ouargla). *Mém. Magist., Inst. Nat. Ens. Sup. Univ. Batna*, 130p.
- Halilat M.T., Dogar M.A. et Badraoui M., 2000.** Effet de l'azote, du potassium et de leur interaction sur la nutrition du blé sur sol sableux du désert algérien. *Revue. Homme, terre et eaux. Vol.30 (115), pp : 32-39.*
- Halitim A., Dogar A., Gangaraj U., Selvanathan G., Rayer et Dixit., 1978** - Etablissement des besoins en éléments nutritifs des agrumes dans la Mitidja pour le diagnostic foliaire. *Journées d'études CERAG. V III., Pp 413-437.*
- Hallam N.D. et Chambers T.C, 1970** - The leaf waxes of the genus *Eucalyptus*. *L'Heritier. Australian Journal of Botany*, 18, 335-386.
- Hamadi K., 1994** - Etude des acariens des Citrus en Mitidja. *Mém. Ing., Ecol. Nat. Sup. Agro., El Harrach*, 147 p.

- Hamdi Pacha A., 1976.** - Diagnostique foliaire chez les agrumes, Mise à point des méthodes d'échantillonnages, Recherche de définitions de "Standards", Applicables à la culture des agrumes en Algérie., Mém. Ing., Ecol. Nat. Sup. Agro., El - Harrach, 60p.
- Harborne J.B., 1993** - Introduction to chemical ecology, 4ème édition, Academic press, London, 317 p
- Harborne J.B. et Baxter H, 1993** - Phytochemical Dictionary. A Handbook of Bioactive Compounds from Plants. Taylor and Francis Ltd, London, Pp 300 – 308.
- Harris M.O. et Miller J.R., 1984** - Foliar form influences ovipositional behaviour of the onion fly. *Physiological Entomology*, 9, 145-155.
- Hatateba R., 1978** - Etat nutritionnel de quelques vergers de clémentinier de la Mitidja et du Sahel par la méthode du diagnostic foliaire. Mém. Ing., Ecol. Nat. Sup. Agro., El – Harrach, 69p.
- Heller R., 1984** - Physiologie Végétale, V I, Nutrition., Imprimerie Durand., France., 244 P.
- Heller R., Esnault R. et Lance C., 1998** - Physiologie végétale, T.I, « Nutrition ». 6^{ème} Ed. Dunod, Paris., 323 p.
- Hilker M., Rohfritsch O. et Meiners T., 2002** - 'The plant's response towards insect egg deposition' dans Hilker M. et Meiners T. Ed. Chemoecology of insect eggs and egg deposition, Blackwell, Berlin., pp 205 – 233.
- Hiroi M., Tanimura T. et Marion-Poll F., 2008** – Hedonic taste in *Drosophila* revealed by olfactory receptors expressed in taste neurons. *PlosOne* 3(7): e2610.
- Holloway P.J., 1971** - 'The chemical and physical characteristic of leaf surfaces' dans Preece T.F. et Dickinson C.H., *Ecology of Leaf Surface Microorganisms*, Academic Press, NewYork et London., pp 39 – 53.
- Holloway P.J., 1982** - 'Structure and histochemistry of plant cuticular membranes: an overview' dans Cutler D.F., Alvin K.L. et Price C.E., Ed. *The Plant Cuticle*, Linnean Society Symposium Series. Vol. 10. Academic Press. London, pp. 1–32.
- Holloway P.J., Brown G.A., Baker E.A. et Macey M.J.K., 1977** - Chemical composition and ultrastructure of the epicuticular wax in three lines of *Brassica napus* L. *Chemistry and Physics of Lipids*, 19, 1-13.
- Hopkins R.J., Birch A.N.E., Griffiths D.W., Baur R., Städler E. et McKinlay R.G., 1997** - Leaf surface compounds and oviposition preference of Turnip root fly *Delia floralis*: the role of glucosinolate and nonglucosinolate compounds. *Journal of Chemical Ecology*, 23, 629-643.
- Hora K.H. et Roessingh P., 1999** - A novel bioassay for *Yponomeuta cagnagellus* oviposition in response to extracts of host and nonhost plant surface compounds. *Journal of Chemical Ecology*, 25, 2547-2559.

- Huang L. L., Wang D.W., Zhang Q.B., Lei H. D. and YUE B.S., 1988** - Study of bionomics and control of *Parlatoria zizyphus*. Acta Phytophylactica Sinica, 15(1):15-21.
- Huguet C., 1978** - Aspects de la dynamique de l'alimentation azotée et minérale du pommier., Journées fruitières d'Avignon - Montfavet., pp 99-119.
- Huguet C. et Coppenet M., 1992** - Un point sur le magnésium en agriculture. Editions INRA, Paris., 270 P
- Hurter J., Ramp T., Patrian B., Stadler E., Roessingh P., Baur R., Jong R.d., Nielsen J.K., Winkler T., Richter W.J., Muller D. et Ernst B., 1999** - Oviposition stimulants for the cabbage root fly: isolation from cabbage leaves. Phytochemistry, 51, 377-382.
- I.A.V., 2006** - Diagnostic des désordres nutritionnels des plantes., Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Maroc., 7 P.
- I.T.A.F., 2002** - - Relevés climatologiques. Manuscrit I.T.A.F.V., Boufarik, 18p.
- Jeffree C.E., 1986** - 'The cuticle, epicuticular waxes and trichomes of plants, with reference to their structure, functions and evolution' dans Juniper B. et Southwood R., Ed. Insects and the plant surface, Edward Arnold., London, pp 23-64.
- Jeffree C.E., 1996** - 'Structure and ontogeny of plant cuticles' dans Kerstiens G., Plant Cuticles: An Integrated Functional Approach, BIOS Scientific Publishers, Oxford, pp 33- 82.
- Jeffree C.E., 2006** - 'The fine structure of the plant cuticle' dans Riederer M. et Müller C., Biology of the plant cuticle, Annual Plant Review, Blackwell Publishing, Oxford, pp 11 – 125.
- Jeffree C.E., Baker E.A. et Holloway P.J., 1975** - Ultrastructure and recrystallisation of plant epicuticular waxes. New Phytologist, 75, 539-549.
- Jermy T., 1993** - Evolution of insect-plant relationships – a devil's advocate approach. Entomologia Experimentalis et Applicata, 66, 3-12.
- Jermy T. et Szentesi A., 1978** - The role of inhibitory stimuli in the choice of oviposition site by phytophagous insects. Entomologia Experimentalis et Applicata, 24 : 458-471.
- Jetter R. et Riederer M., 1994** - Epicuticular crystals of nonacosan-10-ol-in vitro reconstitution and factors influencing crystal habits. Planta, 195, 257-270.
- Jetter R. et Riederer M., 1995** - In vitro reconstitution of epicuticular wax crystals: Formation of tubular aggregates by long-chain secondary alkanediols. Botanica Acta, 108, 111-120.

- Jetter R. et Schäffer S., 2001** - Chemical composition of the *Prunus laurocerasus* leaf surface. Dynamic changes of the epicuticular wax film during leaf development. *Plant Physiology*, 126, 1725-1737.
- Jetter R., Schäffer S. et Riederer M., 2000** - Leaf cuticular waxes are arranged in chemically and mechanically distinct layers: evidence from *Prunus laurocerasus* L. *Plant Cell and Environment*, 23, 619-628.
- Jolivet P., 1998** - Interrelationship between insects and plants, Interrelationship between insects and plants., CRC Press Inc., Boca Raton États-Unis, 309p.
- Jones T.H., Potts B.M., Vaillancourt R.E. et Davies N.W., 2002** - Genetic resistance of *Eucalyptus globulus* to autumn gum moth defoliation and the role of cuticular waxes. *Canadian Journal of Forest Research*, 32, 1961-1969.
- Kabassina B.T., 1990** - Comparaison faunistique des Caelifères de la station de Gaid Gacem en Mitidja et de divers étages bioclimatiques du Togo. Mém. Ing., Ecol. Nat. Sup. Agro., El – Harrach, 109 p.
- Kanno H. et Harris M.O., 2000** - Physical features of grass leaves influence the placement of eggs within the plant by the Hessian fly. *Entomologia. Experimentalis et Applicata*, 96, 69-80.
- Kasraoui M. F. Braham M. Denden M. Mehri H. Garcia M. Lamaze T et Attia F., 2006** - Effet du déficit hydrique au niveau de la phase photochimique du PSII chez deux variétés d'olivier. *C. R. Biologies*. 329, pp : 98–105.
- Kemper W. D., and Koch E.J., 1966** - Aggregate stability of soils from the western portions of the United States and Canada. U.-S.-Dep. Agric. Tech. Bull. 1355.
- Kennedy J.S. et Booth C.O., 1951** - Host alternation in *Aphis fabae* Scop. I. feeding preferences and fecundity in relation to the age and kind of leaves? *Annals of Applied Biology*, 38, 25 – 65.
- Kerboua M., 2002** - L'agrumiculture en Algérie. Inst. Tech. de l'arboriculture fruitière et de la vigne (ITAF) Tessala El merdja. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Algérie, 7p.
- Khelil A., 1989** - Nutrition et Fertilisation des Arbres Fruitiers et de la Vigne., Office Des Publications Universitaires, Ben Aknoun, Alger., 67 p.
- Khelil A. et Bentchikou M.E., 1978** - Variations de la composition minérale des feuilles de clémentinier, Premier essai de détermination de la période de stabilité. *Rev. Fruits*, vol.34, n°09.
- Khoudour A., 1988** – Dynamique des populations de *Lepidosaphes beckii* (Homoptera, Diaspididae) dans un verger de clémentinier à Chebli. Mém. Ing., Ecol Nat. Sup.Agro., El – Harrach, 60 p.

- Knoll D et Schreiber L., 1998** - Influence of epiphytic micro-organisms on leaf wettability: wetting of the upper leaf surface of *Juglans regia* and of model surfaces in relation to colonization by micro-organisms. *New Phytology*, 140, 271-282.
- Kumbasli M., 2005** - Etudes sur les composés polyphénoliques en relation avec l'alimentation de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* Clem.). Thèse Doct. Sc. Forest., Fac. Forest. Geo., Univ. Laval (Québec), 176p.
- Lafon J.P., Tharaud Prayer C. et Levy G., 1996** - Boiliologie des plantes cultivées, T1, Organisation/Physiologie de la nutrition., 2^{ème} Ed, Editions Techniques et Documentations Lavoisier, Paris., 233 p.
- Lasnami H., 1992** - Contribution à l'étude Bio-écologique de *Parlatoria ziziphi* Lucas (Hom. Diaspididae) sur clémentinier dans la région de Boufarik et sa relation avec son parasite interne *Aspidiotiphagus citrinus* Craw (Hym. Aphelinidae). Mém. Ing., Ecol Nat. Sup. Agro., El – Harrach, 80p.
- Law J.H., Regnier F.E., 1971** - Pheromones. *Annu. Rev. Biochem.* 40, 533-548.
- LCA., 2008** - Guide pratique : comprendre et utiliser les analyses agro-environnementales.
- Lepoivre P., 2003** - Phytopathologie : bases moléculaires et biologiques des pathosystèmes et fondements des stratégies de lutte. De Boeck Université, Bruxelles, p 427.
- Linnaeus C., 1758**. -Systema Naturae, per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Laurentii Salvii., Holmiae. [1-4] 824 pp.
- Loeillet., 2010** – Les marchés mondiaux. « La renaissance du Palais d'Eté » Paris Economica (Cyclope), pp 421-424.
- Lombarkia N. et Derridj S., 2002** - Incidence of apple fruit and leaf surface metabolites on *Cydia pomonella* oviposition. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 104, 79-87.
- Lombarkia N. et Derridj S., 2008** - Resistance of apple trees to *Cydia pomonella* egg-laying due to leaf surface metabolites. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 128, 57-65.
- Longo S., Marotta S., Pellizzari G., Russo A. and Tranfaglia A., 1995** - An annotated list of the scale insects (Homoptera, Coccoidea) of Italy. *Israel Journal of Entomology*, (29) : 113-130.
- Loudyi W. et Skiredj A., 2003** – Fiches techniques : Le bananier, la vigne et les agrumes. Bulletin Mensuel de liaison et d'information du PNTTA. Transfert de technologie en agriculture. MADER / BERD. Sommaire n° 109 arboriculture. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. Rabat. 4p.
- Lagatu H. et Maume L., 1924** - Évolution remarquablement régulière de certain rapports physiologiques (chaux, magnésie, potasse) dans les feuilles de la vigne bien alimentée. *Comptes Rendus Acad. Sci.* 179:782–785.

- Loussert R., 1985** - Les agrumes. Ed. J.B.Baillière, Paris ,136p
- Loussert R., 1987** - Les agrumes Arboriculture. Ed. Lavoisier, Paris, Vol.n°1, 113 p.
- Loussert R., 1989** - Les agrumes“. Production. Ed. Sci. Univ. Vol 2. Liban, 280p.
- Lozet J. et Mathieu C., 2002** - Dictionnaire de science du sol (4^{ème} éd.). Ed Lavoisier, Tec et Doc. 574p.
- M.A.P., 1998** – Instruction relative aux sanctions par le F.N.D.A. au développement de l’agriculture, Ministère de l’agriculture et de la pêche, 2 p.
- Maher N., 2002.** Sélection de ponte chez *Lobesia botrana* (Lepidoptera ; Tortricidae) : influence de l’information chimique non volatile présente sur les fruits de plante hôte. Th. Doct. Sci. Biol. El Medic. Université Bordeaux 2, I.N.R.A., 125p.
- Maher N., Thiéry D. et Städler E, 2006** - Oviposition by *Lobesia botrana* is stimulated by sugars detected by contact chemoreceptors. *Physiological Entomology*, 31, 14-22.
- Mangold J.R. 1978** - Attraction of *Euphasiopteryx ochracea*, *Corethrella sp* and gryllids to broadcast songs of the southern male cricket. *Florida Entomol.* 61, 57-61.
- Marchal P., 1909** - Contribution à l'étude des coccidés de l'Afrique occidentale. Mémoires de la Société Zoologique de France 22: 165-182
- Martin P., Gagnard J., Gautier P., 1984** - L’analyse végétale dans le contrôle de l’alimentation des plantes tempérés et sub tropicales. Ed. Lavoisier, Paris, 810pp.
- Mattson, W.J., 1980** - Herbivory in relation to plant nitrogen content. *Annual Review Ecology Systematics* 11: 119-161.
- Mattson W. and Haack R., 1987** - Role of drought in outbreaks of plant-eating insects. *Bioscience*, 37(2): 110-118.
- Mattson W.J. et Scriber, J.M., 1987** - Nutritional ecology of insect folivores of woody plants: nitrogen, water, fiber, and minerals considerations. In: F. Slansky Jr. and J.G. Rodriguez (eds.), *Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and related invertebrates*. Wiley, New York, pp 105-146.
- McLean D.L. et Kinsey M.G., 1964** - A technique for electronically recording of aphid feeding and salivation. *Nature*, 202, 1358-1359.
- McNeill S. et Delisle J., 1989** - Le potentiel de l’écologie chimique dans la lutte contre les insectes nuisibles. *Phytoprotection* , vol. 74, n° 1, 1993, p. 29-39.
- McNeill S, Southwood TRE., 1978** - The role of nitrogen in the development of insect/plant relationships. *Biochemical aspects of plant and animal coevolution*. In: Harborne JB (ed) *Proceed-ings of the Phytochemical Society Symposium*, pp 78-98.

- Meghazi N., 2010** – Rôle du parasitoïde *Aphytis lepidosaphes* (Hymenoptera : Aphelinidae) dans la limitation des populations de *Lepidosaphes beckii* (Homoptera : Diaspididae) sur oranger dans la région de Rouiba. Mém. Ing., Ecol. Nat. Sup. Agro., El-Harrach, Alger, 35-42 p
- Mercier A., 1999** – L'importance du fonctionnement morphodynamiques du cour d'eau sur les habitats des éphémères l'exemple d'une rivière de montage : l'Ariège (Pyrénées centrale française), *Ephemera*, vol. 1(2) : 111-117.
- Mewis I., Ulrich C. et Schnitzler W.H., 2002** - The role of glucosinolates and their hydrolysis products in oviposition and host-plant finding by cabbage webworm. *Hellula undalis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 105, 129-139.
- Miller J.R. et Strickler K.S., 1984** - 'Finding and accepting host plants' dans Bell W.J. et Cardé R.T., *Chemical ecology of insects*, Chapman and Hall, London, pp 127 – 157.
- Monastero S., 1962** - Le cocciniglie degli agrumi in Sicilia (*Mytilococcus beckii* NEWM. - *Parlatoria ziziphi* LUCAS- *Coccus hesperidum* L. *Pseudococcus adonidum* L. - *Coccus olea* BERN. - *Ceroplastes rusci* L.) (III nota). *Bull. Ist. Ent. furi. e OSS. Fit. Palermo*, 4, 65-148.
- Monastero S., 1962** - Le cocciniglie degli agrumi in Sicilia. *Palermo Univ. Inst. Entomol. Agron. Bol.* 4:65-151.
- Monge J.P., Cortesero A.M. 1996** - Tritrophic interactions among larval parasitoids, bruchids and Leguminosae seeds; influence of preand post-emergence learning on parasitoids response. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 80, 293-296.
- Montgomery, M.E., 1983** - Biomass and nitrogen budgets during larval development of *Lymantria dispar* and *Choristoneura fumiferana*: allometrics relationships. In: Talerico R.L., Montgomery M. (ed) CANUSA workshop on forest defoliator-host-interactions: a comparison between gypsy moth and spruce budworm, New Haven, CT, 5-7 April 1983 General Technical Report NE-85. USDA Forest Service, Broomall, PA. pp. 133-140.
- Moraes C.M.d., Mescher M.C. et Tumlinson J.H, 2001** - Caterpillar-induced nocturnal plant volatiles repel conspecific females. *Nature*, 410, 577-580.
- Morel R., 1996** - Les sols cultivés., 2^{ème} édition., Editions Lavoisier, Paris., 399 P.
- Mostefaoui H., 2009** – Effet de la qualité de la plante hôte sur l'allocation des réserves énergétiques des pucerons dans un verger d'agrumes en Mitidja centrale. Mém. Mag. Agro., Univ. Blida, 199p.
- Mouas B., 1987** – Bioécologique de la cochenille virgule *Lepidosaphes beckii* Newman (coccidae, Diaspididae) dans un verger de clémentinier *Citrus reticulata* dans le domaine Chaoui Mabrouk (Annaba). Mém. Ing. Agron., Ecol. Nat. Sup. Agro., El-Harrach, 76p.

- Moughli., 2000** - Engrais minéraux, Caractéristiques et Utilisations., Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA., Transfert de technologie en agriculture, n° 72 Fertilisation des cultures., Ministère de l'agriculture et de développement rural, Maroc, 4 P.
- Müller C., 2006** - 'Plant-insect interactions on cuticular surfaces' dans Riederer M. et Müller C., Biology of the plant cuticle, Annual Plant Review, Blackwell Publishing, Oxford, pp 398 – 422.
- Mustin., 1987** – Le compost-gestion de la matière organique. Ed. François Dubusc, Paris, 954 p.
- Mutin G., 1977** – La Mitidja Décolonisation et espaces géographiques. Ed. OPU. Alger, 607p.
- Nadir M. – 1965** - Contribution à la détermination d'une fumure rationnelle des agrumes par l'analyse foliaire. _ Al Awamia, 16., Maroc, pp 123-147.
- O.N.M., 2015** – Relevés météorologiques de l'année 2014. Office National de météorologie. Station de Dar El Beida.
- Ouzzani T., 1984** - Approche bioécologique du pou noir d'oranger *Parlatoria ziziphi* LUCAS (Hom. Diaspididae) dans la Mitidja. Mém. Ing., Ecol. Nat. Sup. Agro., El Harrach, 72p.
- Ouzzani T., 1997** - Dynamique des populations de la cochenille noir de l'oranger *Parlatoria ziziphi* Lucas, 1983 (Coccidea : Diaspididae) dans un verger d'agrumes à Boufarik, essai de lutte. Mém. Magist. Ecol. Nat. Sup. Agro., El-harrach, 126 p.
- Piguet P., 1960** - Les ennemis des animaux des agrumes en Afrique du Nord. Ed. Soc.. Shell, d'Alger, 117 p.
- Podsiadlo E. and Bugila A., 2007** – Morphology of the second-instar males of *Parlatoria ziziphi* (Lucas) (Hemiptera: Diaspididae). Proceedings of the XI international symposium on scale studies, p. 51 - 53.
- Polese, J. M., 2008** - La culture des agrumes., Ed. Artemis, 95p.
- Praloran J.C., 1971** – Les agrumes, techniques agricoles et productions tropicale. Ed. Maisonneuve et Larose, Paris, 561 p.
- Premachandra GS., Hahn DT, Joly RJ., 1993** - Leaf water relations and gas exchange in two grain sorghum genotypes differing in their pre- and post-flowering drought tolerance. J Plant Physiol, 143, pp 96 - 101
- Quilici S., 2003** - Analyse du Risque Phytosanitaire AGR-a2 : *Brevipalpus californicus*, *Brevipalpus phoenicis*, *Brevipalpus obovatus*. CIRAD, Août 2003., 47pp.
- Quirion P. et Bourbeau P., 1994** – Lexique des sciences biologiques. Faculté des sciences et génies, Université Laval. Sainte-Foy, Quebec. P733

- Ramade F., 1984** - Eléments d'écologie – Ecologie fondamentale. Ed. Mc Graw-Hill, Paris, 397 p.
- Ramaswamy S.B., 1988** - Host finding by moths: sensory modalities and behaviours. *Journal of Insect Physiology*, 34, 235-249.
- Rapley L.P., Allen G.R. et Potts B.M., 2004** - Susceptibility of *Eucalyptus globulus* to *Mnesampela privata* defoliation in relation to a specific foliar wax compound. *Chemoecology*, 14, 157-163.
- Rebour H., 1950** – Les agrumes en Afrique du Nord. Union des Syndicats de Producteurs d'Agrumes, 477p.
- Reinecke J.P., 1985** - Nutrition: Artificial diets. In: *Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology*, vol. 4, ed. G.A. Kerkut and L.I. Gilbert, Oxford: Pergamon Press., pp. 391-419.
- Renwick J.A., 1983** - 'Nonpreference mechanisms: plant characteristics influencing insect behavior' dans Hedin P.A., *Plant resistance to insects. Proceedings of a symposium held at the 183rd Meeting of the American Chemical Society at Las Vegas, Nevada from 28 March to 2 April 1982.* American Chemical Society, Washington.
- Renwick J.A. et Chew F.S., 1994** - Oviposition behaviour in Lepidoptera. *Annual Review of Entomology*, 39 : 377-400.
- Renwick J.A. et Huang X., 1994** - 'Interacting Chemical Stimuli Mediating Oviposition by Lepidoptera' dans Ananthakrishnan T.N., *Functional Dynamics of Phytophagous Insects*, Oxford & IBH publishing Co. PVT, Ltd, New Delhi, Bombay, Calcutta.
- Riederer M., 1991** - The cuticle as the barrier between terrestrial plants and the atmosphere-significance of growth-structure for cuticular permeability. *Naturwissenschaften*, 78, 201-208.
- Riederer M. et Schneider G., 1989** - Comparative study of the composition of waxes extracted from isolated leaf cuticles and from whole leaves of Citrus: evidence for selective extraction. *Physiologia Plantarum*, 77, 373-384.
- Rodriguez E., Healey P.L. et Mehta I., 1984** - Biology and chemistry of plant trichomes. Plenum Press, New York, pp 23 – 51.
- Roessingh P. et Städler E., 1990** - Foliar form, colour and surface characteristics influence oviposition behaviour in the cabbage root fly *Delia radicum*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 57, 93-100.
- Roessingh P., Städler E., Baur R., Hurter J. et Ramp T., 1997** - Tarsal chemoreceptors and oviposition behaviour of the cabbage root fly (*Delia radicum*) sensitive to fractions and new compounds of host-leaf surface extracts. *Physiological Entomology*, 22, 140-148.

- Roessingh P., Städler E., Fenwick G.R., Lewis J.A., Nielsen J.K., Hurter J. et Ramp T., 1992** - Oviposition and tarsal chemoreceptors of the cabbage root fly are stimulated by glucosinolates and host plant extracts. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 65, 267-282.
- Rogers S.M. et Newland P.L., 2003** - The neurobiology of taste in insects. *Advances in Insect Physiology*, 31, 141-204.
- Ryan C.A., 2001** - Night moves of pregnant moths. *Nature*, 410, 530-531.
- Ryser Et Heller, 1997** - Carence en magnésium en arboriculture., Editions Agroscope RAC et FAW Wädenswil., 4 P.
- Sadallah A., 2014** – Effet de la teneur chimique des feuilles du clémentinier sur la dynamique des populations de *Parlatoria ziziphi* (Homoptera : Diaspididae) dans la région de Boufarik. Mém. Mst. Agro., Ecol. Nat. Sup. Agro. El-Harrach, Alger, 35-42 p
- Saighi H., 1998** - Bio systématique des cochenilles diaspines des plantes du jardin d'essai du Hamma et du parc de l'institut national agronomique d'El-Harrach. Mém Magt. Ecol. Nat. Sup. Agro. El-Harrach, Alger, 304p
- Salama, H.S.; Abdel Salam, A.L.; Donia, A. and Negahed, M.I., 1985** - Studies on the population and distribution pattern of *Parlatoria zizyphus* (Lucas) in citrus orchards in Egypt. *Insect. Sci. Appl.*, 6(1):43-47.
- Schlegel T.K., Schönher J. et Schreiber L, 2005** - Size selectivity of aqueous pores in stomatous cuticles of *Vicia fava* leaves. *Planta*, 221, 648-665.
- Schonherr J. et Merida T, 1981** - Water permeability of plant cuticular membranes: the effects of humidity and temperature on the permeability of non-isolated cuticles of onion bulb scales. *Plant Cell and Environment*, 4, 349-354.
- Schonherr J. et Schreiber L, 2004** - Size selectivity of aqueous pores in astomatous cuticular membranes isolated from *Populus canescens* (Aiton) Sm. leaves. *Planta*, 219, 405-411.
- Schoonhoven L.M., 1978** - The use of vegetable oils to protect stored beans from bruchid attack. *J. Econ. Entomol.* 71:254-256.
- Schoonhoven L.M., 1991** - 100 years of botanical instinct. *Symposia Biologica Hungarica*, 39, 3-14.
- Schoonhoven L.M., Jermy T. et van Loon J.J.A, 1998** - Insect-plant biology: from physiology to evolution. 1st Ed. Chapman and Hall, London. pp. 31 – 82
- Schreiber L., 2006** - Characterisation of polar paths of transport in plant cuticles dans Riederer M. et Müller C., Ed. *Biology of the plant cuticle*, Annual Plant Review, Blackwell Publishing, Oxford, pp 280 – 291.

- Schreiber L., Skrabs M., Hartmann K.D., Diamantopoulos P., Simanova E. et Santrucek J., 2001** - Effect of humidity on cuticular transpiration of isolated cuticular membranes and leaf disks. *Planta*, 214, 274-282.
- Schütt P. et Schuck H.J., 1973** - Seasonal variation in the composition of cuticular waxes in *Pinus sylvestris*. *Flora*, 162, 206-214.
- Schvester D., 1959.** –Les divers modes d'intervention des facteurs climatiques dans la limitation des population des scolytides xylophages, d'après des études sur *Scolytus (Ruguloscolytus) rugulosus* Muller 1818., International Congress of Crop Protection, Proceedings 4:769-772.
- Scora R. W., 1988** - Biochemistry, taxonomy and evolution of modern cultivated Citrus. Proc. Int. Soc. Citricult. VI. Congr. vol. 1. Margraf Publishers, Weikersheim, Germany, pp. 277–289.
- Scriber J.M., 1977** - Limiting effects of low leaf-water content on the nitrogen utilization. Energy budget and larval growth of *Hyalophora cecropid*. *Decologia* (Berlin). 28. 269-287.
- Seltzer P., 1946** – Le climat de l'Algérie. Inst. Météo. Phy. Glob., Univ. Alger, 219 p.
- Shepherd T., Robertson G.W., Griffiths D.W., Birch A.N.E. et Duncan G., 1995** - Environmental effect of the composition of epicuticular wax from kale (*Brassica oleracea*) and swede (*B. napus*). *Phytochemistry*, 40, 407-417.
- Sigwalt B., 1971** - Les études de démographie chez les cochenilles Diaspines à l'Oranger en Tunisie. Cas particulier d'une espèce a générations chevauchantes : *Parlatoria ziziphi* Lucas, applications à trois espèces nuisibles. *Ann. Zool. Ecol. Anim.*, 8 (1): 5 – 15.
- Simpson S.J. et Simpson C.L., 1989** - The mechanisms of nutritional compensation by phytophagous insects. *Insect-plant interaction*, E.A. Bernays, ed., CRC Press, Boca Raton, Florida, 111-160.
- Skiredj A., 2007** – Notion de base sur l'absorption des racines. Département d'Horticulture/IAV Hassan II/ Rabat/ Maroc.
- Slansky F.JR. et Rodriguez J.G., 1987** - Nutritional ecology of insects, mites, spiders and related invertebrates: an overview. In Slansky F.Jr. & Rodriguez J.G. (eds): *Nutritional Ecology of Insects, Mites, Spiders and Related Invertebrates*. John Wiley & Sons, London, New York, pp. 1–69.
- Smirnoff W. A., 1957** – La cochenille du palmier, dattier (*Parlatoria blanchardi* Targ.) en Afrique du nord. Comportement, importance économique, prédateurs et lutte biologique. *Entomophaga*, Tome II. N° 1, 98 p.
- Soldaat L.L., Boutin J.P. et Derridj S., 1996** - Species-specific composition of amino acids on leaf surface of four *Senecio* species. *Journal of Chemical Ecology*, 22, 1-12.

- Soltner D., 1999** - Les bases de la production végétale, T III, la plante et son amélioration. 2^{ème} Ed. Sciences et techniques agricoles "Le Clos Lorelle"- 49130 Saint-Gemmes-Sur-Loire., 304 P.
- Southwood, S.R., 1978** – Ecological methods with particular reference to the study of insect populations, 2nd ed. John Wiley and Sons, New York. 524p.
- Southwood S.R., 1986** - Plant surfaces and insects – an overview’ dans Juniper B. et Southwood S.R., Insects and the plant surface, Edward Arnold, London, pp 1-22.
- Spencer J.L., Pillai S. et Bernays E.A., 1999** - Synergism in the oviposition behavior of *Plutella xylostella*: sinigrin and wax compounds. Journal Insect Behavior, 12, 483-500.
- Spiegel-Roy P., et Goldschmidt E. E. (Eds.), 1996** - Biology of citrus. Cambridge University Press., Cambridge, UK., 230p.
- Städler E., 1986** - ‘Oviposition and feeding stimuli in leaf surface waxes’ dans Juniper B. et Southwood R.R.E., Insects and the plant surface, Edward Arnold, London, pp. 105–121
- Städler E., 2002** - Plant chemical cues important for egg deposition by herbivorous insects’ dans Hilker M. et Meiners T., Chemoecology of Insect eggs and egg deposition, Blackwell Publishing., Berlin, pp 171-197
- Städler E., Renwick J.A.A., Radke C.D. et Sachdev- Gupta K., 1995** - Tarsal contact chemoreceptor response to glucosinolates and cardenolides mediating oviposition in *Pieris rapae*. Physiological Entomology, 20, 175-187.
- Stammitti L., Derridj S. et Garrec J.P., 1996** - Leaf epicuticular lipids of *Prunus laurocerasus* importance of the extraction methods. Phytochemistry, 43, 45-48.
- Stammitti L., Garrec J.P. et Derridj S., 1995** - Permeability of isolated cuticles of *Prunus laurocerasus* to soluble carbohydrates. Plant Physiology and Biochemistry, 33, 319-326.
- Steinbauer M.J., Schiestl F.P. et Davies N.W., 2004** - Monoterpenes and epicuticular waxes help female autumn gum moth differentiate between waxy and glossy *Eucalyptus* and leaves of different ages. Journal of Chemical Ecology, 30, 1117-1142.
- Stockhoff B.A., 1993** - Ontogenetic change in dietary selection for protein and lipid by gypsy-moth larvae. J. Insect Physiol. 39: 677–686.
- Sweilem S.M., El-Bolok M.M., Abdel-Aleem R.Y., 1987** - Biological studies on *Parlatoria zizyphus* (Lucas) (Homoptera - Diaspididae). Bulletin de la Société Entomologique d’Egypte, 65 :301-317.
- Takarli F., 2012** - Eco éthologie de la cochenille noire *Parlatoria zizyphi* Lucas (Homoptera) sur le clémentinier de la Mitidja. Mem. Magist. Univ. Saad dahlab. Blida, 127p.

- Targioni Tozzetti A., 1868** - Introduzione alla seconda memoria per gli studii sulle Cocciniglie, e Catalogo dei generi e delle specie della famiglia dei Coccidi. Atti Soc. Ital. Sci. Nat. 11, pp: 694 — 738.
- Thibout E., Auger J. et Dakkouni M., 1985** - Short-term conservation of chemical information from the food-plant at the time of oviposition by the leek moth (Lepidoptera). Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences, III (Sciences de la Vie), 300, 489-492.
- Thiéry D. et Gabel B., 1993** - Inter-specific avoidance of egg-associated semiochemicals in four tortricids. *Experientia*, 49, 998 -1001.
- Thorsteinson., 1960** - Host Selection in Phytophagous Insects. Annual Review of Entomology, Vol. 5: 193-218.
- Thuriès L., Arrufat A., Dubois M., Feller C., Herrmann P., Larré-Larrouy M.C., Martin C., Pansu M., Rémy J.C. et Viel M., 2000** - Influence d'une fertilisation organique et de la solarisation sur la productivité maraîchère et les propriétés d'un sol sableux sous abri. *Etude et gestion du sol*. 7 (1). pp 73-88.
- Tjallingii W.F., 1978** - Electronic recording of penetration behaviour by aphids. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 24, 521-530.
- Trabut., 1910** - La défense contre les cochenilles et autres insectes fixés [suite]. *Rev. hortic. Algérie*. XIV. 11. p. 233—245.
- Tremblay N., Scharpf H C., Weier W., 2001** - Régie de l'azote chez les cultures maraîchères, Guide pour une fertilisation raisonnée., ISBN, Canada., 70 P.
- Tukey Jr H.B., 1970** - The leaching of substances from plants. *Annual Review of Plant Physiology*, 21, 305-324.
- Udayagiri S. et Mason C.E, 1995** - Host plant constituents as oviposition stimulants for a generalist herbivore: European corn borer. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 76, 59-65.
- Udayagiri S. et Mason C.E, 1997** - Epicuticular wax chemicals in *Zea mays* influence oviposition in *Ostrinia nubilalis*. *Journal of Chemical Ecology*, 23, 1675-1687.
- Van-Camp. L., Bujarrabal, B., Gentile, A-R., Jones, R.J.A., Montanarella, L., Olazabal, C. et Selvaradjou, S.K., 2004** - Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection. EUR 21319 EN/2., Office for Official Publications of the European Communities., Luxembourg. 872 pp
- Vet L.E.M., Dicke M., 1992** - Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. *Annu. Rev. Entomol.* 37, 141-172.
- Vogg G., Nastold P. et Jetter R., 2004** - Tomato fruit cuticular waxes and their effects on transpiration barrier properties: functional characterization of a mutant deficient in a

- very-long chain fatty acid B-ketoacyl-CoA synthase. *Journal of Experimental Botany*, 55, 1401-1410.
- Vrieling K. et Derridj S., 2003** - Pyrrolizidine alkaloids in and on the leaf surface of *Senecio jacobaea* L. *Phytochemistry*, 64, 1223-1228.
- Waldbauer, G.P., 1968** - The consumption and utilization of food by insects. *Advances in Insect Physiology*, 5: 229-288.
- Walker G.P. et Gordh G., 1989** - The occurrence of apical labial sensilla in the Aleyrodidae and evidence for a contact chemosensory function. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 35, 215-224.
- Wattendorff J. et Holloway P.J., 1984** - Periclinal penetration of potassium permanganate into mature cuticular membranes of *Agave* and *Clivia* leaves: new implications for plant cuticle development. *Planta*, 161, 1-11.
- Weseloh, R.M. et Andreadis, T.G., 1982** - Possible mechanism for synergism between *Bacillus thuringiensis* and the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) parasitoid, *Apanteles melanoscelus* (Hymenoptera: Braconidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 75: 435-438.
- Whittaker R.H., 1970** - The biochemical ecology of higher plants. *Chemical ecology*. Edited by Sondheimer E. and Simeone J.B., Academic press., New York, pp 43-70.
- Woodhead S. et Chapman R.F., 1986** - Insect behaviour and the chemistry of plant surface waxes' dans Juniper B. et Southwood R., *Insects and the plant surface*, Arnold, London.
- Yesuf M., 2002** - Improving the quality of instruction in Nigerian primary and secondary schools through the broadcast media. *Journal of Curriculum and Instruction*, 6, 47 - 54.
- Younsi M., 1990** – Amélioration variétales : Sélection nucléaire de Valencia late (*Citrus sinensis* L.). I.N.E.S.Blida, p63.
- Yu S.J., 1984** - Interactions of allelochemicals with detoxification enzymes of insect-susceptible and resistant armyworm. *Pest. Biochem. Physiol.* 22, 60-68.
- Yu S.J., Hsu E.L., 1993** - Induction of detoxification enzymes in phytophagous insects: roles of insecticide synergists, larval age and species. *Arch. Ins. Biochem. Physiol.* 24, 21-32.
- Zekri F., 1993** – Etude bioécologique du pou noir d'oranger *Parlatoria ziziphi* Lucas (Hom. Diaspididae) dans la région de Boufarik. *Mém. Ing., Ecol. Nat. Sup. Agro., El Harrach, Algérie*, 141p.
- Zellat., 1984** – Entomofaune dans un verger d'agrumes à Mohammadia (Mascara), *Parlatoria ziziphi* Lucas (Homoptera, Diaspididae), *Aleurothrixus floccosus* Maskell (Homoptera, Aleyrodidae) et *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera, Trypetidae). *Mém. Ing. Ecol. Nat. Sup. Agro., El Harrach, Algérie*, 120p.

<http://aramel.free.fr>

<http://aramel.free.fr/INSECTES10-2.shtml>



ANNEXES



Tableau 4 : L'évolution des superficies, productions et rendements des agrumes par région de 2005/2009.

Région	Années	2005	2006	2007	2008	2009
Est	Superficies (ha)	6 111	6 145	6132	6156	6265
	Productions (qx)	567 580	624 300	616635	652837	727280
	Rendement (qx/ha)	80	85	138	90	109
Centre	Superficies (ha)	30 512	31 120	31329	31554	32010
	Productions (qx)	3 353 490	3 893 610	3774035	4005743	4483410
	Rendement (qx/ha)	143	134	140	142	155
Ouest	Superficies (ha)	16 338	16 324	16453	16664	16485
	Productions (qx)	1 255 990	1 324 345	1651965	1687200	2167865
	Rendement (qx/ha)	101	93	97	93	109

Tableau 5. - Différents travaux que les agrumes nécessitent pour un bon développement et un meilleur rendement.

Mois	Nature des travaux effectués
Octobre	<ul style="list-style-type: none"> •Epannage d'engrais, PK, 6 qx / ha. •Début de la récolte des Satsumas et clémentines (région Ouest). •Semis des engrais verts, (féverole, vesce, moutarde). •Traitements contre la Cératite.
Novembre	<ul style="list-style-type: none"> •Récolte des Satsumas, clémentines et début de la récolte de Thomson navel. •Début de traitement contre la pourriture brune et l'aleurode au moyen d'un fongicide, mouiller seulement la moitié inférieure de la fécondation et le sol.
Décembre	<ul style="list-style-type: none"> •Suite de la récolte des Satsumas, clémentines, Thomson navel. •Début de la récolte des Hamline et Cadenera. •Taille des arbres récoltes. •Traitements contre les pourritures. •Traitement contre les mousses et les lichens, mouiller surtout les troncs et les grosses branches.
Janvier	<ul style="list-style-type: none"> •Fin de la récolte des clémentines et suite de la récolte des navels, citrons et pomelos. •Début de la récolte des oranges communes et mandarine. •Taille de formation, et d'entretien des arbres récoltés.
Février	<ul style="list-style-type: none"> •Suite de la taille annuelle (ne pas oublier les masticages des plaies). •Début de plantation nouvelle. •Début des disquages et enfouissement des engrais verts s'il y a lieu selon les conditions atmosphériques (région ouest prévoir 30 à 40 unités d'azote supplémentaires). • Remise en état du matériel d'irrigation, pompe, matériels mobiles. •Apport de la première tranche de la fumure azotée 4 qx/ha d'ammonitrate à 33%. •Plantation en terre ressuyée. •Suite des plantations. •Suite des disquages et enfouissement d'engrais vert s'il y a lieu. •Suite de l'épandage de la fumure azotée 1^{ère} tranche.
Mars	<ul style="list-style-type: none"> •Suite de la récolte des oranges de saison, début de la récolte mandarine Wilking. •Suite de la taille annuelle. •Traitements contre pucerons et acariens. •Entretien du réseau d'irrigation.

Avril	<ul style="list-style-type: none"> ● Suite et fin de la plantation. ● Début de la récolte des variétés tardives. ● Suite de l'entretien. ● Suite des traitements contre les Pucerons, les Thrips, les Acariens et les Cératites. ● Suite entretien du réseau d'irrigation. ● Préparation à l'irrigation (région Ouest).
Mai	<ul style="list-style-type: none"> ● Suite de disquage. ● Suite des récoltes sur les variétés tardives. ● Terminer la taille des arbres récoltes. ● Lutte contre les carences.
Juin	<ul style="list-style-type: none"> ● Suite des disquages si nécessaire. ● Epanchage de la 2^{ème} tranche de fumure azotées 'A de dose soit 1,5 à 2 qx / ha d'ammonitrate 33,5%. ● Suite et fin de la récolte des variétés tardives. ● Début des traitements contre les cochenilles et suite des irrigations (ne pas laisser l'eau arriver jusqu'au collet particulier dans les terres fortes pour éviter la gommose).
Juillet	<ul style="list-style-type: none"> ● Suite des traitements contre les cochenilles (mouiller abondamment les arbres ainsi que le bas des brises vents). ● Défoncements et fumure de fond. ● Suite des irrigations. ● Piochage aux pieds des arbres. ● Commandes produits contre les Cératites.
Août	<ul style="list-style-type: none"> ● Suite des défoncements et fumure de fond. ● Suite des disquages. ● Epanchages fumure azotées 3^{ème} tranches Y4 de dose soit 1,5 à 2qx/ha d'ammonitrate à 33,5%. ● Suite des irrigations. ● Piégeage et ramassage contre révolution de la Cératite à l'aide des gobe-mouches).
Septembre	<ul style="list-style-type: none"> ● Suite piégeage contre la révolution de la Cératite et éventuellement les traitements. ● Suite et fin des défoncements. ● Disquage pour maintenir le sol propre. ● Suite des irrigations si nécessaire.

Tableau 08 : Eléments essentiels à la croissance des plantes (Bockman *et al.*, 1990).

Eléments nutritifs	Forme chimique absorbée par la plante	Rôle
Macroéléments		
Azote (N)	NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻	Constituant numéro un des protéines et composé fondamental de la matière vivante (Binet et Prunet, 1967). L'excès de N, par temps couvert et froid, entraîne l'accumulation des nitrates dans la plante. (Gautier, 1987). Coutanceau (1962), note que l'excès d'azote se traduit en général par une végétation active, une floraison faible, production de fruits de mauvaise conservation et enfin une sensibilité exagérée aux parasites.
Phosphore (P)	H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ⁻	Joue les rôles suivants : transfert d'énergie (ATP) (F.A.O., 2003), transmission des caractères héréditaires (acides nucléiques), photosynthèse et dégradation des glucides. C'est un élément essentiel pour la floraison, la nouaison, la précocité de la production, le grossissement des fruits et la maturation des graines (Gautier, 1987).
Potassium (K)	K ⁺	Très mobile dans la plante, rapidement distribué dans les différents organes du végétal. Joue un rôle fondamental dans l'absorption des cations, l'accumulation des hydrates des protéines, l'organisation de la cellule, le maintien de la turgescence de la cellule, la régulation de l'économie de l'eau des plantes (régulation des stomates) et la résistance des plantes au gel et à la sécheresse ; c'est un activateur du système enzymatique (Binet et Prunet, 1967), (Heller, 1984), (Lafon <i>et al.</i> , 1996), (Soltner, 1999), (F.A.O., 2003) et (Lepoivre, 2003). Il est essentiel pour le transfert des assimilés vers les organes de réserve (bulbes et tubercules). Est un besoin spécifique qu'aucune autre cation ne saurait compensé ni remplacé, C'est pourquoi, sa carence comme son excès sont nuisibles à la résistance et à la qualité. Cette carence est très fréquente en Algérie sur arbres fruitiers et vigne (Khelil, 1989).
Soufre (S)	SO ₄ ²⁻	Constituant des acides aminés. Il joue un rôle fondamental dans le métabolisme des vitamines. Responsables des odeurs et saveurs de certaines plantes
Magnésium (Mg)	Mg ⁺⁺	Constituant de la chlorophylle (joue un rôle important sur la photosynthèse). Il active près de 300 processus enzymatiques et en particulier celui lié au métabolisme des hydrates de carbone. Il agit sur la stabilité de la membrane cellulaire, sur la régulation du transport ionique interne, favorise la synthèse des protéines, des sucres et des lipides, régularise la réduction des nitrates et influence l'absorption et la translocation des phosphates (Ryser Et Heller, 1997) et (Soltner, 1999). régulateur du métabolisme des fruits (Gautier, 1987).
Calcium (Ca)	Ca ⁺⁺	Constitue près de 50 % des cendres de la plante entière et essentiellement des parois cellulaires. Il joue un rôle dans la neutralisation des acides organiques.
Micro-éléments		
Fer (Fe)	Fe ²⁺	Elément essentiel dans la formation de la chlorophylle et le transport d'oxygène (respiration). + Catalyseur de plusieurs enzymes.

Zinc (Zn)	Mn ²⁺	Formation de plusieurs hormones de croissance, stimulation de la croissance précoce et du développement des fruits.
Cuivre (Cu)	Cu ²⁺	Stimule la germination et la croissance, renforce les parois cellulaires, catalyse la formation d'hormones de croissance et a un rôle essentiel dans la nitrification.
Bore (B)	H ₃ BO ₃	Intervient au niveau du métabolisme et du transport des glucides, joue un rôle important au niveau de la formation et de la fertilité du pollen, de la résistance des parois cellulaires, participe à la synthèse des protéines et favorise la fixation de N ₂ atmosphérique chez les légumineuses.
Molybdène (Mo)	MoO ₄ ²⁻	essentielle dans l'assimilation de l'azote, indispensable à l'activité nitrate réductase et pour les bactéries fixatrices de N ₂ pour les légumineuses.
Manganèse		Synthèse de la chlorophylle, la résistance au gel et activateur de la nitrate réductase.

Tableau 9 : Mortalité des populations larvaires et des adultes de *P.ziziphi* sur oranger dans la région de Rouiba

0	LMVP	LP	% LP	AMVP	AP	% AP
15-nov	453	9	1,99	425	20	4,71
décembre	314	1	0,32	246	5	2,03
janvier	342	3	0,88	253	7	2,77
février	500	16	3,20	463	46	9,94
mars	394	20	5,08	297	56	18,86
avril	446	23	5,16	391	50	12,79
mai	330	11	3,33	298	40	13,42
juin	326	12	3,68	335	51	15,22
juillet	351	46	13,11	391	67	17,14
Aout	387	8	2,07	254	9	3,54
	3843	149	3,88	3353	351	10,47

ناونعلا: ريثأت نداعملا قبرتلا بلع قنبيلا نم (*Parlatoria ziziphi*) (تاهباشتم قحنجلا) (*Diaspididae*) يف ناتسب لاقتربلا يف

قبيور

قصلاحلا: اذه لمعلا طلسي عوضلا بلع قسارد قنبيلا نم *Parlatoria ziziphi* ريثأتو نداعملا قبرتلا بلع ناكسلا قيمانتملا مهذل زكرملا هي جوت حمر بناجالو يقيدلا يف ناتسب لاقتربلا يف قبيور. نعضو يزمرق قنثلا لايجا يف قنثلا يتلا نمازتت عم يشفت قنثلا نم غسلا. قبيور *P. ziziphi* قيجولوي س فلا لحارملا بابشلا، فبصلا فيرخلا عيبرلاو. قولاعو بلع، كلذ هذه قرشحلا بلع قاطن اهلو قنص قبيور ادج قفاضلا ابو بلا، كلذ ناف ليلحتلا بنايميكلا، قبرتلا حمس اهل قفر عمل قلاح نم بارت انيدل ناتسب بلقلا نم قارولأا قرفوت يتلا بلثملا فورظلا اهنيمنتل. تايفولا يشفت يزمرق تاجايتحلاو قيناغلا قيرش قنل ادوسلا يف، لاقتربلا نم للاح ديدحت بوتحملا بنايميكلا رصانعل قيسيرلا قنثلا يف قبخاملا قانلاو تاغلابلا. نأ بعلت ارود يف دحلل نم راشيتنا هذه يزمرق قبرتلا. نيچور قنبيلا روفسوقلاو، مويساتوبلاو عم ددع ليلق نم دعاوقلا فرصلل. بترتيو بلع، كلذ نأ قيسانتم بلا نأ بوتحم **P**، **N**، مويسالكلا مويسينغملو. يف نيح ودبي نأ ك **Tamamk** قحجلا *Parlatoria ziziphi*، ققلاع، قيناغلا، قنبيلاو، نداعملو قبيور

Titre : L'effet des sels minéraux du sol sur l'écologie de *Parlatoria ziziphi* (Homoptera : Diaspididae) dans un verger d'oranger à Rouiba

Résumé : Le présent travail met en évidence l'étude de l'écologie de *Parlatoria ziziphi* ainsi que l'effet des sels minéraux du sol sur le développement des populations de cette cochenille dans un verger d'oranger à Rouiba. La cochenille développe trois générations annuelles qui coïncident avec les trois poussées de sève ; estivale, automnale et printanière. Par ailleurs, cette cochenille présente une affinité très marquée pour l'orientation centre de l'arbre et la face inférieure des feuilles qui offrent les conditions optimales pour son développement. La mortalité naturelle de *P. ziziphi* est d'ordre climatique pour les jeunes stades et physiologique pour les femelles adultes. En outre, l'analyse chimique du sol, nous a permis de connaître l'état du sol de notre verger ainsi que les exigences nutritionnelles du Pou noir de l'oranger, en déterminant la teneur chimique des trois éléments majeurs dans le sol ; l'Azote, le Phosphore et le Potassium, avec quelques bases échangeables. Il en résulte, que les pullulations de la cochenille sont proportionnelles à celle de la teneur en **N**, **P**, **Ca** et **Mg** ; alors que le **K** semble jouer un rôle limitateur de la pullulation de cette cochenille

Mots clés : Agrumes, *Parlatoria ziziphi*, relation nutritionnelle, Ecologie, sels minéraux, Rouiba

Title: The effect of soil minerals on the ecology of *Parlatoria ziziphi* (Homoptera: Diaspididae) in an orchard of orange in Rouiba.

Abstract: This work highlights the study of the ecology of *Parlatoria ziziphi* and the effect of soil minerals on the growing populations of this mealybug in an orchard of orange in Rouiba. Cochineal developed three generations per year, which coincide with the three outbreaks of sap; summer, fall and spring. Moreover, this scale insect has a very strong affinity for the orientation shaft center and the underside of leaves that provide optimal conditions for its development. The natural mortality is *P. ziziphi* climatic youth physiological stages and for adult females. In addition, the chemical analysis of soil, allowed us to know the condition of the soil of our orchard and the nutritional requirements of the orange black Pou, by determining the chemical content of the three major elements in the soil; Nitrogen, Phosphorus and Potassium, with few exchangeable bases. It follows, that outbreaks of the cochineal are proportional to that of the content of N, P, Ca and Mg; while the K seems to play a limiting role in the proliferation of this cochineal

Keywords: Citrus, *Parlatoria ziziphi*, nutritional relationship, Ecology, minerals, Rouiba