

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Batna 1



Institut des Sciences Vétérinaires et des Sciences Agronomiques

Département des Sciences Agronomiques



Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences

Option : Protection des plantes

Présentée par  
LEBBAL Salim

Sujet

# **Etude bioécologique des pucerons inféodés aux agrumes dans la région de Skikda**

Jury :

Président	OUJJEHIIH Bachir	Prof. Université de Batna 1
Directeur de thèse	LAAMARI Malik	Prof. Université de Batna 1
Examinatrice	LOMBARKIA Nadia	Prof. Université de Batna 1
Examineur	SOLTANI Noureddine	Prof. Université d'Annaba
Examineur	BOUDJELIDA Hamid	Prof. Université d'Annaba
Examineur	LOUADI Kamel	Prof. Université de Constantine 1

Année universitaire : 2016 / 2017

## ***Remerciements***

D'abord nous remercions ALLAH de nous avoir donné la force et la santé pour mener à terme cette thèse

*Louange à Allah, Seigneur de l'univers, le Tout Puissant et Miséricordieux.*

Je tiens à remercier le Professeur LAAMARI Malik, d'avoir accepté de diriger ce travail et pour l'aide dont j'ai bénéficié tout au long de sa réalisation, qu'il soit assuré de ma reconnaissance.

Mes remerciements vont également au Professeur OUDJEHIIH Bachir, qui m'a fait l'honneur de présider mon jury.

Je suis également très reconnaissant aux Professeurs LOMBARKIA Nadia, SOLTANI Noureddine, BOUDJELIDA Hamid et LOUADI Kamel, pour l'honneur qu'ils m'ont accordé en acceptant d'examiner, d'évaluer et de juger mon travail.

Mes remerciements s'adressent à mes parents, à ma femme et à toute ma famille pour leur soutien moral et matériel.

J'adresse aussi mes remerciements au staff de l'Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière (Station d'Emjez Edchich, Skikda), à toute l'équipe du laboratoire de Génomique des Insectes Ravageurs des Cultures (Université de Tunis Elmanar), en particulier le Professeur BOUKTILA Dhia, à Aissa et Adel pour leur collaboration.

Enfin, à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, mes vifs Remerciements.

*Jazakom ALLAH kheyren*

## ***Dédicaces***

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents

Ma chère femme Aïcha et ma petite Loudjaine

Toute ma famille et mes proches

## *Liste des abréviations*

- µl : microlitre
- ADP : Adénosine diphosphate
- ANDI : Agence Nationale de Développement de l'Investissement
- ANIRF: Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière
- ATP : Adénosine triphosphate
- C : cytosine
- CNCC : Centre National de Contrôle et Certification des semences et des plants
- CTV* : *Citrus tristeza virus*
- DSASI : Direction des Statistiques Agricoles et des Systèmes d'Information
- FAO : Food and Agriculture Organization
- G : guanine
- ha : hectare
- ITAF : Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière
- mm : millimètre
- MS : Matière Sèche
- MT : Millions de Tonnes
- ng : nano gramme
- nm : nanomètre
- pb : paire de base
- PCR : *Polymerase Chain Reaction* (réaction en chaîne par polymérase)
- Qx : quintaux
- RAPD : *Randomly Amplified Polymorphic DNA* (ADN amplifié de façon aléatoire)
- RFLP : *Resfriction Fragment Length Polymorphism* (polymorphisme de longueur des fragments de restriction)
- s : seconde
- SAU : Surface Agricole Utile
- UPOV : Union internationale pour la Protection des Obtentions Végétales
- UV : Ultra Violet

## *Table des matières*

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des abréviations	
<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b><i>Chapitre 1: Synthèse bibliographique</i></b>	
<b>1.1. Généralités sur les agrumes</b>	<b>5</b>
1.1.1. Classification botanique	5
1.1.2. Cycle végétatif annuel	6
1.1.3. Exigences	6
1.1.4. Importance économique	7
1.1.4.1. Dans le monde	8
1.1.4.2. En Algérie	9
1.1.5. Contraintes	10
<b>1.2. Généralités sur les pucerons</b>	<b>11</b>
1.2.1. Systématique	11
1.2.2. Morphologie	11
1.2.3. Biologie	12
1.2.4. Dégâts	14
1.2.5. Lutte	16
1.2.6. Interaction puceron - plante hôte	17
1.2.7. Pucerons des agrumes	20
1.2.7.1. Puceron du cotonnier <i>Aphis gossypii</i>	21
1.2.7.2. Puceron vert des agrumes <i>Aphis spiraecola</i>	21
1.2.7.3. Puceron noir des agrumes <i>Toxoptera aurantii</i>	22
1.2.7.4. Puceron brun des agrumes <i>Toxoptera citricida</i>	22
1.2.7.5. Puceron de laurier rose <i>Aphis nerii</i>	22
1.2.7.6. Puceron du pêcher <i>Myzus persicae</i>	23
1.2.7.7. Puceron noir de la luzerne <i>Aphis craccivora</i>	23
1.2.7.8. Puceron de la pomme de terre <i>Macrosiphum euphorbiae</i>	23
<b><i>Chapitre 2 : Présentation de la région d'étude</i></b>	
<b>2.1. Situation géographique</b>	<b>25</b>
<b>2.2. Données climatiques</b>	<b>25</b>
2.2.1. Températures	25
2.2.2. Pluviométrie, humidité et vents	27
2.2.3. Synthèse climatique	29
2.2.3.1. Diagramme ombrothermique	29
2.2.3.2. Détermination de l'étage bioclimatique	31
<b>2.3. Couvert végétal</b>	<b>32</b>
2.3.1. Milieu naturel	32

2.3.2. Milieu cultivé	33
-----------------------	----

### ***Chapitre 3 : Matériel et Méthodes***

<b>3.1. Matériel</b>	34
3.1.1. Matériel végétal	34
3.1.2. Matériel animal	37
3.1.3. Autre matériel	38
<b>3.2. Méthodes</b>	38
3.2.1. Choix du site	38
3.2.2. Suivi de la dynamique des populations	40
3.2.2.1. Technique d'échantillonnage	40
3.2.2.2. Techniques appliquées au laboratoire	40
3.2.2.2.1. Triage et conservation	40
3.2.2.2.2. Montage	40
3.2.2.2.3. Identification	41
3.2.3. Niveau d'infestation des variétés de mandarinier	41
3.2.3.1. Echantillonnage	41
3.2.3.2. Caractérisation morphologique	42
3.2.3.3. Dosage des flavonoïdes et polyphénols	42
3.2.4. Variation des infestations des agrumes en fonction des poussées de sève	43
3.2.4.1. Echantillonnage	43
3.2.4.2. Dosage des éléments minéraux	44
3.2.5. Polymorphisme génétique chez <i>Aphis spiraecola</i>	44
3.2.5.1. Echantillonnage	45
3.2.5.2. Extraction de l'ADN	45
3.2.6. Analyse statistique	47

### ***Chapitre 4 : Résultats et discussions***

<b>4.1. Espèces identifiées</b>	48
4.1.1. Résultats	48
4.1.2. Discussion	48
<b>4.2. Répartition des aphides en fonction des espèces d'agrumes</b>	50
4.2.1. Résultats	50
4.2.2. Discussion	50
<b>4.3. Importance des effectifs totaux</b>	52
4.3.1. Résultats	52
4.3.2. Discussion	52
<b>4.4. Evolution des effectifs dans le temps</b>	55
4.4.1. Résultat	55
4.4.2. Discussion	57
<b>4.5. Niveau d'infestation des variétés de mandarinier</b>	61
4.5.1. Résultats	61
4.5.2. Discussion	63

<b>4.6. Variation intraspécifique des infestations et des minéraux foliaires en fonction des poussées de sève chez le mandarinier</b>	68
4.6.1. Résultats	68
4.6.2. Discussion	69
<b>4.7. Variation interspécifique des infestations et des minéraux foliaires en fonction des poussées de sève chez les agrumes</b>	72
4.7.1. Résultats	72
4.7.2. Discussion	73
<b>4.8. Etude du polymorphisme génétique chez <i>Aphis spiraecola</i></b>	75
4.8.1. Résultats	75
4.8.2. Discussion	81
<b>Conclusion</b>	85
<b>Références bibliographiques</b>	87
Résumé	
Abstract	
ملخص	

## *Introduction*

Les agrumes représentent une culture fruitière importante dans le monde entier (Al-taha *et al.*, 2012). Botaniquement, le genre *Citrus* englobe les arbres à feuilles persistantes de la famille des Rutacées (Meagher, 2008). Parmi les espèces appartenant à ce genre, il y a lieu de citer l'oranger doux (*C. sinensis* L.), les mandariniers (*C. reticulata* Blanco, *C. deliciosa* Ten.), le satsuma (*C. unshiu* Marc.), le clémentinier (*C. clementina* Hort. ex Tan), le pamplemoussier (*C. grandis* L. Osbeck), le citronnier (*C. limon* L.), le lime (*C. aurantifolia* Christm. Swingle) et le pomelo (*C. paradisi* Macfad.) (Hanke & Flachowsky, 2010). En outre, il y a des hybrides utilisés comme porte-greffes ; cas des citranges (oranger doux × oranger trifolié), de citrumelo (pomelo × oranger trifolié), de tangelos (mandarinier × pamplemoussier ou pomelo), des tangors (mandarinier × oranger doux) et des hybrides de mandariniers (Peña *et al.*, 2007).

Les agrumes sont cultivés dans plus de 100 pays à travers le monde (Peña *et al.*, 2007). Leurs principales zones de production, sont les régions subtropicales, le sud des États-Unis, la région méditerranéenne, l'Afrique du Sud, l'Amérique centrale, l'Australie, la Chine et le Japon (Hill, 2008). Les agrumes cultivés dans les régions tropicales et subtropicales, donnent la production la plus importante dans le monde (Hanke & Flachowsky, 2010). La production mondiale des agrumes est estimée à environ 135 millions de tonnes en 2013 (FAOStat, 2015). L'oranger doux, est le plus cultivé (Skaria, 2004). Il représente à lui seul 75% de la production totale, suivi par le mandarinier, le pomelo et le citronnier (Singh & Rajam, 2009).

Les agrumes sont commercialisés principalement sous forme de fruits frais ou de jus transformé (Peña *et al.*, 2007). La consommation des agrumes semblent être associée à une diminution de risque de certaines maladies chroniques (Kelebek, 2010). A titre d'exemple, l'héspéridine, présente dans les fruits d'agrumes, réduit sensiblement la tension artérielle. Par ailleurs, les agrumes sont très utilisés en pharmacologie pour la préparation des médicaments contre les maux de dents, la diarrhée, la constipation, l'insomnie et les vomissements (Singh & Rajam, 2009). De plus, les agrumes ont une action antiscorbutique. Ils sont utilisés pour faciliter la digestion, diminuer les flatulences, baisser la fièvre, stimuler les défenses du système immunitaire, réguler le rythme cardiaque, calmer les palpitations et soulager les rhumatismes (Escartin, 2011).

En outre, les agrumes sont très riches en vitamine C et en d'autres vitamines et sels minéraux. En raison de leurs qualités nutritionnelles et organoleptiques, les agrumes contribuent à l'équilibre nutritionnel pour les populations à travers le monde (Lacirignola & D'Onghia, 2009). De plus, les agrumes ont d'autres utilisations secondaires, comme aliments des animaux et comme carburants (Kimball, 1999).

L'industrie des agrumes est l'une des principales composantes de l'agriculture, garantissant ainsi des revenus importants aux populations rurales défavorisées, notamment, dans les pays du pourtour méditerranéen (Dambier *et al.*, 2011).

L'Algérie est l'un des principaux pays producteurs d'agrumes dans la région méditerranéenne. Le secteur algérien des agrumes joue un rôle clé en termes économiques (Schimmenti *et al.*, 2013). En 2013, la superficie cultivée était de 41 382 ha pour les oranges, 12 115 ha pour les tangerines, les mandarines, les clémentines et satsuma, et enfin 3 897 ha pour les citrons et limes (FAOStat, 2015). Pays exportateur d'agrumes juste après l'indépendance, l'Algérie n'arrive plus aujourd'hui à satisfaire ses besoins nationaux (Biche, 2012). Après avoir connu un essor grandissant, les *Citrus* algériens subissent, depuis quelques années, un déclin considérable de la production et de la qualité des fruits. Parmi les causes de ce déclin, les maladies et les ravageurs, tiennent une place prépondérante (Boulfekhar-Ramdani, 1998).

Plusieurs maladies et ravageurs, entre autres, la tristeza et les pucerons, sont responsables de dommages importants, que ce soit en Algérie ou dans d'autres pays du monde. La tristeza causée par *Citrus tristeza virus* (CTV), a touché la plupart des grandes zones de production d'agrumes en Amérique pendant plusieurs décennies et à partir de là, elle a gagné de nombreuses régions du monde, y compris certains pays méditerranéens, comme l'Espagne (Bonnemain, 2010). C'est une maladie de quarantaine (Assabah, 2002) et sa propagation est assurée essentiellement par les pucerons, en particulier, *Toxoptera citricida* Kirkaldy, *T. aurantii* B., *Aphis spiraecola* Patch et enfin *A. gossypii* Glover (Bellabas, 2011).

Les pucerons sont parmi les groupes d'insectes les plus importants. De nombreuses espèces sont classées comme des ennemis très redoutables des cultures, des forêts et des plantes ornementales (Sullivan, 2008). Il y a environ 4000 espèces à travers le monde, dont environ 250 espèces sont inféodées aux cultures (Bhatia *et al.*, 2011). Lors de la prise

alimentaire à partir de la sève des plantes, les pucerons injectent des toxines salivaires et des virus phyto-pathogènes (Chrzanowski *et al.*, 2009). Leurs toxiques provoquent, entre autres, un enroulement caractéristique des feuilles et un ralentissement de la croissance des branches (Loussert, 1989).

Par ailleurs, il est à noter que les pucerons figurent parmi les ravageurs les plus polyphages. Il est donc important de comprendre leur cycle de vie afin de maîtriser leurs pullulations (Kindlmann & Dixon, 2010). Cependant, les données concernant la dynamique des populations des pucerons associées aux agrumes sont fragmentaires et limitées (Lapchin *et al.*, 1994), notamment en Algérie. Parmi les études menées, il y a celle de Saharaoui et Hemptinne (2009), qui a traité les pucerons et leurs prédateurs sur le citronnier dans la région de Rouiba (Alger). Il y a également le travail méritoire d'Hidalgo *et al.* (2012), qui a permis d'inventorier les pucerons associés au bigaradier et au citronnier dans les régions de Tlemcen et Aïn Témouchent. Malgré ces initiatives, beaucoup d'aspects sur le plan écologique et biologique des pucerons des agrumes, restent non abordés.

La lutte chimique est le moyen le plus utilisé pour le contrôle des infestations des pucerons. En plus de son coût élevé, cette méthode présente un danger potentiel pour l'environnement (Bhatia *et al.*, 2011). Certains pesticides polluent les eaux de surface et les eaux souterraines (Horrigan *et al.*, 2002). Par ailleurs, Sullivan (2008) a mentionné que les pesticides non sélectifs peuvent détruire les auxiliaires. Ces molécules chimiques sont également impliquées chez l'homme dans des cas de cancers, de maladies tératogènes, mutagènes, destruction du système immunitaire et la perturbation des sécrétions endocriniennes. Ces risques sont liés à la consommation des résidus des pesticides avec les aliments et l'eau ou à la respiration de l'air pollué (Horrigan *et al.*, 2002). En outre, l'utilisation massive des insecticides a conduit à l'apparition des souches résistantes de pucerons (Harmel *et al.*, 2008), et d'autres espèces de ravageurs (Brévault *et al.*, 2003). Ce phénomène de résistance a été mis en évidence dès 1928 (Aubert *et al.*, 2005). Par conséquent, les scientifiques ont commencé à chercher d'autres moyens pour lutter contre ces insectes (Jordan, 2013).

L'utilisation des variétés dotées d'une résistance naturelle contre les insectes et les maladies, semble être l'une des méthodes de lutte alternatives les plus intéressantes, en raison de ses avantages multiples sur le plan économique (Smith, 2005) et écologique (Bhatia *et al.*,

2011). Ainsi, l'emploi de nouvelles variétés et de porte-greffes, combinant la tolérance aux principaux stress biotiques et abiotiques et les bons paramètres de production, constitue un objectif majeur pour les chercheurs dans le domaine de la protection phytosanitaire (Maserti *et al.*, 2011).

Dans cette étude, les prospections effectuées entre janvier 2012 et octobre 2015, ont permis de dresser d'abord une liste des aphides dans un verger agrumicole à Skikda. Par ailleurs, il est procédé à l'étude de la corrélation entre certains paramètres morpho-métriques et chimiques propres à certaines variétés d'agrumes et leur niveau d'infestation par les pucerons. Une étude a été également réservée au polymorphisme génétique du puceron des agrumes *Aphis spiraecola*, en fonction des variétés et des espèces d'agrumes.

# *Chapitre 1: Synthèse bibliographique*

## **1.1. Généralités sur les agrumes**

### **1.1.1. Classification botanique**

La plupart des taxonomistes, considèrent que le genre *Citrus* fait partie de l'ordre des Geraniales et de la famille des Rutaceae (Nicolosi, 2007). Cette dernière comprend 140 genres et 1300 espèces à travers le monde (Singh & Rajam, 2009). Elle est subdivisée en six sous-familles et dont celle des Aurantioideae, regroupe les vrais agrumes. Au sein des Aurantioideae, tribu des Citreae et sous-tribu des Citrinae, il est classé les genres, *Citrus*, *Poncirus*, *Eremocitrus*, *Microcitrus*, *Fortunella* et *Clymenia* (Agustí *et al.*, 2014). Tous les porte-greffes et variétés d'agrumes, sont inclus dans le genre *Citrus*, à l'exception des kumquats (*Fortunella* spp.) et de l'oranger trifolié (*Poncirus trifoliata* L. Raf.) (Peña *et al.*, 2007). Ce dernier représente le porte-greffe qui confère au greffon la meilleure résistance au froid et il est caractérisé également par sa tolérance à la tristeza (Loussert, 1989).

D'après Agustí *et al.* (2014), le genre *Citrus* est composé de plusieurs espèces, dont la taille varie de moyenne à grande. Les branches sont anguleuses avec de nombreuses épines quand l'arbre est jeune et cylindrique avec des épines moins proéminentes à maturité. D'après les mêmes auteurs, les feuilles des agrumes sont unifoliées, et varient en taille selon les espèces. Les fleurs sont hermaphrodites. Le calice est formé de 5 sépales verts triangulaires de petite taille, tandis que, la corolle est composée de 5 pétales blancs ou jaune-clair (Ortiz, 2002). Le style est long et il a un seul stigmate. La forme et la taille du fruit, varient en fonction des espèces et de variétés, et il a une peau contenant de nombreuses glandes à huiles et deux tissus (Agustí *et al.*, 2014). Les caractéristiques du système racinaire dépendent du porte-greffe et de la variété. La longueur totale du système racinaire peut atteindre 30 km. La couleur des racines varie de jaune au marron (Ortiz, 2002).

Bien que certains systématiciens ont regroupé tous les agrumes dans le genre *Citrus*, des études récentes suggèrent trois groupes majeurs; le groupe de *C. medica* (*C. medica*, *C. aurantifolia* et *C. limon*), le groupe de *C. reticulata* (*C. reticulata*, *C. sinensis*, *C. paradisi*, *C. aurantium* et *C. jambhiri*) et le groupe de *C. maxima* (*C. maxima*). Il existe un quatrième groupe qui n'a pas d'importance commerciale (*C. halimii*) (Agustí *et al.*, 2014).

De plus, les hybrides d'agrumes majeurs, comprennent le citrumelo (orange trifoliée X pomelo), Tangor (orange douce X tangerine), Tangelo (mandarine et pomelo) et le citrange (orange trifoliée X orange douce) (Singh & Rajam, 2009). Les citranges Troyer et Carrizo, sont utilisés comme porte-greffe, et ils confèrent aux orangers une bonne productivité (Loussert, 1989).

### **1.1.2. Cycle végétatif annuel**

Après une période de vie ralentie, la croissance se manifeste à partir de fin février. Après environ deux mois d'activité, de jeunes ramifications se développent, facilement reconnaissables à la coloration vert clair de leurs feuilles (ITAF, 1995b). Cette poussée de sève du printemps est la plus importante, elle comprend à la fois des pousses végétatives et reproductrices (Spiegel-Roy & Goldschmidt, 1996). Une seconde poussée végétative, plus faible que la précédente, s'observe en juillet-août. Ensuite en automne, la croissance apparaît plus nettement que la précédente mais c'est surtout l'évolution des fruits qui retient l'attention (ITAF, 1995b). Certains stades phénologiques des agrumes sont représentés dans le tableau 1.

### **1.1.3. Exigences**

Les agrumes sont cultivés dans les régions tropicales et subtropicales (Pefia & Navarro, 1999). Les sols limoneux-sableux, profonds et bien drainés, sont considérés comme les meilleurs pour la production d'agrumes (Agustí *et al.*, 2014).

Du point de vue climatique, les *Citrus* sont très sensibles aux variations thermiques et ils exigent des températures élevées au moment de la croissance et la maturation des fruits (Singh & Rajam, 2009). Ces mêmes auteurs ont noté également que des températures moyennes de 20 °C la nuit et 35 °C le jour, sont nécessaires pour une croissance optimale de ces espèces. Par ailleurs, il est à mentionner que les agrumes sont généralement classés parmi les cultures moyennement sensibles au froid. Ils sont vulnérables aux dégâts de froid à des températures inférieures à - 2 °C (El-Otmani, 2005).

Les besoins en eau des agrumes sont estimés à environ 1200 mm /an, répartis sur toute l'année (El macane *et al.*, 2003). Toutefois, il est à noter qu'ils ne supportent pas les zones tropicales très humides (Hill, 2008).

**Tableau 1** : Quelques stades phénologiques des agrumes (*Citrus*) selon l'échelle Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt et Chemische Industrie (BBCH) (Agusti *et al.*, 1995 cités par Meier, 2001)

Code	Stades
<b>Stade principal 0: développement des bourgeons</b>	
01	début du gonflement des bourgeons
07	début de l'éclatement des bourgeons
<b>Stade principal 1: développement des feuilles</b>	
11	les premières feuilles sont visibles
19	les premières feuilles ont atteint leur taille finale
<b>Stade principal 3: développement des pousses</b>	
31	début de la croissance des pousses: l'axe de la pousse devient visible
39	les pousses ont atteint environ 90% de leur taille finale
<b>Stade principal 5: développement de l'inflorescence</b>	
53	éclatement des bourgeons: les écailles s'écartent et laissent apparaître certaines parties du bourgeon
55	les fleurs sont visibles, mais encore fermées (boutons verts), elles sont distribuées d'une façon isolée ou en racème, dans des inflorescences avec ou sans feuilles
57	les sépales sont ouverts: la pointe des pétales, toujours fermés, est visible; les fleurs ont des pétales blancs ou pourpres
<b>Stade principal 6: floraison</b>	
60	les premières fleurs sont ouvertes
65	pleine floraison: environ 50 % des fleurs sont ouvertes. Les premiers pétales sont tombés
69	fin de la floraison: tous les pétales sont tombés
<b>Stade principal 7: développement du fruit</b>	
71	nouaison du fruit: début du grossissement de l'ovaire; début de la chute de jeunes fruits
74	le fruit de couleur vert foncé a atteint environ 40 % de sa taille finale: fin de la chute
79	le fruit a atteint environ 90 % de sa taille finale
<b>Stade principal 8: maturation du fruit et de la graine</b>	
81	début de la coloration du fruit (changement de couleur)
89	le fruit a atteint la maturité demandée pour la consommation avec son goût et sa consistance caractéristiques. Début de la sénescence et de l'abscission du fruit
<b>Stade principal 9: sénescence, début de la dormance</b>	
91	fin de la croissance des tiges; le feuillage est entièrement vert
93	les vieilles feuilles débutent leur sénescence et commencent à chuter
97	période de repos hivernal

#### 1.1.4. Importance économique

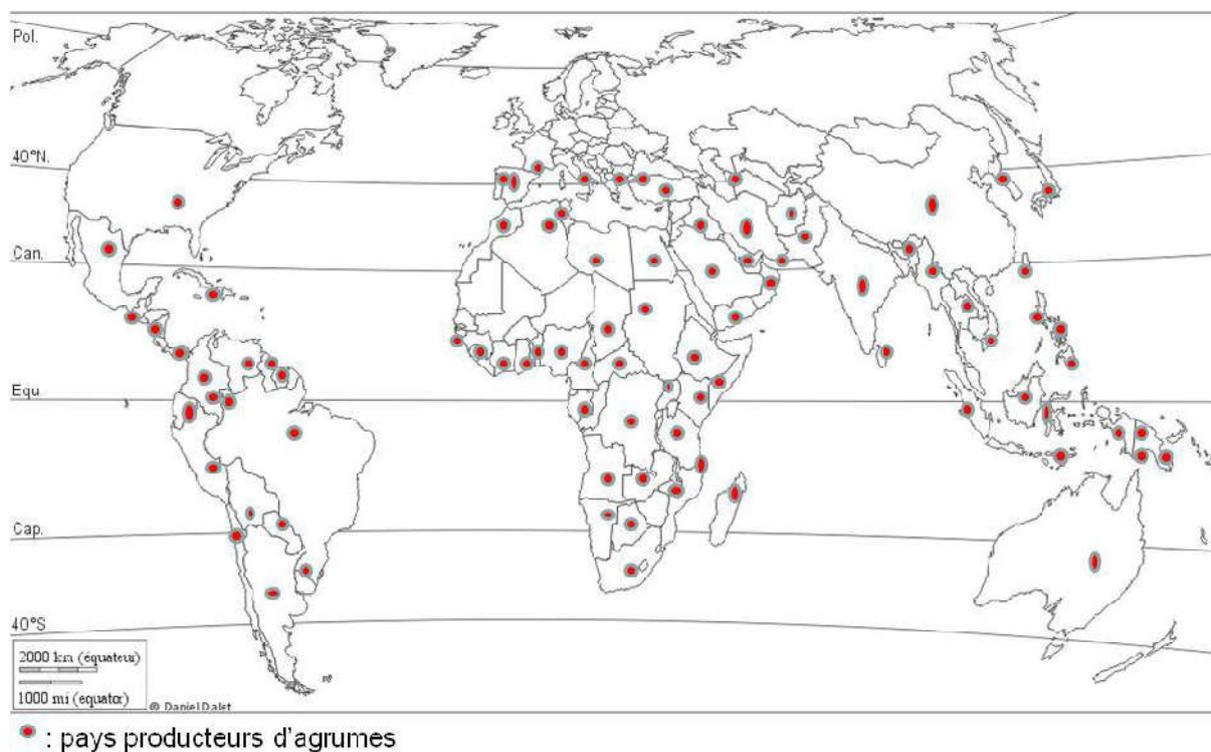
Le marché des agrumes est prodominé par celui des oranges. Ces dernières peuvent être commercialisées sous forme de fruits frais ou transformées en jus (Lacirignola & D'Onghia, 2009).

En plus de l'intérêt alimentaire, les agrumes sont très utilisés en pharmacologie. A titre d'exemple, ils contiennent de nombreux métabolites présentant des propriétés intéressantes pour la santé (Tadeo *et al.*, 2008). En outre, le pomelo est souvent recommandés pour les

personnes qui souffrent d'un excès de poids (Xiao *et al.*, 2014), et il a de nombreux bienfaits pour la santé (Xu *et al.*, 2007 ; Yin *et al.*, 2012).

#### 1.1.4.1. Dans le monde

Les *Citrus* représentent la culture fruitière la plus importante dans le monde du point de vue économique (Tadeo *et al.*, 2008). Les agrumes sont cultivés dans plus de 100 pays à travers le monde (Peña *et al.*, 2007). Ils sont cultivés dans la plupart des régions tropicales et subtropicales, entre les latitudes 40°N et 40°S (Figure 1) (Agustí *et al.*, 2014) et les altitudes allant de zéro à 1000 m (Hill, 2008). Les principales régions de production, se localisent dans le Sud des États-Unis, la région méditerranéenne, l'Afrique du Sud, l'Amérique du Centre, l'Australie, la Chine et le Japon (Hill, 2008).



**Figure 1** : Principaux pays producteurs d'agrumes dans le monde (Ndo, 2011)

La production mondiale d'agrumes se situe autour de 100 millions de tonnes (MT), y compris 62 MT d'oranges (Navel, Maltaises, sanguines, Valencia late...), 22 MT de petits fruits (satusma, clémentines, mandarines ...) et 12 MT de limons (citrons, limes) (Lebdi Grissa, 2010). Les superficies, les productions et les rendements des agrumes dans certains pays à travers le monde en 2013 sont exposés dans le tableau 2.

**Tableau 2** : Superficies, productions et rendements des agrumes dans les principaux pays producteurs en 2013 (FAOstat, 2016)

Pays	Superficies (ha)	Productions (tonnes)	Rendement (qx/ha)
Chine	3 051 300	33 104 744	108,49
Inde	970 000	10 090 000	104,0
Brésil	802 862	19 734 725	245,80
Nigéria	795 000	3 800 000	47,8
Mexique	556 789	7 613 105	136,73
États-Unis	322 714	10 133 246	314,00
Espagne	307 900	6 379 100	207,18
Pakistan	195 300	2 150 000	110,09
Égypte	173 007	4 092 339	236,54
Italie	154 764	2 744 779	177,35
Iran	145 837	2 730 920	187,26
Argentine	145 595	2 814 697	193,32
Turquie	125 383	3 681 158	293,59
Maroc	113 122	1 467 925	129,76
Viet Nam	81 116	971 560	119,77
Thaïlande	86 755	1 064 942	122,75
Afrique du Sud	73 731	2 407 180	326,48
Colombie	72 140	1 153 547	159,90
Pérou	69 279	1 052 282	151,89

#### 1.1.4.2. En Algérie

En Algérie, l'arboriculture fruitière constitue un intérêt social, économique et alimentaire (Abd-Elhamid, 2009).

Durant la campagne 2006/2007, la superficie réservée aux agrumes au niveau national est estimée à 62 606 ha (Biche, 2012). Les orangers, en particulier, les variétés précoces (Washington Navel et Thomson Navel), occupent 50 % de cette superficie (Kerboua, 2002). Les superficies, les productions et les rendements des différentes espèces d'agrumes, sont présentés sur le tableau 3.

**Tableau 3** : Superficies, productions et rendements des différents agrumes en Algérie en 2013 (FAOstat, 2016)

Agrumes	Superficies (ha)	Production (tonnes)	Rendement (qx/ha)
Oranges	41 382	890 674	215,23
Tangerines, mandarines, clémentines, satsumas	12 115	231 233	190,86
Citrons et limes	3 897	80 999	207,85
Pamplemousses et pomelos	85	1 945	228,82
<b>Total</b>	<b>57 929</b>	<b>1 205 401</b>	<b>Rendement moyen = 208,08</b>

Les grandes zones de production par ordre d'importance, sont la plaine de la Mitidja (44 %), Habra à Mascara (25 %), le périmètre de Bounamoussa et la plaine de Saf Saf à Skikda (16 %) et le périmètre de la Mina et le bas Chélif (14 %) (Biche, 2012).

Par ailleurs, l'Algérie, possède une collection composée de 178 variétés d'agrumes au niveau de la station de l'ITAF à Tessala El Merdja. Cette collection renferme un patrimoine génétique important, composé de 65 variétés d'orangers, 40 variétés de mandariniers, 11 variétés de tangerines, 24 variétés de citronniers/cédratiers, 13 variétés de pomelos/pamplemoussiers et 5 variétés de limes et limettes (Kerboua, 2002).

### **1.1.5. Contraintes**

Les agrumes sont soumis à divers stress abiotiques et biotiques, qui peuvent limiter leur production (Peña *et al.*, 2007). Dans le bassin méditerranéen, le manque d'eau est l'une des contraintes majeures qui entrave le développement de ces espèces. En plus de la sécheresse, les agrumes supportent mal les sols salins et alcalins (Dambier *et al.*, 2011).

Par ailleurs, les agrumes sont exposés à plusieurs bio-agresseurs. Parmi ceux-ci, les maladies virales (tristeza), bactériennes (chancre citrique) et cryptogamiques (gommoses), occupent la première position (Bénaouf, 2005). Ils sont également affectés par de nombreux ravageurs (Peña *et al.*, 2007). Les principaux ravageurs des agrumes, sont présentés sur tableau 4.

**Tableau 4** : Principaux Arthropodes ravageurs des agrumes (Meagher, 2008)

Classe	Ordre	Famille	Espèce	Organes attaqués
Arachnida	Acari	Eriophyidae	<i>Phyllocoptruta oleivora</i> (Ashmead)	brindilles, feuilles, fruits
			<i>Eriophyes sheldoni</i> (Ewing)	fleurs, fruits
		Tetranychidae	<i>Tetranychus urticae</i> (Koch)	feuilles
			<i>Panonychus citri</i> (McGregor)	feuilles, fruits
Tenuipalpidae	<i>Brevipalpus phoenicis</i> (Geijskes)	fruits, feuilles, brindilles		
Insecta	Hemiptera	Pentatomidae	<i>Nezara viridula</i> (L.),	jeunes tiges et fruits
		Cicadellidae	<i>Empoasca fabae</i> (Harris)	Fruits
		Flatidae	<i>Metcalfa prunivora</i> (Say)	brindilles
		Aleyrodidae	<i>Dialeurodes citri</i> (Ashmead)	feuilles
		Margarodidae	<i>Icerya purchasi</i> (Maskell) (Harris)	feuilles, brindilles, branches
		Coccidae	<i>Coccus hesperidum</i> (L.)	brindilles, feuilles
			<i>Saissetia oleae</i> (Olivier)	feuilles, brindilles
		Diaspididae	<i>Parlatoria ziziphi</i> (Lucas)	feuilles, brindilles, fruits
	Pseudococcidae	<i>Planococcus citri</i> (Risso)	fruits, feuilles, brindilles	
	Thysanoptera	Thripidae	<i>Heliothrips haemorrhoidalis</i> (Bouche)	feuilles, fruits
	Coleoptera	Curculionidae	<i>Asynonychus godmani</i> (Crotch)	bourgeons, feuilles, racines
	Diptera	Tephritidae	<i>Ceratitis capitata</i> (Wiedemann)	fruits
	Lepidoptera	Gracillariidae	<i>Phyllocnistis citrella</i> (Stainton),	feuilles
		Tortricidae	<i>Argyrotaenia citrana</i> (Fernald)	fruits, feuilles
Hymenoptera	Formicidae	<i>Atta texana</i> (Buckley),	feuilles	

## 1.2. Généralités sur les pucerons

### 1.2.1. Systématique

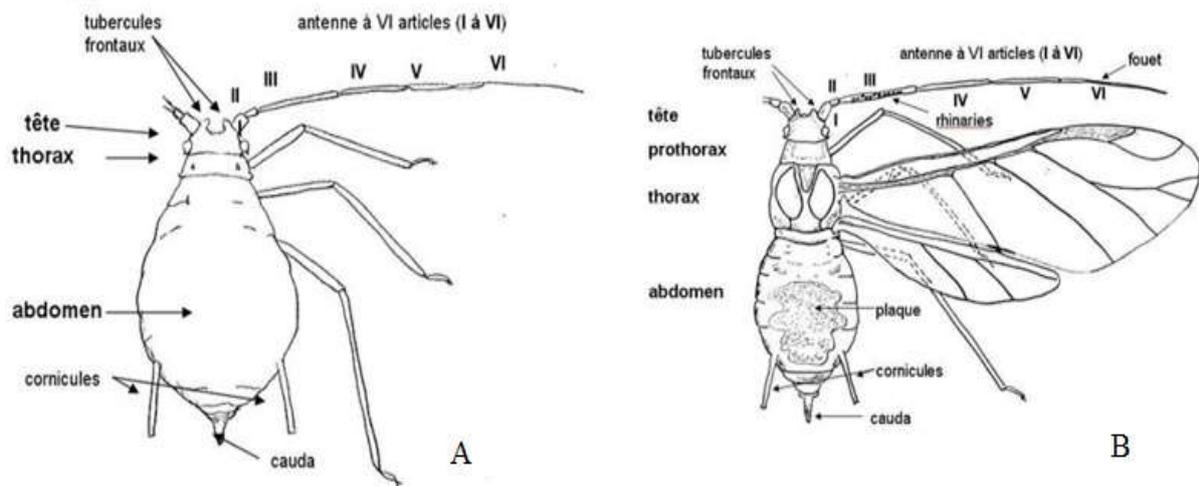
D'après Sullivan (2005), les pucerons (classe des Insecta), font partie de l'ordre Homoptera, du sous-ordre des Sternorrhyncha et de la super famille des Aphidoidea. Ils diffèrent des autres insectes suceurs appartenant cette superfamille, par le fait que les femelles peuvent développer des générations parthénogénétiques et elles sont également vivipares (Dixon, 1977). Les pucerons comprennent environ 4000 espèces décrites (Dixon *et al.*, 1987). Ils sont des insectes nuisibles aux cultures dans les régions tempérées (Hong & Boo, 1998).

Les aphides ou les pucerons, sont tous des phytophages et vivent aux dépens des arbres, des arbustes et des plantes herbacées (Hill, 1997). D'après Blackman & Eastop (2007), environ 100 espèces possèdent un intérêt agronomique.

### 1.2.2. Morphologie

En fonction des cycles de vie, la même espèce aphidienne, peut développer plusieurs formes. D'une façon générale, ce sont des insectes de petite taille (2 à 4 mm), avec des téguments mous, un corps oval et un peu aplati (Fraval, 2006a). Les cornicules sont rarement

absents chez les Aphidididae (Brues & Melander, 1932). Ils ont des yeux composés et des antennes longues et fines (Sullivan, 2008) composées de 3 à 6 articles (Fraval, 2006a) (Figure 2). De plus, ils ont, une nervation assez complexe; à l'extrémité de l'aile, la radiale émerge du stigma pour former une cellule ouverte. La nervure médiane présente deux ou trois branches (Roth, 1980).



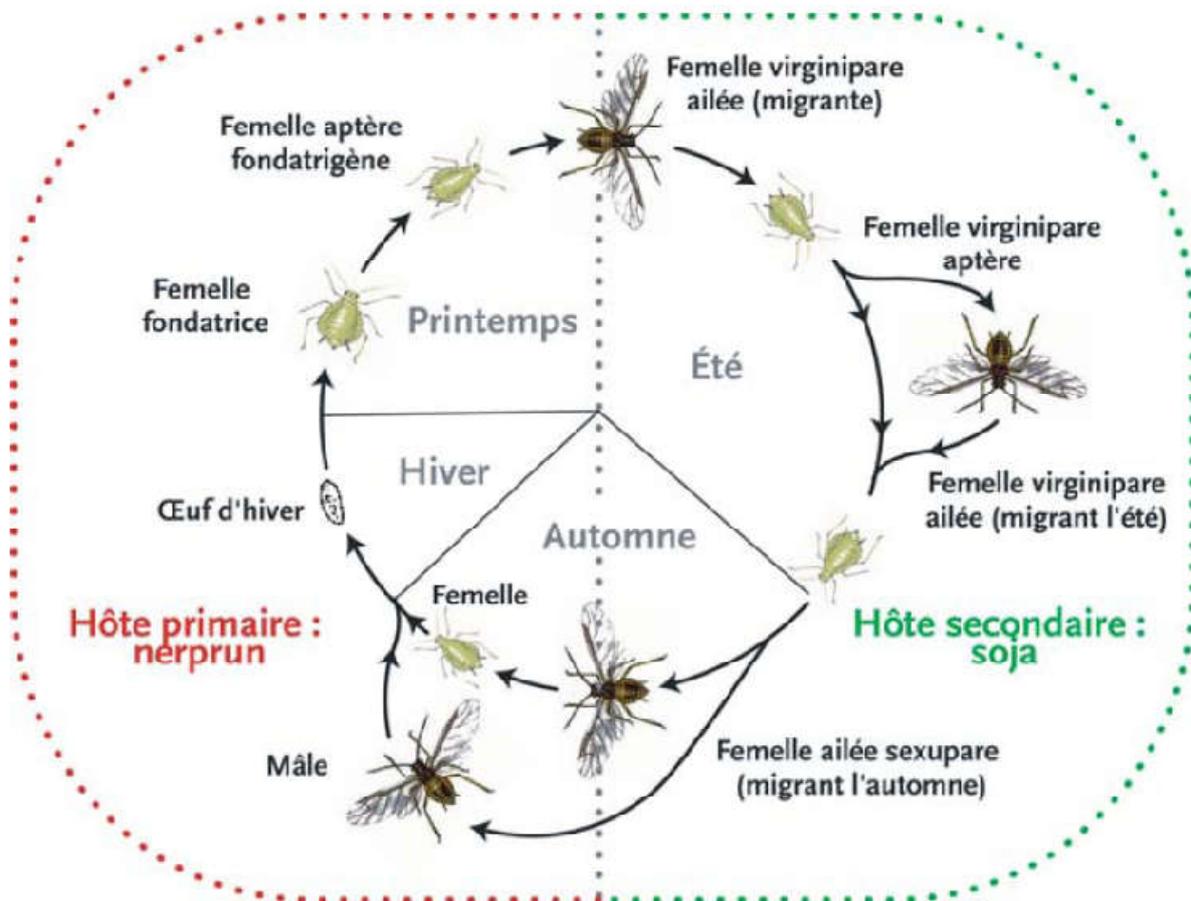
**Figure 2** : Morphologie d'un puceron aptère (A) et ailé (B) (Turpeau *et al.*, 2015)

### 1.2.3. Biologie

Les pucerons affichent un large éventail de cycles de vie relativement compliqués (Williams & Dixon, 2007). Ils peuvent se reproduire à la fois asexuellement et sexuellement. Dans les régions tempérées, la reproduction sexuée s'effectue à l'automne et aboutit à la production d'œufs hivernants, qui éclosent au printemps suivant et lancent un autre cycle (Kindlmann *et al.*, 2007). L'alternance des phases sexuée (fin de l'été ou à l'automne) et asexuée (printemps et été) est sous le contrôle des paramètres environnementaux, en particulier la photopériode (Bonnemain, 2010).

La biologie des aphides est extrêmement complexe, du fait de la présence successive ou simultanée de ses différentes formes. Il peut également y avoir succession de différents hôtes au cours de l'année (Praloran, 1971). Les espèces de pucerons dites monoeciques, accomplissent tout leur cycle de développement sur un seul type de plante. D'autres espèces, dites dioeciques alternent entre deux types de plantes, en général très différentes l'une de l'autre (Dedryver & Turpeau-Ait Ighil, 2011). Au cours de l'automne; sous l'effet d'un photopériodisme court et des températures basses, les femelles fécondées (sexuées), pondent des œufs hivernants très résistants au froid (jusqu'à  $-30^{\circ}\text{C}$ ). Au printemps, ces œufs donnent

exclusivement des femelles (fondatrices) parthénogénétiques. Après 12 et 20 générations de femelles parthénogénétiques durant le printemps et l'été, une génération de femelles sexuées se forme à l'automne suivant (Dedryver, 2010) (Figure 3).



**Figure 3** : Cycle biologique complet d'un puceron (Fraval, 2006a)

Il a été démontré par plusieurs auteurs, entre autre, par Nijhout (2013), que le polymorphisme qui caractérise les pucerons, est sous le contrôle du système endocrinien et neuroendocrinien. Les pucerons peuvent produire des formes adultes ailées ou aptères afin d'accomplir des fonctions écologiques différentes (dispersion à grande distance). Ce polyphénisme, unique dans le monde des insectes, est sous la dépendance de divers facteurs, en particulier, l'effet de groupe, l'état physiologique de la plante hôte, les températures et les caractéristiques génétiques de la lignée parthénogénétique de l'aphide (Dedryver, 2010). Ce polyphénisme s'observe clairement chez les espèces qui vivent sur plusieurs hôtes. Les pucerons qui vivent exclusivement sur des arbres à feuilles caduques, développent peu de formes (espèces anholocycliques) comparativement aux autres espèces (espèces holocycliques) (Dixon, 2005).

#### 1.2.4. Dégâts

Les pucerons sont des ravageurs potentiels des plantes (Eastop, 1977). Ils agissent à la fois sur la quantité et la qualité de la production végétale. Bien que pas très féconds (40-100 descendants / femelle en moyenne), les pucerons ont un potentiel de reproduction élevé en raison de leur longue période de parthénogenèse combinée à un temps de génération court. Cela conduit à des taux intrinsèques quotidiens de croissance ( $r_m$ ) élevés (Dedryver *et al.*, 2010). En effet, le puceron des céréales *Metopolophium dirhodum* peut atteindre des densités de populations de 1000 millions par hectare de blé, soit l'équivalence de la masse d'une vache (Dixon, 1998). Une seule femelle de puceron, peut à la fin d'une année produire un total de 6 milliards d'invidus (Hill, 1997). Cependant, il est très difficile de donner une évaluation précise des pertes économiques potentielles résultantes des pucerons (Dedryver *et al.*, 2010). L'impact économique de chaque espèce dépend du type et de l'ampleur des dommages causés, ainsi que de l'importance économique de l'hôte (Cœur d'acier *et al.*, 2010).

Les pucerons causent des dégâts directs (alimentation à partir de la sève et déformation de leurs hôtes) et indirects (transmission des virus et dépôt de miellat sur les feuilles) (Cœur d'acier *et al.*, 2010). Les dégâts sont en fonction de la durée de présence et du nombre de pucerons sur la plante, et du degré de sensibilité des végétaux aux pucerons (Dedryver, 2010). Les dommages indirects peuvent dépasser les dégâts directs (Dedryver *et al.*, 2010) ou inversement (Gibson & Plumb, 1977).

Ils ingèrent la sève du phloème de leurs hôtes par l'intermédiaire des pièces buccales de type piqueur-suceur (Goggin, 2007). Sur les agrumes, l'action de leur alimentation se manifeste par une déformation, un gaufrage des jeunes feuilles, qui s'enroulent sur elles-mêmes (Figure 4). Les fleurs attaquées, avortent et tombent. Les fortes attaques entravent même le bon développement de la plante, surtout lorsqu'elle est jeune (Praloran, 1971).

Après l'exploitation des acides aminés de la sève, les pucerons, rejettent à travers l'anus, le sucre qui se trouve en excès, sous forme de gouttelettes, appelées miellat (Fraval, 2006b). Ce miellat attire les fourmis et provoque la formation de fumagine. Cette dernière est une sorte de pellicule noire, qui non seulement empêche la photosynthèse mais déprécie énormément la qualité de la récolte (Roth, 1980).

Par ailleurs, les pucerons sont considérés comme des vecteurs potentiels des virus (Hill, 1997 ; Fraval, 2006b). Près de la moitié des virus phytopathogènes, est transmise par les pucerons (275 virus sur environ 600) (Dedryver, 2010). A titre d'exemple, le puceron vert du pêcher, *Myzus persicae*, peut transmettre à lui seul plus de 100 maladies virales (Gillott, 2005).



**Figure 4** : Enroulement des feuilles d'agrumes suite aux attaques des pucerons (photo originale)

La transmission peut se faire selon le mode circulant et non circulant. Dans le premier cas, les virus absorbés par les pucerons, traversent l'intestin et gagnent les glandes salivaires accessoires, d'où ils seront réinjectés dans le phloème à l'occasion d'une prochaine pique alimentaire. Dans le cas de la transmission non circulante, les virus adhèrent à la paroi interne des stylets du puceron et ils sont rapidement inoculés dans les tissus de la plante à l'occasion des piqûres dans l'épiderme ou le parenchyme (Dedryver, 2010).

Le cycle de transmission des virus par les pucerons selon le mode circulant, comprend quatre étapes. Après l'acquisition, les virions sont transportés sur des sites spécifiques dans le corps du puceron. Après une période de latence, les virions sont inoculés dans les tissus d'une plante sensible (Katis *et al.*, 2007).

Sur les agrumes, les pucerons sont responsables, à un degré plus ou moins élevé, de la transmission de la tristeza (Praloran, 1971). Ce virus était responsable de la perte de sept millions d'arbres d'oranger dans l'État de Sao Paulo au Brésil (Eastop, 1977). De plus,

quelques 15 millions d'arbres d'agrumes ont été détruits par ce même virus dans l'Amérique du Sud entre 1930-1950 (Stary, 1967).

### 1.2.5. Lutte

L'utilisation d'aphicides de synthèse est largement répandue à travers le monde. Les aphicides systémiques, possèdent l'avantage de tuer les pucerons indépendamment de leur abri et de leur alimentation. Toutefois, l'utilisation de ce type de molécules conduit à leur persistance dans les parties de la plante et à un risque plus élevé de leur accumulation dans la chaîne alimentaire (Bhatia *et al.*, 2011). De plus, la résistance aux insecticides a été démontrée chez plusieurs espèces de pucerons, telles que *A. gossypii* (Barbagallo *et al.*, 2007) et *A. spiraecola* (Foster *et al.*, 2007).

Pour ces raisons, il convient de développer des méthodes de lutte alternatives. Parmi celles-ci, figure l'exploitation des résistances naturelles chez les plantes. En outre, la lutte biologique, par l'utilisation d'insectes aphidiphages, tels que, les prédateurs et les parasitoïdes, est envisageable (Harmel *et al.*, 2008). Des résultats très encourageants ont été obtenus après l'utilisation des Hyménoptères parasitoïdes et des prédateurs de type *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera, Cecidomyidae) (Powell & Pell, 2007).

Les parasitoïdes des pucerons sont de petits Hyménoptères de 4 à 5 mm de long appartenant aux familles des Aphelinidae et Aphidiidae (Braconidae) (Sullivan, 2005). Avec plus de 600 espèces, la sous-famille des Aphidiinae (famille des Aphidiidae), regroupe le plus grand nombre d'espèces de parasitoïdes des pucerons (Mackauer & Stary, 1967 cités par Völkl *et al.*, 2007). Sur le tableau 5, il est présenté les principaux auxiliaires et les agents entomopathogènes employés dans des programmes de lutte biologique contre les pucerons à travers le monde.

Les parasitoïdes des pucerons (Hymenoptera: Braconidae et Aphelinidae) sont les plus utilisés dans les programmes de lutte biologique. Plusieurs d'entre eux sont produits d'une façon commerciale en grand nombre (Powell & Pell, 2007). Des taux de parasitisme de 90 à 100 % sont obtenus après des lâchers à base de *Lysiphlebus testaceipes*, *L. fabarum* et *L. confusus*, contre les pucerons des agrumes (*T. aurantii* et *A. gossypii*) dans les pays méditerranéens (Tremblay *et al.*, 1980 ; Stary *et al.*, 1988 ; Meliá, 1993 cités par Barbagallo *et al.*, 2007).

**Tableau 5** : Les insectes auxiliaires et les champignons entomopathogènes commercialisés et employés en lutte biologique contre les pucerons (Copping, 2004 cité par Powell & Pell, 2007)

Types	Espèces	Pays fournisseurs
Hyménoptères parasitoïdes	<i>Aphidius colemani</i>	Angleterre, USA, Belgique, Canada, Allemagne, Pays-Bas, Thaïlande
	<i>Aphidius ervi</i>	Angleterre, USA, Belgique, Allemagne, Pays-Bas
	<i>Aphidius matricariae</i>	USA, Canada
	<i>Lysiphlebus testaceipes</i>	USA, Italie
	<i>Aphelinus abdominalis</i>	Angleterre, USA, Belgique, Allemagne, Pays-Bas
	<i>Aphelinus mali</i>	USA
Champignons entomopathogènes	<i>Beauveria bassiana</i>	USA, Colombie, Tchéquie, France, Inde, Italie, Suisse, Russie
	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	USA
	<i>Lecanicillium spp.</i>	USA, Belgique, Inde, Mexique, Pays-Bas
Insectes prédateurs	<i>Aphidoletes aphidimyza</i>	Angleterre, USA, Belgique, Canada, Allemagne, Pays-Bas
	<i>Adalia bipunctata</i>	Angleterre, Belgique
	<i>Coleomegilla maculata</i>	USA, Pays-Bas
	<i>Harmonia axyridis</i>	Angleterre, USA, Belgique, Canada, Finlande
	<i>Hippodamia convergens</i>	Angleterre, USA, Belgique, Canada, Pays-Bas
	<i>Chrysoperla carnea</i>	Angleterre, USA, Belgique, Allemagne
	<i>Chrysoperla rufilabris</i>	USA
	<i>Episyrphus balteatus</i>	Angleterre, Belgique
	<i>Anthocoris nemoralis</i>	Angleterre, Belgique, Italie
	<i>Deraeocoris brevis</i>	Angleterre, Canada
	<i>Geocoris punctipes</i>	USA
	<i>Orius sp.</i>	Angleterre, USA, Canada, Belgique, Allemagne, Italie, Japon, Pays-Bas, Pologne

Par ailleurs, les pucerons sont attaqués par un large éventail d'ennemis naturels, qui sont capables de maintenir leurs populations au dessous du seuil économique (Völkl *et al.*, 2007). Ils sont la proie d'une abondante faune prédatrice constituée principalement de coccinelles, de chrysopes et de syrphides (Praloran, 1971). Il existe également des champignons ennemis des pucerons, qui appartiennent principalement aux divisions Zygomycota et Ascomycota (Powell & Pell, 2007 ; Völkl *et al.*, 2007).

### 1.2.6. Interaction puceron - plante hôte

Les pucerons forment un groupe relativement homogène, présentant de nombreuses particularités biologiques et écologiques, notamment, dans leurs relations avec la plante-hôte (Herrbach, 1985a). D'une manière générale, la colonisation d'une plante par un puceron s'effectue en deux étapes. Le puceron doit d'abord localiser la plante puis, il entre en contact avec elle, afin de décider de l'accepter ou de la refuser (Harmel *et al.*, 2008). La sélection de l'hôte est réalisée par des ailées. Ce choix est déterminé sur la base de plusieurs facteurs abiotiques, entre autres, la luminosité, la température, l'humidité relative, la pression

atmosphérique et le vent. Des facteurs biotiques liés à la plante hôte, notamment, la couleur, l'odeur, la texture de la surface, sont également impliqués (Pollard, 1977).

Les insectes sont capables de détecter les ressources alimentaires sur des distances considérables (Schowalter, 2006). Il est maintenant évident que des signaux olfactifs jouent un rôle dans la sélection de la plante hôte avant leur atterrissage (Pickett *et al.*, 1992 cités par Hartlieb & Anderson, 1999). La perception des signaux chimiques, qui indiquent la disponibilité des hôtes, est déterminée par leur concentration dans l'air, les facteurs environnementaux qui affectent leur dispersion et la sensibilité du puceron à ces substances chimiques (Schowalter, 2006). Chez le puceron noir de la fève *Aphis fabae* par exemple, certains composés émis par la plante non-hôte (salicylate de méthyle), sont répulsifs et empêchent cet aphide de s'installer (Hartlieb & Anderson, 1999).

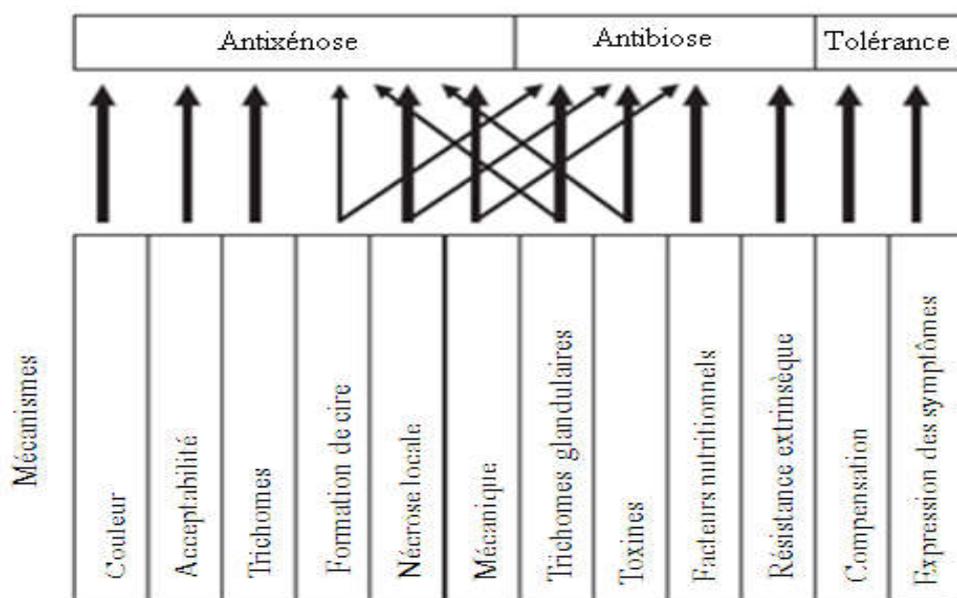
Chez les pucerons, le comportement de sélection de l'hôte et d'alimentation se déroule en passant par les étapes suivantes: atterrissage des ailés - contact tactile - piqûre (s) d'épreuve - pénétration des stylets - ingestion de sève (Herrbach, 1985b). A des distances plus courtes, l'orientation de ces insectes est affectée par des indices visuels (couleur et motif) et des signaux acoustiques (stridulation) (Schowalter, 2006). Lorsque le puceron se déplace sur la surface de la feuille, il se trouve en contact avec un grand nombre de stimuli, d'ordre visuel, tactile, olfactif et gustatif (Derridj & Wu, 1996). Après l'atterrissage sur une plante, les pucerons marchent sur la surface tout en testant avec leurs antennes et en explorant avec leurs pièces buccales. De cette façon, ils obtiennent des informations sur les propriétés physiques et chimiques de la surface. Cette investigation initiale, qui implique peu ou pas la pénétration du stylet, elle permet souvent au puceron de détecter l'adéquation d'une plante dans 60 secondes (Dixon, 1998). Une fois toutes les propriétés physico-chimiques de surface, sont perçues et analysées, les aphides insèrent leurs stylets dans les tissus de la plante qui progressent entre les cellules jusqu'au phloème (Harmel *et al.*, 2008).

La densité, la distribution, et la qualité nutritionnelle des plantes, sont les principaux facteurs responsables de la sélection des plantes-hôtes par les aphides. Les qualités nutritionnelles d'une plante varient en fonction de son stade de développement ainsi que sa réponse aux variations saisonnières (Agarwala & Das, 2012). Les acides aminés libres, supposés les principaux composants nutritionnels pour les pucerons, fluctuent non seulement

avec l'âge de la plante ou selon la partie de plante sur laquelle les pucerons se nourrissent, mais il y a aussi une périodicité diurne dans leurs concentrations (Pettersson *et al.*, 2007).

Pour se défendre contre les différents bio-agresseurs, les plantes utilisent un arsenal de mécanismes qui regroupent les composés organiques biogéniques volatils (Trowbridge & Stoy, 2013), les facteurs physicochimiques de surface, les composés internes et les facteurs de résistance. Une des stratégies de résistance des plantes aux aphides est la présence des trichomes glandulaires à la surface de leurs épidermes (Harmel *et al.*, 2008). Les défenses chimiques des plantes sont généralement classées comme : non azotée, azotée et élémentaire. Par ailleurs, la défense des plantes peut être assurée par l'accumulation de certains toxiques, tels que, les phénols, les terpénoïdes, les photo-oxydants, les analogues des phéromones d'insectes, les pyréthroïdes et les aflatoxines (Schowalter, 2006). Ainsi, certaines plantes produisent des phéromones d'alarme, qui provoquent le départ rapide des insectes attaquants. A titre d'exemple, la pomme de terre sauvage *Solanum berthaultii* produit (E)-β-farnésène, qui constitue la principale composante des phéromones d'alarme pour de nombreuses espèces de pucerons. Ce composé est libéré par les poils glandulaires qui couvrent le feuillage, à des quantités suffisantes pour induire le départ des colonies de pucerons installées (Gibson & Pickett, 1983 cités par Schowalter, 2006).

D'une façon générale, il existe trois catégories de résistance des plantes vis-à-vis des insectes, à savoir l'antixénose, l'antibiose et la tolérance (Figure 5). L'antixénose est une résistance à la colonisation par les pucerons. Après l'arrivée d'une proportion importante d'ailés immigrants, ces derniers quittent en quelques heures cette plante. Par contre, l'antibiose, affecte négativement la multiplication des pucerons qui ont colonisé la plante, par la réduction de leur survie, leur croissance et leur fécondité, et la prolongation du temps de développement. Dans le cas de la tolérance, il est remarqué que malgré que la plante ne s'oppose pas à l'installation des pucerons, sa croissance et sa production ne sont affectées (van Emden, 2007).



**Figure 5** : Mécanismes de résistances des plantes aux pucerons (van Emden, 2007)

### 1.2.7. Pucerons des agrumes

Les espèces de pucerons les plus répandues sur les agrumes sont *Aphis spiraecola*, *Aphis gossypii*, *Toxoptera aurantii* et *Toxoptera citricidus* (Barbagallo *et al.*, 2007). Toutefois, il existe d'autres espèces qui peuvent également s'installer sur les agrumes mais leur importance est secondaire (Tableau 6).

**Tableau 6** : Quelques espèces aphidiennes endommageant les agrumes (Barbagallo *et al.*, 2007)

Pucerons	Dégâts	Autres caractéristiques
<i>Aphis spiraecola</i>	Forte déformation des jeunes pousses de l'oranger, le clémentinier et le pomelo mais négligeable sur le citronnier	- Anholocyclique sur les agrumes dans les régions chaudes - Cosmopolite ; - Très nuisible aux agrumes
<i>Aphis gossypii</i>	Infeste les jeunes pousses (sans déformation) de l'oranger, le clémentinier et le pomelo	- Souvent anholocyclique - Cosmopolite
<i>Toxoptera aurantii</i>	Infeste les jeunes pousses de toutes les espèces	- Anholocyclique - Cosmopolite
<i>Toxoptera citricida</i>	Infeste les jeunes pousses de toutes les espèces	- Souvent anholocyclique et rarement holo-cyclique
<i>Sinomegoura citricola</i>	Infeste les jeunes pousses	- Anholocyclique - Ravageur peu important - Répartition localisée (Sud-est de l'Asie jusqu'à l'Australie)
<i>Aulacorthum magnoliae</i>	Infeste les jeunes pousses	- Principalement anholocyclique - Est de l'Asie
<i>Toxoptera odinae</i>	Infeste les jeunes pousses	- Anholocyclique - Afrique sub-saharienne
<i>Macrosiphum euphorbiae</i>	Sporadiquement sur les pousses tendres	- Ravageur peu important - Cosmopolite

**Tableau 6 (suite)**

<i>Aphis fabae</i>	Sporadiquement sur les pousses tendres	- Ravageur peu important - Cosmopolite
<i>Aphis craccivora</i>	Sporadiquement sur les pousses tendres	- Essentiellement anholocyclique - Ravageur peu important - Cosmopolite

**1.2.7.1. Puceron du cotonnier *Aphis gossypii* (Glover)**

*A. gossypii* est un ravageur dévastateur à plus de 20 cultures à travers le monde (Ebert & Cartwright, 1997). Il s'attaque à de très nombreuses plantes spontanées, ornementales et cultivées (Cucurbitacées et Malvacées principalement) (Celini, 2001). En outre, il peut transmettre plus de 50 phytovirus à des cultures comme l'haricot, le pois, le soja, les crucifères, le céleri, le niébé, la patate douce, les tulipes et les fraises (Sullivan, 2008). C'est un vecteur efficace de nombreux isolats de *Citrus tristeza closterovirus* (Roistacher & Bar-Joseph, 1987 ; Yokomi & Garnsey, 1987 ; Karamouna *et al.*, 2010). Il est le vecteur le plus important de ce virus dans les régions où *Toxoptera citricudus* n'est pas présent (Hermoso de Mendoza *et al.* 1984; Roistacher *et al.*, 1984; Yokomi *et al.*, 1989; Ballester-Olmos *et al.*, 1993 cités par Yokomi, 2009). Il a été rapporté comme étant à l'origine des épidémies importantes de CTV dans le bassin méditerranéen (Yahiaoui, 2010).

En Algérie, il a été identifié sur différentes plantes réparties sur plusieurs régions (Laamari *et al.*, 2012 ; Hemidi *et al.*, 2013 ; Aroun, 2015). Ce puceron a été signalé pour la première fois au Maroc sur *Agave americana* L. (Agavaceae) par Mimeur en 1931 (Mimeur, 1931 cité par Holman, 2009).

**1.2.7.2. Puceron vert des agrumes *Aphis spiraecola* (Patch)**

C'est un aphide qui peut vivre sur une très large gamme d'hôtes secondaires appartenant à plus de 20 familles, notamment, les Caprifoliaceae, Asteraceae, Rosaceae, Rubiaceae et Rutaceae (Blackman & Eastop, 2006). Saharaoui *et al.* (2001) ont mentionné que ce puceron est très dommageable aux agrumes en Algérie. Au Maroc, *A. spiraccola* a été observé pour la première fois en 1962, entre Rabat et Kenitra (Bové, 1967).

Il peut transmettre des phytovirus, tels que *Cucumber mosaic virus* (CMV), *Plum pox virus* (PPV) et *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) (Blackman & Eastop, 2007). Il peut intervenir également dans la transmission du CTV (Yahiaoui *et al.*, 2012).

### **1.2.7.3. Puceron noir des agrumes *Toxoptera aurantii* (Boyer de Fonscolombe)**

C'est un ravageur bien connu des agrumes dans la région méditerranéenne (Tremblay, 1984). Il est complètement polyphage, et il a été enregistré sur 120 plantes hôtes différentes (Hill, 2008), en particulier sur les Anacardiaceae, Anonaceae, Araliaceae, Euphorbiaceae, Lauraceae, Moraceae, Rubiaceae, Rutaceae, Sterculiaceae et Theaceae. C'est un vecteur important des phytovirus des cultures stratégiques (Blackman & Eastop, 2000). Cependant, il est considéré comme un vecteur secondaire de quelques isolats de virus de la tristeza (Hermoso de Mendoza *et al.* 1984 cités par Yokomi, 2009).

En Afrique du Nord, il existe depuis de nombreuses années en Algérie (Laamari *et al.*, 2010 ; Benoufella-Kitous *et al.*, 2014a). Alors qu'il a été signalé pour la première fois au Maroc sur les agrumes par Mimeur en 1934 (Mimeur, 1934 cité par Holman, 2009).

### **1.2.7.4. Puceron brun des agrumes *Toxoptera citricidus* (Kirkaldy)**

Ce puceron est présent dans la plupart des zones de culture des agrumes dans le monde, mais il était absent dans les pays du bassin méditerranéen et en Amérique du Nord jusqu'au milieu des années 1990 (Hermoso de Mendoza *et al.*, 2008). Néanmoins, il a été détecté sur agrumes en 1994 à Madère (Ilharco & Sousa-Silva, 2009) et en 1995 en Floride (Hermoso de Mendoza *et al.*, 2008). En Juin 2000, il a gagné la Grèce (Dimou *et al.*, 2002), en 2002, le Nord de l'Espagne, en 2003, le Portugal, et en 2004, le Sud de l'Espagne (Hermoso de Mendoza *et al.*, 2008).

Il est le vecteur le plus efficace du *Citrus tristeza virus* dans le monde (Eastop, 1977 ; Yahiaoui *et al.*, 2012). La tristeza est la maladie la plus destructive aux agrumes (D'Onghia & Djelouah, 2001 ; Sastry, 2013a et 2003b). Cette maladie a été signalée en Algérie par Frezal (1957 cité par D'Onghia & Djelouah, 2001), par Bové (1967) et récemment par l'ITAF en 2001 (Larbi *et al.*, 2009). Au Maroc, elle a été décelée à plusieurs reprises sur diverses variétés de collection introduites durant le second quart du 20<sup>ème</sup> siècle. Certaines introductions récentes de nouvelles variétés ont aussi été infectées de CTV (Zemzami *et al.*, 2009).

### **1.2.7.5. Puceron de laurier rose *Aphis nerii* (Boyer de Fonscolombe)**

Ce puceron peut vivre en colonies denses sur les pousses en croissance et le long des nervures médianes des feuilles de laurier rose *Nerium oleander*. Il vit aussi sur beaucoup

d'autres plantes, en particulier, les Asclepiadaceae et les Apocynaceae (Blackman & Eastop, 2006). Holman (2009) a cité plus de 50 espèces végétales attaquées par ce ravageur. Les agrumes peuvent être attaqués par ce bio-agresseur dans certaines régions du monde (Meagher, 2008 ; Halbert & Brown, 2014). Néanmoins, il n'a pas été rapporté comme un vecteur de tristeza.

Cet aphide a été signalé pour la première fois en Algérie par Balachowsky en 1949 (Remaudière, 1954 cité par Hidalgo *et al.*, 2012).

#### **1.2.7.6. Puceron du pêcher *Myzus persicae* (Sulzer)**

C'est probablement le puceron le plus polyphage de tous les aphides. Il vit sur des plantes appartenant à plus de 40 familles botaniques (Blackman & Eastop, 2006). En outre, c'est l'insecte le plus impliqué dans la transmission des virus (Sullivan, 2008). Il peut transmettre CTV (*Citrus Tristeza virus*) selon le mode semi-persistant (Bar-Joseph *et al.*, 1983 cités par Tennant *et al.*, 2009).

Il a été identifié pour la première fois en Algérie en 1949 par Balachowsky (Remaudière, 1954 cité par Hidalgo *et al.*, 2012). Il a été signalé aussi au Maroc sur plusieurs plantes de la famille des Rutaceae et Brassicaceae (Mimeur, 1934 cité par Holman, 2009).

#### **1.2.7.7. Puceron noir de la luzerne *Aphis craccivora* (Koch)**

Ce puceron colonise les jeunes pousses de nombreuses plantes, en particulier, celles des Légumineuses (Blackman & Eastop, 2006). Il est impliqué dans la transmission d'environ 30 phytovirus persistants et semi-persistants (Blackman & Eastop, 2007) et il transmet également le virus de la tristeza (Tennant *et al.*, 2009).

Holman (2009) a signalé pour la première fois ce puceron en Algérie sur la betterave *Beta vulgaris* (Chenopodiaceae). Tanis que, Mimeur (1934) cité par Holman (2009) l'a signalé au Maroc sur des plantes appartenant aux familles des Bignoniaceae et Fabaceae.

#### **1.2.7.8. Puceron de la pomme de terre *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas)**

C'est un puceron extrêmement polyphage, il peut s'installer sur plus de 200 espèces végétales appartenant à plus de 20 familles botaniques (Blackman & Eastop, 2007), y compris les agrumes (Karamaouna *et al.*, 2010). En outre, c'est un vecteur de plus de 40 phytovirus

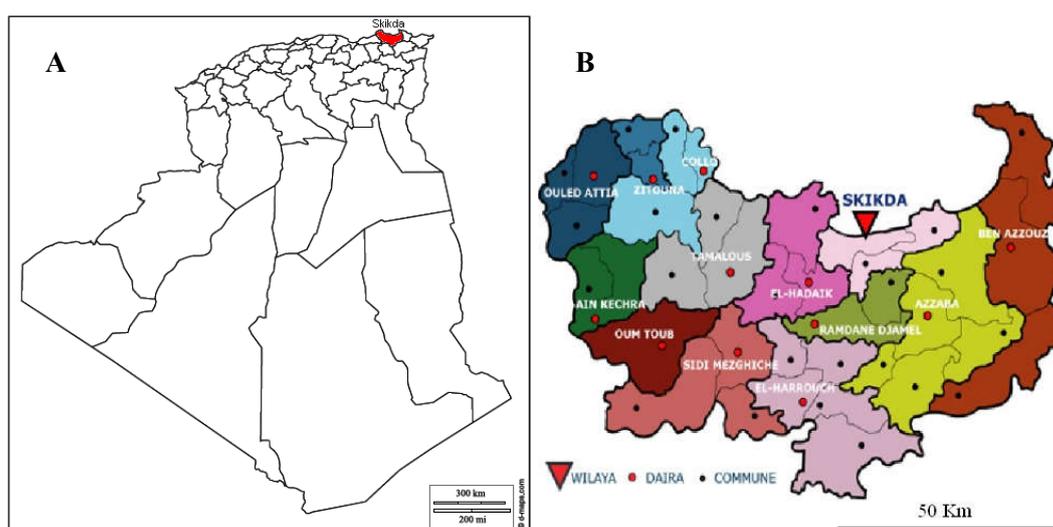
non-persistants et 5 persistants (Blackman & Eastop, 2007) mais il n'est pas connu comme vecteur de la tristezza.

En Algérie, plusieurs auteurs ont signalé son existence (Laamari *et al.*, 2010 ; Hidalgo *et al.*, 2012 ; Ghazali *et al.*, 2015). Au Maroc, Mimeur (1935) cité par Holman (2009) l'a déterminé pour la première fois sur les Cucurbitaceae et les agrumes.

## Chapitre 2 : Présentation de la région d'étude

### 2.1. Situation géographique

La wilaya de Skikda se situe dans le nord-est de l'Algérie (Figure 6). Elle est limitée au nord par la mer Méditerranée, à l'est par la wilaya de Annaba, à l'ouest par la wilaya de Jijel, au sud par les wilayas de Constantine et Guelma, et par la wilaya de Mila au sud-ouest. Elle s'étend de la latitude 36°5 N à 36°15 N et de longitude 7°15 E à 7°30 E. Elle couvre une superficie totale de 4137,68 km<sup>2</sup> et sa frange littorale s'étale sur 142 Km, soit 12 % du littoral algérien (Mohammed Ben Ali, 2014).



**Figure 6** : Carte de la wilaya de Skikda, A: situation (Dalet, 2016), B: découpage administratif (ANIRF, 2011)

### 2.2. Données climatiques

#### 2.2.1. Températures

D'après Dajoz (2007) cité par Benia (2010), la température est un facteur climatique, qui détermine la physiologie et le comportement des insectes. Elle influence sur la plupart des processus physiologiques (Chown & Nicolson, 2004). Elle représente un facteur dominant affectant les phytophages (Bale *et al.*, 2002). Les réponses des pucerons à la température sont semblables à celles d'autres insectes (Awmack & Leather, 2007). Chez les aphides, la température détermine la durée de vie reproductive, la durée de vie totale et la fécondité des femelles (Melaku *et al.*, 1990 ; Xia *et al.*, 1999 ; Collier & Finch, 2007). Il a été démontré également, que les températures hivernales et printanières, déterminent la date et l'importance de l'infestation des cultures par les ailés émigrants au printemps (Turl, 1980; Wiktelius, 1982;

Walters & Dewar, 1986; Harrington *et al.*, 1990 cités par Harrington *et al.*, 2007). Par ailleurs, la température de l'hiver est un facteur dominant qui affecte la phénologie de certaines espèces de pucerons (Zhou *et al.*, 1995). De plus, les températures automnales basses, sont responsables de la formation des femelles sexués (Dixon & Glen, 1971 cités par Williams & Dixon, 2007). Par contre, les températures élevées peuvent conduire à l'inhibition de la formation des pucerons mâles (Lees, 1959). En outre, la température de l'air a des effets marquants sur l'activité des pucerons vecteurs des virus, ainsi que, sur le développement des plantes hôtes des virus (Katis *et al.*, 2007).

Par ailleurs, la température a une action importante sur les agrumes. L'exposition de certaines espèces de *Citrus* à des hautes températures peut réduire leur niveau de photosynthèse (Guo *et al.*, 2003 ; Guo *et al.*, 2006). De plus, elles peuvent induire une faible production, l'apparition des taches et même une diminution de la qualité des fruits (Spiegel-Roy & Goldschmidt, 1996). Tandis que les températures inférieures à 9 °C, peuvent détruire partiellement la charpente des arbres et provoquer des éclatements des cellules des fruits d'orangers en cours de maturation (ITAF, 1995b).

Pour caractériser la région de Skikda, les températures de la période allant de 2000 à 2011, ainsi que celles des années 2012, 2013 et 2014 sont prises en considération. Les données climatiques exploitées sont celles fournies par la station météorologique de Skikda (latitude 36°52' 59"N ; longitude 6°54'0"E ; altitude: 1,30 m).

Durant la période allant de 2000 à 2011, il est remarqué que les températures moyennes mensuelles sont comprises entre 12,24°C (janvier) et 26,46°C (août) (Tableau 7). Par ailleurs, il est à noter que l'amplitude thermique n'est pas très importante et elle ne dépasse pas 9°C.

Concernant les années 2012, 2013 et 2014, les températures moyennes mensuelles les plus basses sont enregistrées durant les mois de décembre, janvier et février (Tableau 7). Tandis que, les températures moyennes mensuelles les plus élevées sont notées en juillet et août.

**Tableau 7** : Températures moyennes (T moy), minimales (T min) et maximales (T max) de la région de Skikda pour la période 2000-2011 et pour les années d'étude

Années	Température	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
2000-2011	T min	8,52	8,85	10,66	13	15,95	19,21	22,41	22,76	20,44	17,5	13,35	9,81
	T max	16,42	16,6	18,81	20,75	23,51	26,68	29,62	29,96	27,7	25,44	21,3	17,1
	T moy	12,24	12,58	14,62	16,86	19,63	22,99	26,11	26,46	24,04	21,3	17	13,19
2012	T min	9,54	6,67	11,17	13,24	15,09	20,72	22,89	24,01	20,7	18,19	14,69	10,89
	T max	15,91	12,95	17,82	21,53	22,87	28,06	29,25	30,81	28,13	25,46	22,17	17,93
	T moy	12,47	9,48	14,23	16,68	18,8	24,01	26,1	27,37	24,25	21,64	17,82	13,92
2013	T min	9,43	8,22	12,21	13,44	15,16	17,1	21,82	21,54	20,77	19,19	13,36	9,71
	T max	16,4	15,24	19,69	19,86	21,28	23,69	27,62	28,87	26,62	27,46	19,62	17,06
	T moy	12,6	11,24	15,82	16,47	18,17	20,77	24,96	25,22	24,14	23,25	16,03	13,11
2014	T min	10,78	10,28	10,45	12,96	14,83	19,87	21,72	23,47	22,58	19,29	15,92	10,78
	T max	17,41	18,42	16,6	20,93	22,25	26,53	27,85	29,39	29,79	26,88	23,75	17,48
	T moy	13,8	13,9	13,55	16,88	18,15	23,45	25,15	25,94	25,88	22,56	19,88	13,9

### 2.2.2. Pluviométrie, humidité et vents

La quantité des précipitations et leur répartition au cours de l'année ont une grande importance pour les végétaux et leurs bio-agresseurs. Lorsque les périodes de sécheresse se produisent, les arbres s'épanouissent à la suite des pluies qui mettent fin à cette situation, ce qui peut produire plusieurs récoltes au cours de l'année (Spiegel-Roy & Goldschmidt, 1996). En outre, les quantités de précipitations au cours de certaines périodes de l'année ont une influence directe sur le rendement des agrumes (Pengfei *et al.*, 2014).

Par ailleurs, les fortes pluies, peuvent réduire les populations aphidiennes et la propagation des phytovirus (Wallin & Loonan, 1971 cités par Katis *et al.*, 2007). De plus, les variations des précipitations sont corrélées avec l'abondance de certaines espèces aphidiennes (Li & Harris, 2001 ; Stack Whitney *et al.*, 2016).

Les valeurs moyennes mensuelles des précipitations, de l'humidité et de la vitesse du vent dans la région de Skikda sont présentées dans le tableau 8.

La moyenne annuelle des précipitations au cours de la période 2000 - 2011 était de 774,46 mm. Les mois de janvier (109,21 mm), novembre (102,58 mm) et décembre (145,51 mm) sont les plus pluvieux, tandis que, les mois de juin (11,89 mm), juillet (3,14 mm) et août (11,44 mm), sont les plus secs. Durant la période d'étude, il est constaté que les précipitations étaient très irrégulières (Tableau 8). En 2012, les mois de février (192,9 mm) et avril (117,4 mm), sont les pluvieux. En 2013, les mois les plus arrosés sont février (200,1 mm) et novembre (215,7 mm).

D'après Isaak *et al.* (1963), l'humidité relative de l'air est moins déterminante pour la biologie des aphides comparativement à la température. A une certaine limite, elle agit sur la fécondité (Leather, 1985) et le vol des pucerons (Zhang *et al.*, 2008). En outre, elle peut affecter indirectement leurs pullulations, par le fait, qu'elle favorise le développement des champignons entomopathogènes (Völkl *et al.*, 2007).

Par ailleurs, l'humidité ne semble pas avoir une forte influence sur le comportement des agrumes eux-mêmes (ITAF, 1995a). Néanmoins, elle peut affecter certains aspects physiologiques, tels que la photosynthèse (Khairi & Hall, 1976).

L'humidité moyenne mensuelle au cours de la période 2000-2011 dans la région de Skikda n'a pas dépassée 75,29 % (janvier). En 2012, elle était comprise entre 66,05 (décembre) et 72,35 % (février), alors qu'en 2013, elle a atteint le seuil de 75,09 % en mois de juillet (Tableau 8).

Le vent est également un des éléments les plus caractéristiques du climat (Belloum, 1992). Il a une importance aussi bien pour les plantes que pour les ravageurs. Il peut, par sa violence, provoquer des dégâts mécaniques très importants sur les agrumes. En outre, le vent accroît les besoins en eau des plantes, en augmentant très sensiblement l'évaporation potentielle (ITAF, 1995a).

Les mouvements de l'air peuvent déterminer la trajectoire de déplacement des petits insectes (Schowalter, 2006), y compris les aphides (Tamaki & Smith, 1972). Les pucerons sont parmi les insectes qui se laissent transporter par le vent sur de longues distances (Pettersson *et al.*, 2007). Ils peuvent parcourir jusqu'à 2,7 km par heure (Kennedy & Thomas, 1974; Hardie *et al.*, 1996 cités par Pettersson *et al.*, 2007). Cependant, les ailés retardent leurs premiers vols lorsque la vitesse du vent est élevée (Irwin *et al.*, 2007), et par conséquent la transmission des phytovirus sera affectée (Katis *et al.*, 2007).

La vitesse moyenne des vents au cours de la période 2000-2011, était comprise entre 2,8 m/s (mai) et 4,01 m/s (décembre). En 2012, la vitesse de vent la plus importante est enregistrée en février (4,11 m/s), alors qu'en 2013 et 2014, les mois d'août et décembre, sont les plus ventés, avec respectivement des vitesses de 5,1 m/s et 3,94 m/s (Tableau 8).

**Tableau 8** : Les valeurs moyennes mensuelles des précipitations (mm), de l'humidité (%) et de la vitesse du vent (m/s) dans la région de Skikda durant la période 2000-2011 et durant les années d'étude

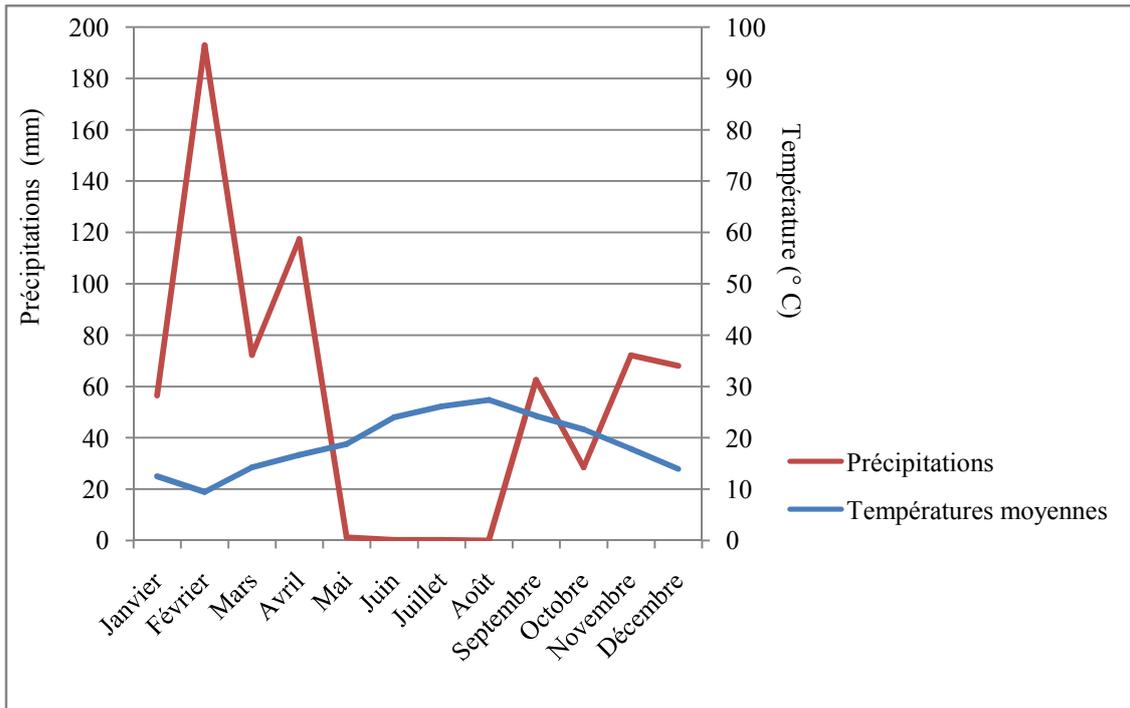
Année	Facteur	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
2000-2011	P.	109,21	99,13	63,55	54,67	40,46	11,89	3,14	11,44	62,77	70,09	102,58	145,51
	H.	75,29	72,67	72,47	71,49	74,33	72,48	70,43	70,91	72,91	71,93	71,04	73,43
	V.	3,57	3,59	3,35	3,19	2,8	2,87	2,93	2,91	2,97	3,14	3,53	4,01
2012	P.	56,5	192,9	72,2	117,4	1,2	0,2	0,3	0	62,6	28,5	72,1	68
	H.	69,18	72,35	72,08	67,63	67,58	69,17	69,6	68	67,92	66,68	69,07	66,05
	V.	4,06	4,11	3,31	3,37	3,12	2,96	3,61	3,03	3,31	3,33	3	3,81
2013	P.	123,2	200,1	69,8	45	52,4	14,1	2,6	50,8	89,9	82,4	215,7	53,8
	H.	68,38	67,42	61,55	68,9	71,03	67,81	75,09	69,98	74,23	70,05	69,31	73,16
	V.	3,81	4,06	3,59	3,31	3,55	3,32	3,23	5,1	2,58	2,66	3,85	3,01
2014	P.	91,9	55,2	175,1	14,6	13,4	6,6	0	0	18,1	69,3	16,1	293
	H.	65,42	64,29	71,72	67,19	70,48	67,15	66,38	69,97	66,89	66,16	56,59	65,74
	V.	3,69	3,49	3,53	3,02	3,03	3,02	3,01	2,81	2,62	2,83	2,92	3,94

P. : précipitations, H. : humidité de l'air, V. : vitesse du vent

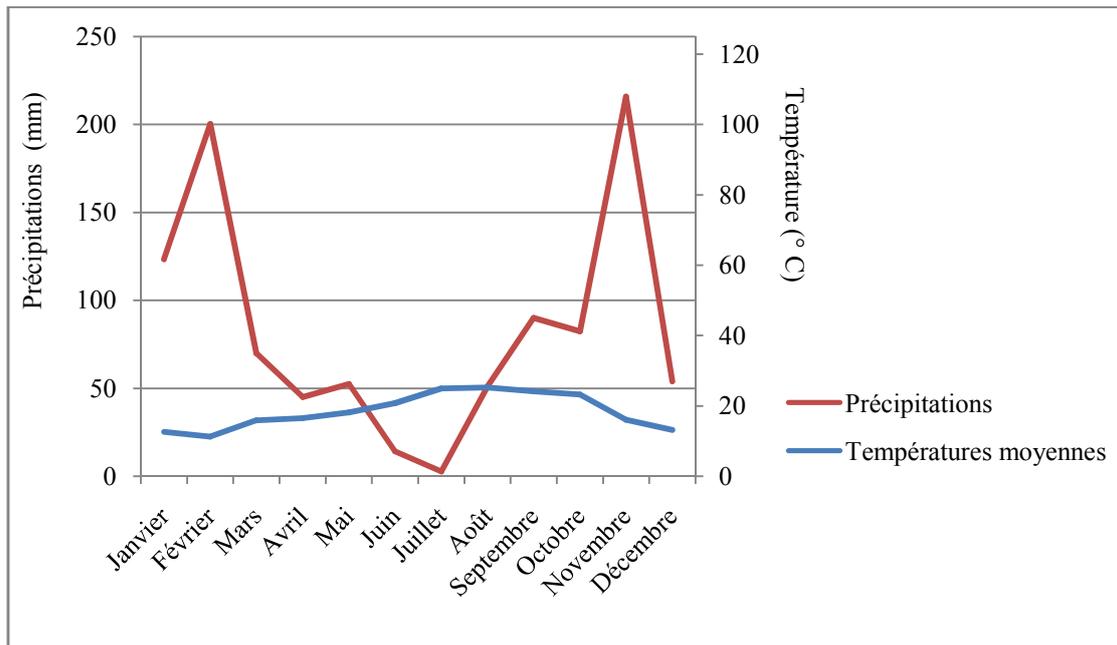
### 2.2.3. Synthèse climatique

#### 2.2.3.1. Diagramme ombrothermique

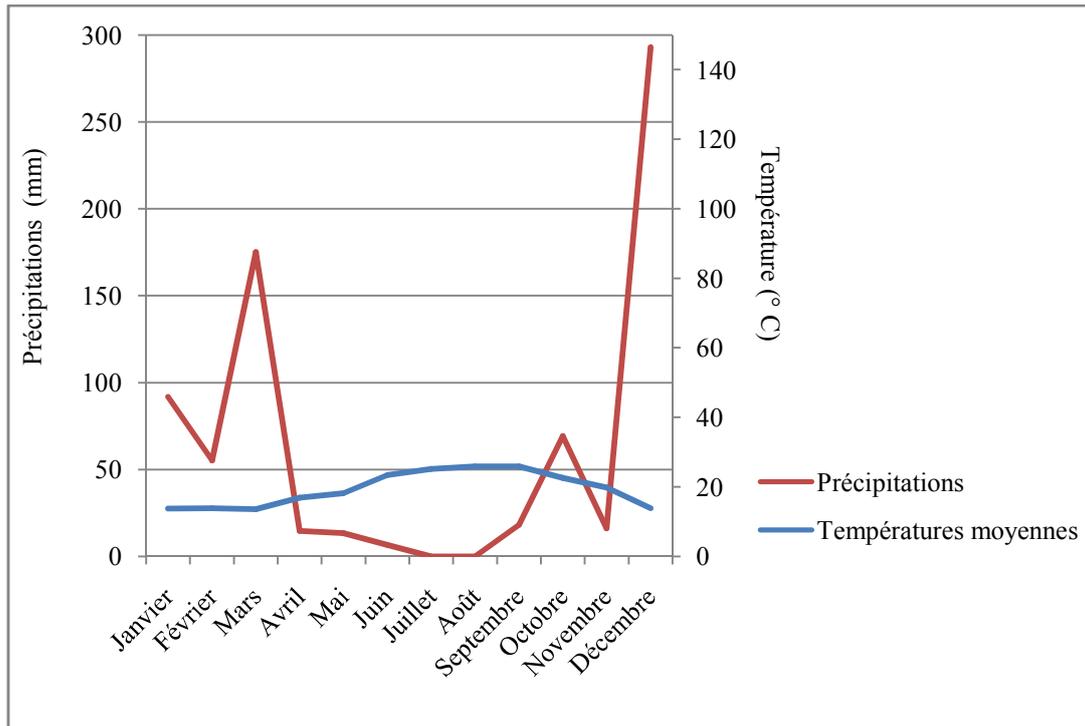
La sécheresse s'établit lorsque le total des précipitations mensuelles mesurées en mm est inférieur au double de la température en degré centigrade (Belloum, 1992). La période sèche en 2012 s'étend du mois de mai jusqu'à le mois d'août, outre le mois d'octobre (figure 7). Cependant, elle a duré deux mois (juin et juillet) seulement en 2013 (figure 8), et sept mois (avril, mai, juin, juillet, août, septembre et novembre) en 2014 (figure 9).



**Figure 7** : Diagramme ombrothermique au cours de l'année 2012



**Figure 8** : Diagramme ombrothermique au cours de l'année 2013

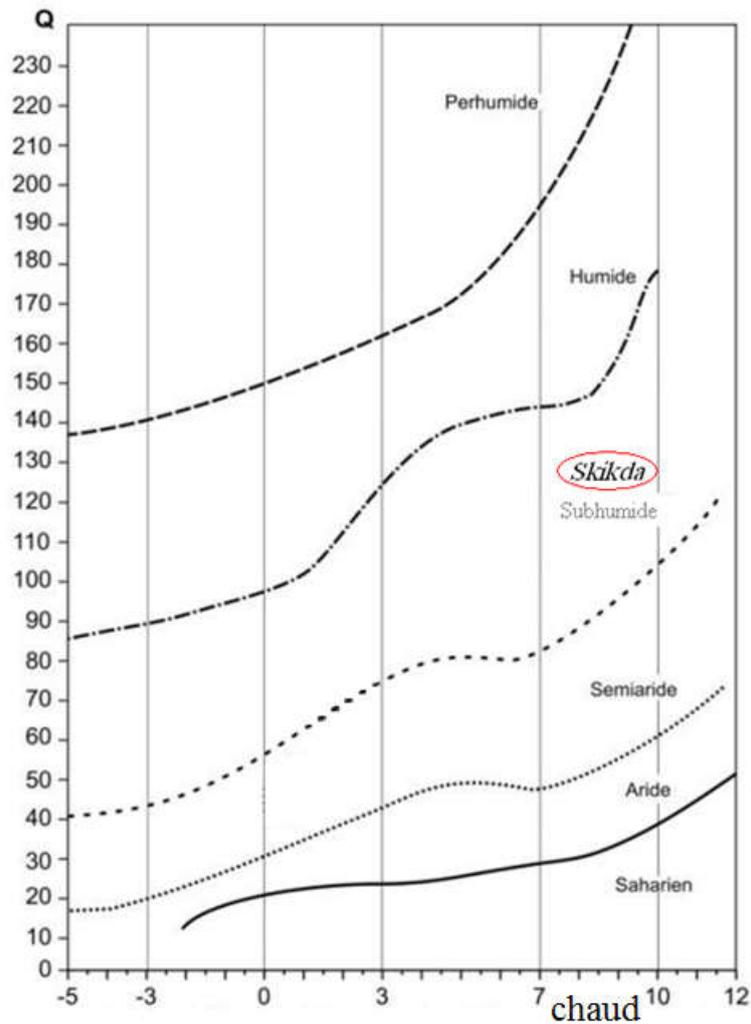


**Figure 9** : Diagramme ombrothermique au cours de l'année 2014

### 2.2.3.2. Détermination de l'étage bioclimatique

La formule de Stewart (1969), adaptée pour l'Algérie, se présente comme suit:  $Q2 = 3,43 P / M - m$ .

Après l'exploitation des données de pluviométrie ( $P = 774,46$  mm) et de températures ( $M = 29,96$  et  $m = 8,52$ ) pour la période allant de 2000 et 2011, il est constaté que l'indice  $Q2$  de la région d'étude est égal à 123,9. D'après cette valeur, la région de Skikda est située dans l'étage subhumide à hiver chaud (Figure 10).



**Figure 10** : Emplacement de la région de Skikda dans le climagramme d'Emberger

## 2.3. Couvert végétal

### 2.3.1. Milieu naturel

Le relief de la région de Skikda est assez accidenté, particulièrement, dans sa partie littorale et dans le massif de Collo (Amiour, 2005). D'une façon général, le relief de cette wilaya, peut être réparti en zones de montagnes, en plaines et en piémonts (ANDI, 2013). Les montagnes constituent 60 % de la superficie globale (Amiour, 2005). Le patrimoine sylvicole est constitué de 127 941 ha de forêts et de 70 479 ha de maquis (Khen, 2014). D'après Trainer (1991) cité par Chalabi (2014), le prélèvement floristique effectué dans le massif montagneux du Collo, a mis en évidence la dominance du chêne liège *Quercus suber* (21 300 ha) et qui est généralement associé au chêne zeen *Quercus faginea* et au pin pignon *Pinus pinaster*. Dans la dépression d'Azzaba, la végétation est formée essentiellement de chêne liège, d'oléastre (*Olea europaea*), de pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus*), d'arbousier (*Arbutus unedo*), de

bruyères (*Erica* sp.), de cistes (*Cistus* sp.) et de diss (*Ampelodesma mauritanica*) (Benderradji, 1999 cité par Chalabi, 2014).

Certaines forêts de la région de Skikda sont en état de dégradation, notamment, par la surexploitation, le surpâturage et les incendies (Boulghobra, 2006).

### **2.3.2. Milieu cultivé**

L'agriculture demeure l'un des principaux facteurs de richesse de la wilaya (Nadjah, 2013 cité par Khen, 2014). La Surface Agricole Utile (S. A. U.) totale est estimée à 125 869 ha, dont 13 021 ha sont conduits en irrigué. Parmi les principales spéculations pratiquées à Skikda, il y a lieu de citer, les céréales (52 707 ha), les cultures maraîchères (14 265 ha), les cultures fourragères (9 432 ha), les cultures industrielles (6 871 ha), l'olivier (6 599 ha), les arbres fruitiers à pépins et à noyaux (4 204 ha) et le figuier (1 033 ha) (DSASI, 2003).

A Skikda, les agrumes occupent une superficie de 2 353 ha. L'oranger est le plus cultivé (1 479 ha), suivi par le clémentinier (483 ha), le mandarinier (226 ha), le citronnier (106 ha) et enfin le pomelo (1 ha) (Bellabas, 2011).

Les principales contraintes de l'agrumiculture dans la région de Skikda sont d'ordre techniques (protection phytosanitaire...), biotiques (ennemis des agrumes), climatiques, édaphiques, organisationnels, socio-économiques et le vieillissement des plantations (Khen, 2014).

## ***Chapitre 3 : Matériel et Méthodes***

### **3.1. Matériel**

#### **3.1.1. Matériel végétal**

Lors de cette étude relative aux pucerons, les échantillons sont prélevés à partir de quatre (4) espèces et six (6) variétés d'agrumes, se trouvant dans la station expérimentale de l'ITAF Skikda. Il s'agit de l'oranger doux (variété Thomson Navel), du citronnier (variété Eureka), du pomelo (variété Shambar) et du mandarinier (variétés Carvalhal, Ortanique et Commune). Tout ce matériel végétal est greffé sur le citrange Troyer (*C. sinensis* L. × *Poncirus trifoliata* Raf.), à l'exception du citronnier qui est greffé sur le citrange Carrizo.

L'oranger doux est l'espèce la plus cultivée dans le monde, soit les deux tiers des agrumes produits. Selon le type de variété, cette espèce peut être répartit en oranger commun, oranger Navel, oranger sanguine et oranger sucré (Kimball, 1999).

L'oranger Navel, regroupe des variétés précoces, produisant des fruits sphériques, de grande taille et sans pépins. Leur couleur est orange foncé, leur saveur est riche, douce et agréable (Agustí *et al.*, 2014). Il se caractérise par un fruit secondaire rudimentaire dans l'apex du fruit primaire qui ressemble à un nombril (Kimball, 1999). Il est consommé sous sa forme fraîche (Agustí *et al.*, 2014). L'oranger Navel est le plus adapté aux climats méditerranéen et subtropical (Tucker *et al.*, 1998). La variété Thomson Navel est cultivée principalement en Algérie, Espagne, Chili, Californie et en Iran (Kimball, 1999).

Quant au citronnier, c'est une espèce vigoureuse mais qui préfère les sols non calcaire et un climat humide et chaud (Kasraoui, 2016). Par ailleurs, il est très sensible aux basses températures et aux maladies fongiques. Il supporte bien le climat méditerranéen. Il a tendance à croître, à fleurir, et à produire des fruits tout au long de l'année (Agustí *et al.*, 2014). Les variétés les plus cultivées sont Lisbon et Eureka (Kimball, 1999). Cette dernière, donne de bons résultats en Algérie (ITAF, 1995a) et elle est connu sous le nom du citronnier des 4 saisons (Ben Khelil *et al.*, 2013). La variété Eureka, possède un fruit de couleur jaune verdâtre (Kimball, 1999), de calibre moyen, à peau lisse et peu épaisse, sa pulpe est juteuse et très acide (Trabut, 1908 cité par Chouaki *et al.*, 2006). Il a rarement plus de 5 graines par fruit

et il est souvent sans pépins (Lee, 2008). L'arbre est sans épines et il est sensible au gel (Maurer & Bradley, 1998).

En ce qui concerne le pomelo, il est considéré comme une espèce très vigoureuse (Agustí *et al.*, 2014). Il supporte les gelées jusqu'à - 5°C (Kimball, 1999). Il est exigeant en chaleur pour donner des fruits de bonne qualité (Bakry *et al.*, 2002). Ses feuilles sont très grandes, ovales, avec des marges dentelées et un grand pétiole (Agustí *et al.*, 2014). Ses fruits ont un goût très distinctif, leur couleur est claire et leur zest est exploité pour produire des pectines et des huiles essentielles (Kimball, 1999). Parmi les variétés de pomelo, il y a Shambar. C'est une variété sans pépins (Reuther, 1967).

Concernant les mandariniers, leur culture à travers le monde, a connu une augmentation d'environ 70% entre 1990 et 2013 (Lado *et al.*, 2016). Leur fruit possède une peau lisse et facile à peler (Skaria, 2004). Leur saveur est la plus riche comparativement à d'autres espèces d'agrumes. Quatre types de base de mandariniers ont été assignés leur propre classification distincte d'espèce: commun, Satsuma, King et méditerranéen. Ce dernier groupe (*C. deliciosa* Tenore) tire son nom du fait qu'il est principalement cultivé dans le bassin méditerranéen (Kimball, 1999). La variété Commune appartient à ce groupe (CNCC, 2015). Cette variété est relativement tardive, ses feuilles sont très lancéolées et ses fruits peuvent contenir jusqu'à 20 pépins. Elle est sensible à certaines maladies virales (Xyloporose et Psorose) et au froid (Chapot, 1962).

Au sein de l'espèce *C. reticulata*, il y a la variété Ortanique (Kimball, 1999) et qui est un hybride naturel (Agustí *et al.*, 2014). Elle pousse mieux en sols peu profonds et à une altitude comprise entre 600 à 900 m. Elle peut supporter un climat chaud et sec pendant plus de 3 mois, mais elle ne tolère pas les conditions humides (Blazquez, 1967). La meilleure qualité du fruit est obtenue en pratiquant l'irrigation et la fertilisation azotée (Aït Houssa *et al.*, 2005). Le fruit d'Ortanique est de forme variable, mais il est généralement aplati au sommet et il présente une légère dépression en anneau autour du calice. A maturité, la peau est mince, adhère fermement à la chair et elle a une couleur orange foncé (Blazquez, 1967). Ortanique est une variété tardive, caractérisée par une excellente qualité des fruits et une bonne conservation (Telemans, 2012). Elle est sensible à de nombreuses maladies et aux attaques des ravageurs, y compris les pucerons (Blazquez, 1967). Elle est également sensible aux acariens (Telemans, 2012) et à la maladie greening (Koizumi *et al.*, 1993).

La variété Carvalhal, qui appartient également à l'espèce *C. reticulata* (CNCC, 2015), est une variété précoce (Telemans, 2012), cultivée dans un premier temps au Portugal et à partir de là, elle a été introduite au Maroc et en Algérie (Chapot, 1962). Cette variété d'origine portugaise, possède un bon goût acide. La présence de nombreux pépins dans le fruit a limité sa valeur commerciale (Leitao *et al.*, 1995). Par ailleurs, ses fruits se caractérisent par une peau épaisse, fortement adhérente à la pulpe (D'Aquino *et al.*, 2003).

L'exploitation des guides de l'Union Internationale pour la Protection des Obtentions Végétales (UPOV 2003a, 2003b et 2003c) ont permis de caractériser du point de vue morphologique les quatre espèces d'agrumes retenus lors de cette étude (Tableau 9).

**Tableau 9** : Caractères morphologiques mesurés chez les espèces d'agrumes examinées

Les chiffres suivis par des lettres différentes appartiennent à des groupes différents

Caractères	Espèces Variétés	Oranger	Pomelo	Mandarinier	Citronnier
		Thomson Navel	Shambar	Carvalhal	Eureka
Densité des épines		Faible	Dense	Absente	Dense
Longueur des épines (mm)		7.67 b	11,6 b	0 a	12.44 b
Longueur de la feuille (cm)		9,8 b	8,67 ab	7,45 a	9,81 b
Largeur de la feuille (cm)		4,61 b	4,54 b	2,4 a	4,36 b
Rapport longueur/largeur de la feuille		2.13 a	1.91 a	3.1 b	2.25 a
Forme en section transversale de la feuille		Légèrement concave	Légèrement concave	Droite	Droite
Torsion du limbe		Faible	Faible	Forte	Intermédiaire
Cloûre du limbe		Présente	Présente	Absente	Absente
Couleur verte du limbe		Moyenne	Moyenne	Foncée	Moyenne
Ondulation du bord du limbe		Faible	Faible	Faible	Intermédiaire
Incisions du bord du limbe		Absente	Absente	Absente	Absente
Forme de l'extrémité du limbe		Pointue	Obtuse	Pointue	Pointue
Echancrure à l'extrémité du limbe		Présente	Présente	Présente	Présente
Pigmentation anthocyanique sur les feuilles		Présente sur les feuilles âgées	Présente sur les feuilles âgées	Présente	Présente sur les nouvelles feuilles
Intensité de la pigmentation anthocyanique sur les feuilles		Moyenne	Moyenne	Moyenne	Forte
Pilosité sur la face inférieure du limbe		Absente	Absente	Absente	Absente
Longueur d'un pétiole (cm)		1,54 bc	1,82 c	1,16 ab	0,99 a
Présence d'ailes au pétiole		Présentes	Présentes	Présentes	Absentes
Largeur des ailes au pétiole (cm)		0,36 c	0,69 d	0,21 b	0 a
Diamètre du calice (mm)		8,12 b	8,62 b	5,87 a	7,5 ab
Longueur du pétale (mm)		21,76 b	21,25 b	16,7 a	26,16 c
Largeur du pétale (mm)		8.46 ab	8.93 b	6.75 a	7.62 ab
Rapport longueur/largeur du pétale		2.57 a	2.38 a	2.47 a	3.43 b
Longueur des étamines (mm)		12.25 a	12.87 a	12.75 a	18.46 a
Présence d'union basale des étamines		Présente	Présente	Présente	Présente

**Tableau 9 (suite)**

Couleur du filament des étamines	Blanche	Blanche	Blanche	Blanche
Couleur de l'anthère	Jaune foncé	Jaune foncé	Jaune foncé	Jaune foncé
Longueur du style (mm)	13,25 a	13,87 a	12,75 a	18,62 b
Forme du style	Droite	Droite	Courbée	Droite
Pigmentation anthocyanique sur le bouton floral	Absente	Absente	Absente	Présente
Intensité de la pigmentation anthocyanique sur le bouton floral	-	-	-	Moyenne
Pilosité de l'ovaire	Absente	Absente	Absente	Absente

Par ailleurs, les caractéristiques des porte-greffes, sur lesquels les variétés examinées sont greffés, sont présentées dans les tableaux 10 et 11.

**Tableau 10 : Aptitudes des porte-greffes Citrange (ITAF, 1995a)**

<b>Caractéristiques</b>	<b>Citrange Troyer et Citrange Carrizo</b>
Résistance à la gommose	Résistant
Résistance à la tristeza	Tolérant
Résistance à la cachexie xyloporose	Tolérant
Résistance à l'exocortis	Sensible
Résistance en terres humides	Moyenne
Résistance en terres sèches	Faible à moyenne
Résistance au calcaire	Faible à moyenne
Résistance aux chlorures	Faible

**Tableau 11 : Aptitudes physiologiques conférés aux greffons par les portes greffes Citrange (ITAF, 1995a)**

<b>Caractéristiques</b>	<b>Citrange Troyer et Citrange Carrizo</b>
Résistance au froid	Assez élevée
Vigueur	Moyenne
Productivité	Elevée
Mise à fruit	Rapide
Epoque de maturité	Avancée
Qualité des fruits	Améliorée

### 3.1.2 Matériel animal

A l'échelle mondiale, 16 espèces aphidiennes sont associées aux agrumes (Barbagallo & Patti, 1986 ; Broughton, 2007). Parmi celles-ci, quatre espèces affectent fortement les agrumes en provoquant des dégâts directs et indirects. L'espèce la plus menaçante est *Aphis spiraecola*, dont ses colonies denses, peuvent provoquer des dégâts sérieux, particulièrement sur les jeunes plants d'oranger et de mandarinier (Barbagallo *et al.*, 2007). A l'opposé, *A.*

*gossypii*, peut causer des déformations peu importantes, même à des densités élevées. Il est connu, que *T. citricidus* est le vecteur le plus efficace dans la transmission du virus de la tristeza sur les agrumes. D'autres pucerons, comme *A. gossypii*, *A. spiraecola* et *T. aurantii*, sont impliqués également dans la transmission de ce virus (Barbagallo *et al.*, 2007). Lors des différents échantillonnages effectués sur les 4 espèces d'agrumes, les pucerons trouvés sont collectés sous forme de larves ou d'adultes sur les jeunes feuilles.

### **3.1.3 Autre matériel**

En plus des produits chimiques, le travail sur le terrain et au laboratoire a nécessité entre autres, l'emploi des boîtes de Pétri, pinceau fin, règle, tubes à essai, loupe de poche, loupe binoculaire, épingles entomologiques, colorimètre, photomètre à flamme Jenway (modèle PFP7), four Heraeus Harau (type MR 170), balance de précision 0,01g, plaque chauffante, bain marie, papier filtre, fioles, pipette (5 ml), tubes gradués, entonnoir, étuve, papier aluminium, agitateur, micropipettes (Eppendorf Research et Finnpiipatte), cônes (jaunes, bleus et blancs), tubes PCR, thermocycleurs (2720 Thermal Cycler, Applied Technologies et Multigene Optimax, Labnet international Inc.), centrifugeuses (Sigma 3-18 k et Sigma 1-14), Gel-doc (Vilber), appareil à ultra violet (Vilber Lourmat), Qubit ® fluoromètre (Invitrogen by Life Technologies, Malaysia), Electrophorèse (Labnet international Inc, Enduro™, Electrophoresis Systems) et Spectrophotomètre.

## **3.2. Méthodes**

### **3.2.1. Choix du site**

Cette étude a été conduite dans la commune d'Emjez Edchich (Skikda). Le verger agrumicole retenu (Figure 11) se trouve à la ferme démonstrative de l'institut technique de l'arboriculture fruitière (ITAF). Cette ferme a été créée par l'arrêté ministériel n° 143 du 12/02/1989. Elle est issue des terres de la ferme pilote Bouraoui.

Cette ferme a comme coordonnées Lambert 36° 42' N et 6° 47' E et elle se trouve sur une altitude moyenne de 200 m. Elle est limitée au nord par le chemin de la wilaya n° 22, reliant Emjez Edchich au chef lieu de la wilaya, au sud par les terres de la ferme pilote Bouraoui, à l'ouest et à l'est par des terrains privés. Sa superficie totale est de 83,12 ha. La superficie réservée aux arbres fruitiers est 73,12 ha. Le verger d'étude est composé de plusieurs espèces et variétés d'agrumes dont la disposition est présentée sur le tableau 12.

Le verger agrumicole examiné est âgé de 16 ans. Les arbres sont plantés en rangés d'un espacement de 5 m. Toutes les espèces d'agrumes ont été conduites globalement sous le même régime. Aucune culture intercalaire n'est pratiquée. Le verger a été conduit avec une utilisation très limitée des pesticides. Le désherbage est réalisé mécaniquement et l'irrigation se limite à quelques apports en saison sèche. Les arbres ont été taillés et la fertilisation est effectuée à base d'urée 46 %.

**Tableau 12** : Dispositif de plantation du verger des agrumes

Espèces et variétés	Disposition des arbres											
Mandarinier Commune	x	x	x	o	x	o	x	x	o	o	x	x
Oranger Double Fine Améliorée	o	o	o	o	x	o	x	x	o	x	x	x
	o	o	?	o	o	o	o	x	o	o	x	o
Pomelo Shambar	o	x	x	x	o	x	x	o	x	x	x	x
	o	x	o	x	x	x	o	o	o	x	o	x
Citronnier Eureka	x	o	o	o	o	o	o	x	o	x	o	o
	x	o	o	o	o	o	x	o	o	o	o	o
Oranger Valencia Late 248	o	o	o	o	o	o	x	o	x	x	o	o
	x	x	o	x	o	x	o	x	x	o	o	x
Clémentinier 63	o	o	o	x	o	x	x	x	o	o	x	o
	x	o	x	o	x	o	o	x	x	o	o	o
Mandarinier Avana Apireno	o	o	x	x	o	x	x	x	o	o	x	x
	o	o	o	o	x	o	x	o	o	x	o	o
Oranger Thomson Navel	o	o	x	o	x	o	o	x	x	o	x	x
	o	x	o	o	o	x	o	o	o	o	o	x
Oranger Double Fine Améliorée	o	o	o	o	x	?	?	o	o	o	o	o
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	x
Citronnier Eureka	o	o	o	o	o	x	x	o	x	x	o	o
	o	o	o	o	x	x	o	o	x	o	x	o
Oranger Thomson Navel 215	o	x	o	o	o	x	o	x	o	x	o	o
	o	o	o	o	o	o	o	x	x	x	o	o
Oranger Double Fine Améliorée	o	o	o	o	?	o	?	o	o	o	?	x
	o	x	x	o	?	o	o	o	o	x	o	o
Oranger Valencia Late	o	x	x	o	o	x	o	x	o	x	x	x
	o	o	o	x	o	o	o	o	x	o	o	o
Mandarinier Carvalhal	o	o	o	o	o	o	x	x	x	x	x	x
	o	o	o	o	o	o	o	x	o	o	o	o
Mandarinier Ortanique	o	x	o	x	x	o	x	o	x	x	x	x
	o	o	o	x	o	o	x	x	x	x	o	o
Clémentinier 2749	o	o	o	o	x	o	x	o	o	x	o	o
	o	o	o	o	o	x	o	o	x	x	x	x

x : plant manquant, o : plant existant, ? : mélange variétal



**Figure 11** : Verger d'étude au niveau de l'ITAF d'Emjez Edchich **A** et **B** (photos originales)

Le prélèvement floristique effectué dans ce verger lors de cette étude a mis en évidence la présence des plantes adventices présentées sur le tableau 13.

**Tableau 13:** Plantes adventices recensées dans le verger agrumicole retenu lors de cette étude

Famille botanique	Nom scientifique	Nom commun
Asteraceae	<i>Matricaria recutita</i> L.	Matricaire camomille
	<i>Sonchus arvensis</i> L.	Laiteron des champs
Convulvulaceae	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Liseron des champs
Brassicaceae	<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	Ravanelle
Malvaceae	<i>Malva rotundifolia</i> L.	Mauve à feuilles rondes
Apiaceae	<i>Daucus carota</i> L.	Carotte sauvage
Oxalidaceae	<i>Oxalis cernua</i> L.	Oxalis penché
Papaveraceae	<i>Papaver rhoeas</i> L.	Coquelicot
Poaceae	<i>Alopecurus myosuroides</i> Hudson	Vulpin des champs
	<i>Avena fatua</i> L.	Folle avoine
	<i>Hordeum</i> sp.	/
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.	Pourpier maraîcher

### 3.2.2. Suivi de la dynamique des populations

#### 3.2.2.1. Technique d'échantillonnage

Durant la période d'étude, allant de janvier 2012 à décembre 2013, des prélèvements sont effectués à raison d'une fois par mois. Au cours de ces deux années d'étude, 16 jeunes feuilles infestées sont prélevées des 4 arbres représentant chaque espèce agrumicole, soit 4 feuilles par arbre, suivant les 4 points cardinaux. Ces jeunes feuilles sont prélevées au niveau des extrémités des jeunes pousses. Cette technique est déjà appliquée par Fadamiro *et al.* (2008), Yoldaş *et al.* (2011) et Mostefaoui *et al.* (2012), pour étudier les pucerons aux Etats-Unis, en Turquie et en Algérie respectivement.

A chaque date d'échantillonnage, les feuilles prélevées à partir des différentes espèces d'agrumes, sont conservés dans des sachets en plastique afin de les transporter au laboratoire.

#### 3.2.2.2. Techniques appliquées au laboratoire

##### 3.2.2.2.1. Triage et conservation des pucerons

Une fois ramenés au laboratoire, les pucerons sains collectés ont été conservés dans des flacons contenant de l'éthanol jusqu'à leur identification.

##### 3.2.2.2.2. Montage des pucerons

Le montage des pucerons est réalisé suivant la méthode décrite par Leclant (1978) et Jacky & Bouchery (1982). D'abord, une incision au niveau de l'abdomen est pratiquée.

Ensuite, les échantillons sont plongés dans une solution de potasse (KOH) chaude pendant quelques minutes. Il est procédé à un nettoyage dans deux bains d'eau pour se débarrasser de la potasse. Les individus sont transférés dans une solution de chloral phénol pendant quelques jours afin d'éclaircir les spécimens. Le montage est effectué dans une goutte d'Eukitt placée entre lame et lamelle.

### **3.2.2.2.3. Identification des pucerons**

L'identification des pucerons passe par l'observation de certains caractères morphologiques, tels que, la nervation des ailes, le tubercule frontal, la longueur des antennes et le processus terminalis, la forme et la couleur des cornicules, la forme de la cauda et le nombre de ses poils.

La détermination des pucerons a été réalisée au niveau de l'espèce en utilisant les clés d'identification de Stoetzel (1994) et Blackman & Eastop (2000).

### **3.2.3. Niveau d'infestation des variétés de mandarinier**

#### **3.2.3.1. Echantillonnage**

Les différentes variétés d'une même espèce végétale ne présentent pas la même sensibilité aux agressions des déprédateurs (Henry, 2001). L'adoption des variétés résistantes aux insectes a été considérée comme la stratégie de lutte la plus économique et la plus respectueuse à l'égard de l'environnement (Bhatia *et al.*, 2011). Les pucerons sont souvent les cibles des variétés résistantes (Bansal & Michel, 2015). La variation de l'importance des populations d'un ravageur en fonction des variétés d'une même espèce végétale, peut refléter leur niveau de résistance (Özgökçe & Atlihan, 2005). Cette résistance naturelle des plantes est souvent exprimée en termes d'impact néfaste sur les éléments clés de la biologie et du développement de ces insectes (Tingey, 1986).

Lors de cette étude, l'évolution des populations d'aphides a été évaluée sur les variétés de mandarinier Commune, Carvalhal et Ortanique, durant la période allant de janvier à juin 2014. A chaque sortie, 16 jeunes feuilles de chaque variété, sont prélevées à hauteur d'homme, à partir de l'extérieur de la frondaison des 4 arbres retenus pour cet échantillonnage. A partir des arbres pris au hasard, les 4 feuilles prélevées des 4 points cardinaux, sont pris au hasard à partir des extrémités des jeunes pousses. Les feuilles prélevées sont conservés dans des sachets en plastique.

### **3.2.3.2. Caractérisation morphologique des variétés du mandarinier**

Les caractères morphologiques des plantes peuvent déterminer aussi bien l'orientation que la biologie des pucerons. Le comportement de sélection des hôtes par les insectes phytophages est associé à leur couleur et à leur forme (Sadasivam & Thayumanavan, 2003). En outre, la forme et la couleur de la plante hôte peuvent affecter la nutrition de l'insecte en limitant la quantité d'éléments nutritifs ingérés (Hedin *et al.*, 1977). Plusieurs auteurs ont mentionné que certains caractères liés aux feuilles ont un rôle dans la résistance des végétaux aux pucerons (Johnson, 1956 ; Pearson, 1958 cités par Renwick, 1983 ; Stipanovic, 1983 ; Gregory *et al.*, 1986).

Sur chaque variété de mandarinier, 7 caractères morphologiques relatifs aux feuilles, sont étudiés. Sur les 4 arbres représentant chaque variété, la longueur, la largeur et la forme des feuilles, la longueur du pétiole, la présence des ailes, la couleur verte et l'échancrure, sont mesurés. Les jeunes feuilles retenues pour cette évaluation, se trouvent à hauteur d'homme et au niveau de la face extérieure de la frondaison.

### **3.2.3.3. Dosage des flavonoïdes et polyphénols**

Il y a une grande diversité de composés secondaires, mais ils peuvent être classés en trois grands groupes, à savoir, les composés azotés, les terpènes et les phénols (Huignard, 2013). Les phénols interviennent comme des inhibiteurs ou des stimulateurs de la performance des insectes (Bernays, 1981 cité par Chown & Nicolson, 2004). Ils peuvent avoir des effets négatifs sur l'alimentation et la croissance des insectes à travers des mécanismes, y compris le stress oxydatif (Chown & Nicolson, 2004). Ces composés phénoliques interviennent également pour réduire le potentiel biotique des pucerons, en agissant sur la nutrition et même sur la survie des pucerons (Schonhoven & Derksen-Koppers, 1976 cités par Guettala-Frah, 2009). Ils sont classés en flavonols, flavones, catéchines, flavanones, anthocyanidines et isoflavonoïdes (Hollman, 2001).

Pour quantifier les polyphénols et les flavonoïdes totaux, les tissus végétaux sont réduits en fine poudre grâce à un broyeur à billes (Boizot & Charpentier, 2006). Ensuite, le méthanol a été utilisé pour l'extraction des phénols et des flavonoïdes totaux (Atanasova & Ribarova, 2009). La méthode de Folin-Ciocalteu est largement employée pour le dosage des phénols totaux à cause de sa sensibilité élevée et sa reproductibilité (Makkar *et al.*, 2007). La

coloration produite est proportionnelle à la quantité de polyphénols présente dans les extraits végétaux (Boizot & Charpentier, 2006).

Dans cette étude, le dosage des flavonoïdes et polyphénols totaux, est effectué au niveau des feuilles des variétés de mandarinier Carvalhal et Ortanique. Les feuilles utilisées pour la quantification de ces métabolites secondaires sont collectées durant le mois d'avril 2014. Après un séchage dans une étuve à 70 °C pendant 16 heures, les feuilles sont ensuite broyées. Un gramme de ce broyat est mélangé d'abord avec 140 ml de méthanol et 60 ml d'eau distillée et ensuite avec 0,02 g de métabisulfite de sodium et 10 ml d'eau distillée. Une quantité de 40 ml est prélevée de cette solution est versée dans une fiole et agitée pendant 20 minutes et enfin elle est filtrée. Une quantité de 40 ml de la solution a été ajoutée, et le mélange résultant est filtré de nouveau.

Les flavonoïdes totaux ont été quantifiés par la méthode photométrique à partir d'un échantillon de 1 ml de l'extrait obtenu, mélangée avec 1 ml de chlorure d'aluminium. Dans le cas des phénols totaux, 0,5 ml de l'extrait est associé à 1 ml de NaCO<sub>3</sub>, 5 ml d'eau distillée et 1 ml de Folin.

### **3.2.4. Variation des infestations des agrumes en fonction des poussées de sève**

#### **3.2.4.1. Echantillonnage**

La croissance des pousses, se produit chez la plupart des agrumes en périodes bien déterminées (poussées de sève). La poussée de sève printanière est la plus importante, durant laquelle se forment des pousses végétatives et des pousses reproductrices. Généralement, les poussées de sève qui s'effectuent par la suite, ne donnent naissance qu'à des pousses végétatives (Spiegel-Roy & Goldschmidt, 1996). D'après Lotmani *et al.* (2008), la composition chimique des feuilles formées au cours des différentes poussées de sève, est généralement différente.

Afin de ressortir l'effet de la composition chimique sur l'infestation des 4 espèces d'agrumes (oranger, citronnier, pomelo et les trois variétés du mandarinier) par les différents pucerons, il est procédé à un dénombrement des pucerons sur 12 feuilles appartenant à 4 arbres pour chacune des six variétés retenues, à raison de 3 feuilles/arbre. Ces feuilles ont été prélevées au cours des poussées de sève d'automne et de printemps, en octobre 2014 et avril

2015 respectivement. De plus, une analyse foliaire des jeunes feuilles de ces mêmes périodes a été effectuée.

### **3.2.4.2. Dosage des éléments minéraux**

La spectrophotométrie à flamme, offre des possibilités intéressantes pour l'étude de la composition minérale des végétaux (Gueguen & Rombauts, 1961). Les applications essentielles de la photométrie de flamme concernent l'étude des métaux alcalins et alcalino-terreux (Pinta, 1954). Elle permet en particulier de doser le sodium, le potassium, le calcium et le magnésium, avec une bonne précision et à des concentrations très faibles (Gueguen & Rombauts, 1961).

La localisation des jeunes feuilles prélevées se situent à l'extérieur de la frondaison des six variétés d'agrumes analysées (Martin-Prével *et al.*, 1965 ; Martin-Prével *et al.*, 1966). Pour quantifier leur teneur foliaire en phosphore (P), potassium (K), sodium (Na), calcium (Ca) et lithium (Li), une quantité de 0,5 g de feuilles séchées de chaque variété d'agrumes est broyée dans un four pendant 5 heures, puis elle est mélangée avec 5 ml de HCl (36 %). Après avoir été chauffé, le mélange a été associé avec de l'eau distillée jusqu'à l'obtention d'un volume de 100 ml. La solution obtenue a été utilisée pour quantifier les teneurs en sodium, en potassium, en calcium et en lithium, en utilisant la photométrie de flamme. Le phosphore a été quantifié en utilisant la colorimétrie (longueur d'onde 650 nm), après avoir ajouté l'acide ascorbique (6,5 ml) et le réactif sulfomolybdique (2 ml) à 1,5 ml du mélange.

### **3.2.5. Polymorphisme génétique chez *Aphis spiraecola***

Le terme 'biotype' désigne une race ou une souche d'un organisme qui diffère d'une certaine manière de la population principale, souvent dans sa sensibilité à un pesticide ou dans son interaction avec une plante hôte (Caprinera, 2008a). L'existence des biotypes spécialisés à une plante hôte, a été démontrée chez certaines espèces aphidiennes. Au Japon, *Aphis spiraecola* existe sous deux races, une spécialisée à *Spiraea thunbergii* et l'autre spécialisée à *Citrus unshiu* (Komazaki 1990, 1998 cités par Mezghani-Khemakhem *et al.*, 2012). L'étude de la spécialisation des aphides à une espèce botanique peut contribuer à une meilleure compréhension de l'interaction puceron-plante hôte, et donc améliorer les méthodes de lutte contre ces bio-agresseurs.

### 3.2.5.1. Echantillonnage

Afin de comparer le matériel génétique, il est procédé à un prélèvement des individus adultes d'*Aphis spiraecola* en avril 2014 sur l'oranger (Thomson Navel), le pomelo (Shambar), le citronnier (Eureka) et le mandarinier (Commune, Ortanique et Carvalhal), cultivés au niveau de la station d'étude ainsi que sur un citronnier en Tunisie. Les symboles donnés à ces individus sont récapitulés dans le tableau 14. Il est à noter que ces analyses génétiques (RAPD-PCR) sont effectuées au niveau du laboratoire de Génomique des Insectes Ravageurs des Cultures (université de Tunis El Manar, Tunisie).

**Tableau 14** : Code et nombre d'individus d'*Aphis spiraecola* utilisés lors de cette analyse génétique

Symbole attribué aux individus analysés	Nombre d'individus	Plantes hôtes et variétés
O1 - O2 - O6	3	Oranger (Thomson Navel)
P1 - P4 - P5	3	Pomelo (Shambar)
C1 - C5 - C6	3	Citronnier algérien (Eureka)
T1 - T2	2	Citronnier tunisien
M1 - M2	2	Mandarinier (Carvalhal)
M3 - M6 - M13	3	Mandarinier (Commune)
M7 - M9 - M11	3	Mandarinier (Ortanique)

### 3.2.5.2. Extraction de l'ADN

Depuis environ 1990, plusieurs marqueurs d'ADN ont été utilisés, dont certains impliquent la réaction en chaîne par polymérase (PCR) et le séquençage. Parmi ces techniques celle de l'ADN amplifié de façon aléatoire polymorphique (*Randomly Amplified Polymorphic DNA* RAPD) (Loxdale & Lushai, 2007). Les marqueurs RAPD sont largement appliqués dans la cartographie des gènes, la génétique des populations et la génétique évolutive moléculaire. Ceci est principalement dû à la vitesse, le coût et l'efficacité de la technique pour générer un grand nombre de marqueurs dans une courte période. Par ailleurs, cette technique n'a besoin que de petites quantités d'ADN (environ 10 ng par réaction) (Kumar & Gurusubramanian, 2011). Elle a l'avantage qu'aucune connaissance préalable du génome est nécessaire (Babu *et al.*, 2014). A l'inverse de la PCR traditionnelle ciblée sur une séquence déterminée, une réaction de RAPD utilise un seul type d'amorce et non un couple de deux amorces différentes (Tagu & Moussard, 2003). Cette amorce est composée de neuf ou dix nucléotides ayant une teneur de 50 à 80 % de G + C (Capinera, 2008b). Si deux amorces voisines sont en position correcte, dans la bonne orientation et pas trop éloignées l'une de l'autre (moins de 5000 pb), la PCR génère un produit d'amplification. La RAPD permet d'obtenir rapidement des fragments variés d'ADN génomique qui sont ensuite analysés (Tagu & Moussard, 2003). La carte ainsi

générée par RAPD-PCR peut être intégrée avec celle de RFLP et des cartes génétiques classiques (Rédei, 2008). Les marqueurs RAPD offrent la possibilité d'accroître l'efficacité de la création de la carte génétique (del Tufo & Tingey, 1994).

Toutes les techniques utilisées pour l'isolement de l'ADN provenant d'autres organismes conviennent aux insectes (Cockburn & Fritz, 1996). Dans cette étude, l'ADN a été extrait à partir de 19 individus adultes d'*A. spiraecola* en utilisant le Cetyltriméthylammonium bromure (CTAB), selon la méthode de Doyle & Doyle (1987). L'ADN extrait des différents échantillons a été mis en suspension dans 30 µl d'eau distillée autoclavée. La concentration de ces ADN a été mesurée par l'appareil Qubit.

Au départ un total de 9 amorces a été testé, il s'agit de: *OPA9* (5'- GGG TAA CGC C-3'), *OPA12* (5'- TCG GCG ATA G-3'), *OPA19* (5'- CAA ACG TCG G-3'), *OPH11* (5'- CTT CCG CAG T-3'), *OPH18* (5'- GAA TCG GCC A-3'), *OPH20* (5'- GGG AGA CAT C-3'), *OPD9* (5'- CTC TGG AGA C-3'), *OPD14* (5'- CTT CCC CAA G-3'), *OPD17* (5'- TTT CCC ACG G-3'). Sur la base du nombre de marqueurs générés par chaque amorce, 4 amorces ont été retenues.

L'amplification a été réalisée dans un volume total de 25µl, contenant l'extrait d'ADN, 5µl de tampon vert de l'enzyme de polymérisation, 1 µl de MgCl<sub>2</sub>, 1 µl de dNTPs, 0,5 µl d'amorce, 0,35 µl de Taq DNA polymérase. Le processus de la PCR a nécessité le passage par certaines étapes. Après une dénaturation initiale (3 min à 94 °C), il est procédé à 35 cycles d'amplification (1 min de dénaturation à 94 °C, 1 min d'hybridation à 36 °C, 1 min d'élongation à 72 °C) et à une élongation finale (7 min à 72 °C).

La visualisation des bandes d'ADN générées par RAPD-PCR, est effectuée par la technique d'électrophorèse. Les molécules d'ADN chargées négativement migrent dans le champ électrique vers l'anode. En passant au travers des mailles de l'agarose ou de l'acrylamide, elles se séparent selon leur taille. Les molécules les plus grandes sont davantage retenues que les molécules plus petites et migrent moins vite et donc moins loin dans le gel. Afin de visualiser les fragments d'ADN après électrophorèse, le gel est trempé dans une solution contenant du bromure d'éthidium. Cette molécule s'intercale entre les bases des acides nucléiques et elle a la propriété d'émettre une fluorescence rouge orange lorsqu'elle est excitée par la lumière ultraviolette. Le gel est alors observé sous une lampe à U.V. et les molécules d'ADN complexées au bromure d'éthidium deviennent visibles. Comme la distance

de migration est proportionnelle au logarithme du nombre de bases, il est possible de déterminer la taille des fragments de restriction obtenus en comparant leur mobilité électrophorétique à celle de fragments d'ADN de taille déterminée (marqueurs de taille) (Tagu & Moussard, 2003).

Dans cette étude, les bandes d'ADN générées par RAPD-PCR sont observées à la lumière ultraviolette puis photographiées en utilisant le gel-doc.

Chaque gel obtenu est analysé en marquant la bande polymorphe présente par (1) ou absente par (0). La notation peut être faite sur la base des profils de bandes qui sont claires et transparentes, sinon le score est très difficile (Kumar & Gurusubramanian, 2011).

### **3.2.6. Analyse statistique**

Une analyse ANOVA à un seul facteur et un test de Student-Newman-Keuls sont effectués pour comparer les densités des aphides et les caractères morphologiques mesurables entre les différentes espèces d'agrumes et entre les variétés du mandarinier ainsi que pour classer les groupes homogènes. De plus, une analyse de corrélation a été effectuée entre le niveau d'infestation des agrumes et leur teneur en 5 éléments minéraux, au cours des poussées de sève d'automne et de printemps. Ces analyses ont été effectuées en utilisant le logiciel SPSS pour Windows 10.0.5 (SPSS, Inc.). Les figures ont été dessinées avec Microsoft Excel 2007.

Concernant l'étude génétique d'*Aphis spiraecola*, les résultats obtenus ont été valorisés à travers les différentes analyses, à savoir, les indices de diversité génétique, les dendrogrammes, l'analyse multivariée et ANOVA, en utilisant le programme PAST version 2.17c (Hammer *et al.*, 2013).

## Chapitre 4 : Résultats et discussions

### 4.1. Espèces identifiées

#### 4.1.1. Résultats

Les différentes prospections effectuées durant les années 2012 et 2013 dans le verger agrumicole de la ferme démonstrative de l'institut technique de l'arboriculture fruitière (ITAF) à Emjez Edchich (Skikda) ont permis d'identifier 7 espèces de pucerons. Il s'agit d'*Aphis spiraecola*, *A. gossypii*, *A. nerii*, *A. craccivora*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Myzus persicae* et *Toxoptera aurantii* (Tableau 15). Toutes ces espèces appartiennent à la famille des Aphididae, à la sous famille des Aphidinae. La tribu des Aphidini est représentée par 5 espèces, tandis que la tribu des Macrosiphini, ne compte que deux espèces dans le verger d'étude.

**Tableau 15** : Biodiversité des espèces aphidiennes sur agrumes cultivés dans la ferme d'étude

Familles	Sous familles	Tribu	Genres	Espèces
Aphididae	Aphidinae	Aphidini	<i>Aphis</i>	<i>Aphis spiraecola</i> (Patch, 1914) <i>Aphis gossypii</i> (Glover, 1877) <i>Aphis craccivora</i> (Koch, 1854) <i>Aphis nerii</i> (Boyer De Fonscolombe, 1841)
			<i>Toxoptera</i>	<i>Toxoptera aurantii</i> (Boyer de Fonscolombe, 1841)
		Macrosiphini	<i>Myzus</i>	<i>Myzus persicae</i> (Sulzer, 1776)
			<i>Macrosiphum</i>	<i>Macrosiphum euphorbiae</i> (Thomas, 1878)

#### 4.1.2. Discussion

Parmi les 7 espèces de pucerons identifiées lors de la présente étude, 6 espèces sont déjà signalés sur les agrumes en Algérie (Aroun, 1986 ; Benoufella-Kitous, 2005 ; Mohammedi-Boubekka, 2006 ; Belkahla *et al.*, 2013 ; Benoufella-Kitous *et al.*, 2014b ; Aroun, 2015 ; Labdaoui & Guenaoui, 2015). Il s'agit d'*A. spiraecola*, *A. gossypii*, *A. craccivora*, *M. euphorbiae*, *M. persicae* et *T. aurantii*. Tandis qu'*A. nerii*, vient d'être signalé pour la première fois sur les agrumes en Algérie.

Au niveau Maghrébin, *A. spiraecola*, *T. aurantii*, *M. persicae*, *A. fabae*, *A. gossypii* et *A. craccivora*, sont déjà mentionnés sur les agrumes au Maroc (Mazih, 2008 ; Belati &

Belabed, 2014 ; Smaili *et al.*, 2014) et en Tunisie (Ben Halima-Kamel & Ben Hamouda, 2005). Quant aux autres pays méditerranéens, en plus des espèces *A. gossypii*, *A. spiraecola* et *T. aurantii*, omniprésentes (Stary, 1964; Kaygin *et al.*, 2008 ; Jacas & Urbaneja, 2010 ; Kök *et al.*, 2016), *A. craccivora*, *M. persicae* et *Brachycaudus helichrysi*, sont également mentionnées sur les agrumes en Turquie (Eser *et al.*, 2008 ; Yoldaş *et al.*, 2011) et en Grèce (Kavallieratos *et al.*, 2007). En Italie, Addante *et al.* (2009), ont signalé la présence d'*A. fabae*, *Rhopalosiphum maidis*, *Aulacorthum solani*, *Hyadaphis coriandri* et *Myzus ornatus*. L'espèce *M. euphorbiae*, n'a été mentionnée sur les agrumes qu'en France par Lapchin *et al.* (1994).

Parmi les espèces identifiées dans le verger d'étude, *A. spiraecola*, *A. gossypii*, *M. persicae* et *T. aurantii*, sont les plus menaçantes et elles sont connues comme des vecteurs du virus de la Tristeza (Bové, 1961 ; Ghosh *et al.*, 2015). Malgré sa présence dans les autres pays du bassin méditerranéen, *T. citricida*, qui est le vecteur le plus impliqué dans la transmission de cette maladie (Lebdi Grissa, 2010), sa présence n'a pas été notée dans le verger d'étude.

## 4.2. Répartition des aphides en fonction des espèces d'agrumes

### 4.2.1. Résultats

Parmi les 7 espèces de pucerons trouvées, *A. spiraecola* et *A. gossypii*, ont pu s'installer sur les 4 espèces d'agrumes cultivées dans le verger d'étude (Tableau 16). Le puceron *M. persicae* n'a été trouvé que sur le mandarinier. Alors qu'*A. craccivora* a été déterminé sur l'oranger seulement. L'oranger et le pomelo, ont pu héberger 5 espèces aphidiennes pour chacun (Tableau 16).

**Tableau 16** : Répartition des espèces de pucerons trouvées en fonction des espèces d'agrumes

Agrumes Variétés Pucerons	Oranger Thomson Navel	Pomelo Shambar	Mandarinier Carvalhal	Citronnier Eureka	Total
<i>A. spiraecola</i>	+	+	+	+	4
<i>A. gossypii</i>	+	+	+	+	4
<i>A. nerii</i>	-	+	+	-	2
<i>A. craccivora</i>	+	-	-	-	1
<i>T. aurantii</i>	+	+	-	+	3
<i>M. persicae</i>	-	-	+	-	1
<i>M. euphorbiae</i>	+	+	-	-	2
<b>Total</b>	5	5	4	3	

(+) : présence, (-) : absence

### 4.2.2. Discussion

Dans le verger d'étude, l'oranger a été infesté par 5 espèces de pucerons (*A. spiraecola*, *A. gossypii*, *A. craccivora*, *T. aurantii* et *M. euphorbiae*). A l'exception de *M. euphorbiae*, les autres aphides sont déjà mentionnées sur l'oranger à l'ouest algérien (Labdaoui & Guenaoui, 2015), dans la Mitidja (Mohammedi-Boubekka, 2006) et à Tizi Ouzou (Benoufella-Kitous *et al.*, 2014b). Lopes *et al.* (2006) ont noté qu'au Portugal, des pucerons peu inféodés à l'oranger, sont également signalés, il s'agit d'*A. fabae*, *A. hederae*, *A. solanella* et *Anoecia haupti*. Cependant, en Egypte, sur les variétés d'oranger 'Baladi' et 'Navel', Kamel (2010) n'a mentionné que la présence d'*A. gossypii*.

Sur le mandarinier, 4 espèces aphidiennes ont été identifiées. Sur le citronnier, 3 espèces de pucerons ont pu s'installer. Ces espèces sont déjà rapportées sur cette culture dans la région méditerranéenne par Ben Halima-Kamel & Ben Hamouda (2005) et Kavallieratos *et al.* (2007).

Les pucerons ailés lors de la phase de recherche, ils exploitent plusieurs indices physiques et chimiques. Ceux-ci comprennent, les substances stimulantes ou inhibitrices, en particulier, les éléments nutritifs essentiels (acides aminés et sucres) (Herrbach, 1985b) et les métabolites secondaires (Bhatia *et al.*, 2011). De nombreux auteurs ont mis en évidence l'effet de ces volatiles sur l'orientation des pucerons vers une plante déterminée (Webster *et al.*, 2008 ; da Costa *et al.*, 2011 ; Han *et al.*, 2012). En outre, plusieurs facteurs d'ordre morphologique ou chimique, peuvent déterminer la pullulation des pucerons.

Les espèces *A. spiraecola* et *A. gossypii* ont pu s'installer sur l'ensemble des agrumes cultivés dans le verger d'étude (Tableau 16). Cela peut être expliqué par la présence de l'hôte principale (agrumes) pour la première espèce (Andreev *et al.*, 2009) et par la polyphagie de la deuxième espèce.

### 4.3. Importance des effectifs totaux

#### 4.3.1. Résultats

L'évaluation des effectifs totaux des pucerons inféodés aux agrumes dans le verger d'étude a mis en évidence que l'infestation était moins importante en 2012 (2261 individus) comparativement à 2013 (8001 individus). Par ailleurs, il est noté qu'*A. spiraecola*, est l'espèce la plus présente sur les 4 espèces d'agrumes (9761 individus) (Tableau 22). Par contre, *M. persicae* est la moins présente avec seulement 3 individus collectés durant les deux années d'étude. L'espèce *A. craccivora*, n'a été observée que sur l'oranger en 2012 (Tableau 17).

**Tableau 17** : Importance des effectifs totaux des espèces aphidiennes trouvées sur les agrumes durant les années 2012 et 2013

Agrumes Variétés	Oranger Thomson Navel		Pomelo Shambar		Mandarinier Carvalhal		Citronnier Eureka		Total
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013	
Années Pucerons									
<i>A. spiraecola</i>	1403	3657	388	1448	166	1153	100	1446	<b>9761</b>
<i>A. gossypii</i>	0	170	0	19	0	30	26	1	<b>246</b>
<i>A. nerii</i>	0	0	0	5	0	1	0	0	<b>6</b>
<i>A. craccivora</i>	165	0	0	0	0	0	0	0	<b>165</b>
<i>T. aurantii</i>	0	38	3	0	0	0	9	25	<b>75</b>
<i>M. persicae</i>	0	0	0	0	1	2	0	0	<b>3</b>
<i>M. euphorbiae</i>	0	5	0	1	0	0	0	0	<b>6</b>
<b>Total</b>	<b>1568</b>	<b>3870</b>	<b>391</b>	<b>1473</b>	<b>167</b>	<b>1186</b>	<b>135</b>	<b>1472</b>	<b>10262</b>
<b>Total 2012</b>	<b>2261</b>								
<b>Total 2013</b>	<b>8001</b>								

#### 4.3.2. Discussion

Les différentes prospections menées au cours des années 2012 et 2013 dans le verger d'étude, ont révélé l'existence de 7 espèces aphidiennes. L'espèce *A. spiraecola* est la plus présente, elle a pu s'installer sur les 4 espèces d'agrumes examinées. Cette dominance peut être attribuée à son potentiel biotique, notamment, en présence de son hôte préféré, qui est l'oranger. Mostefaoui *et al.* (2014) attribuent l'abondance d'*A. spiraecola* comparativement aux autres espèces de pucerons inféodées aux agrumes, à sa tolérance en proline et sa meilleure exploitation aux métabolites énergétiques foliaires.

L'importance des pullulations des espèces aphidiennes varie d'un pays à un autre mais d'une façon générale, *A. spiraecola* demeure le puceron le plus abondant sur les agrumes

(Neubauer *et al.*, 1981). Sa prédominance a été notée en Algérie (Dartigues, 1991; Benoufella-Kitous *et al.*, 2014b), en France (Lapchin *et al.*, 1994) et aux Etats-Unis (Yokomi & Tang, 1995 cités par Wang & Tsai, 2000).

Lors de cette étude, *A. gossypii* a occupé le deuxième rang. Plusieurs auteurs, en particulier, Tena & Garcia-Marí (2011); Hermoso de Mendoza *et al.* (1998) cités par Hermoso de Mendoza *et al.* (2006), considèrent, *A. spiraecola* et *A. gossypii*, comme les aphides les plus nuisibles aux agrumes en méditerrané. Ils sont mentionnés comme très abondants sur les agrumes au Maroc (Belati & Belabed, 2014), en Syrie (Abo Kaf, 2005), en Italie (Yahiaoui *et al.*, 2009), en Espagne (Marroquín *et al.*, 2004) et aux Etats-Unis (Powel *et al.*, 2006; Fadamiro *et al.*, 2008). En outre, ils sont considérées comme des ravageurs clés pour l'agrumiculture en Algérie (Franco *et al.*, 2006), en Tunisie (Ben Halima-Kamel *et al.*, 1994; Lebdi Grissa, 2010) et en Turquie (Uygun & Satar, 2008). En revanche, *T. aurantii* était pris comme le principal puceron dans certaines orangeries en Algérie (Aroun, 1986; Benoufella-Kitous, 2005), en Sicile (Addante *et al.*, 2009) et dans certaines régions du sud-est de l'Asie (Bayhan *et al.*, 2006; Ghosh *et al.*, 2015).

Il est à signaler que malgré leur installation sur les agrumes dans le verger d'étude, les effectifs d'*A. nerii*, *M. persicae* et *M. euphorbiae*, n'ont connu aucune évolution dans le temps. Il se peut qu'ils n'ont pas pu supporter la compétition et la concurrence exercées par les autres espèces, notamment, par *A. spiraecola*.

*A. craccivora* n'a pu s'installer que sur l'oranger. Cette spécificité peut être attribuée à l'adaptation relative de cette espèce avec les caractères morphologiques et chimiques de cette culture. Il est possible que les autres agrumes soient moins attractifs et moins énergétiques à cette espèce aphidienne. Feeny (1992) a rapporté que les interactions entre les pucerons et leurs plantes hôtes, sont déterminées essentiellement par la valeur nutritive de ces dernières.

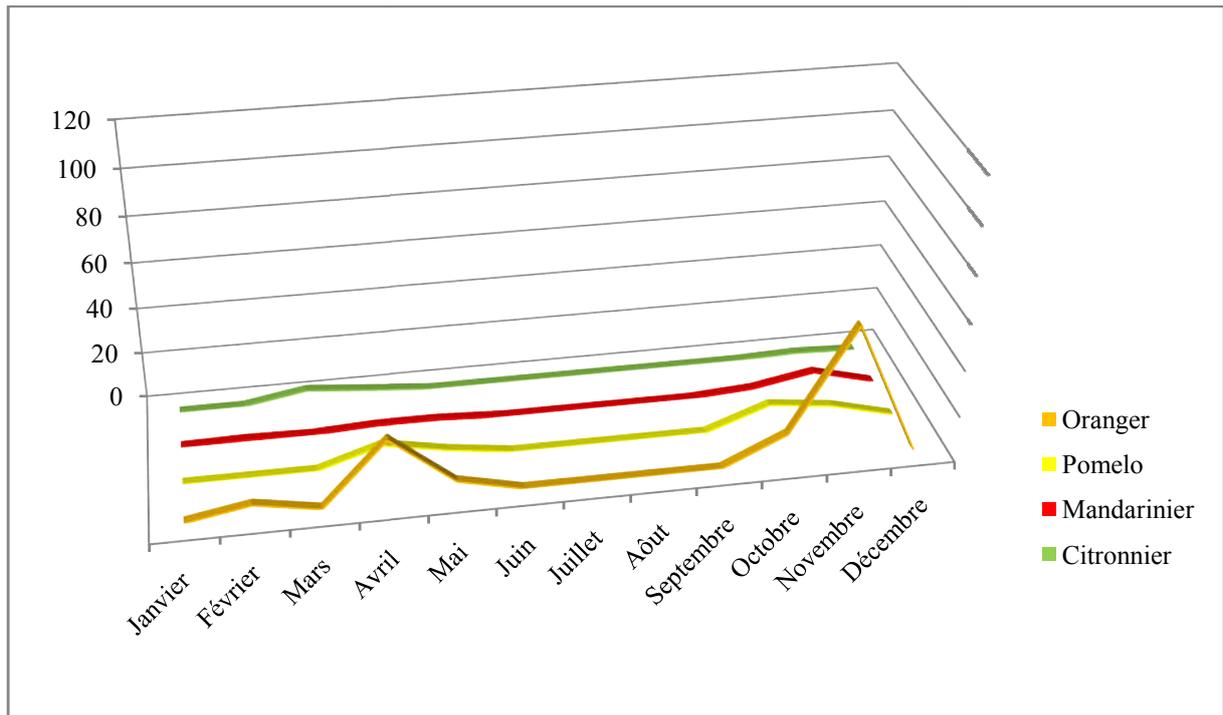
Dans la plupart des cas, les espèces aphidiennes inféodées aux agrumes de la station d'étude, ont présenté des colonies séparées et les colonies mixtes sont très rares. Il semble qu'il y a une forte compétition interspécifique. Ce phénomène a été déjà soulevé par Petersen & Sanström (2001) cités par Benoufella-Kitous (2005).

En fonction des années, il est constaté une différence dans la richesse qualitative et quantitative des aphides entre les 4 espèces d'agrumes dans la région d'étude (Tableau 22). Hullé *et al.* (2010) ont signalé que cette différence est déterminée surtout par les conditions climatiques, qui affectent la biologie et l'écologie des espèces, en agissant directement sur la physiologie des organismes, ou indirectement à travers la modification de leur habitat.

## 4.4. Evolution des effectifs dans le temps

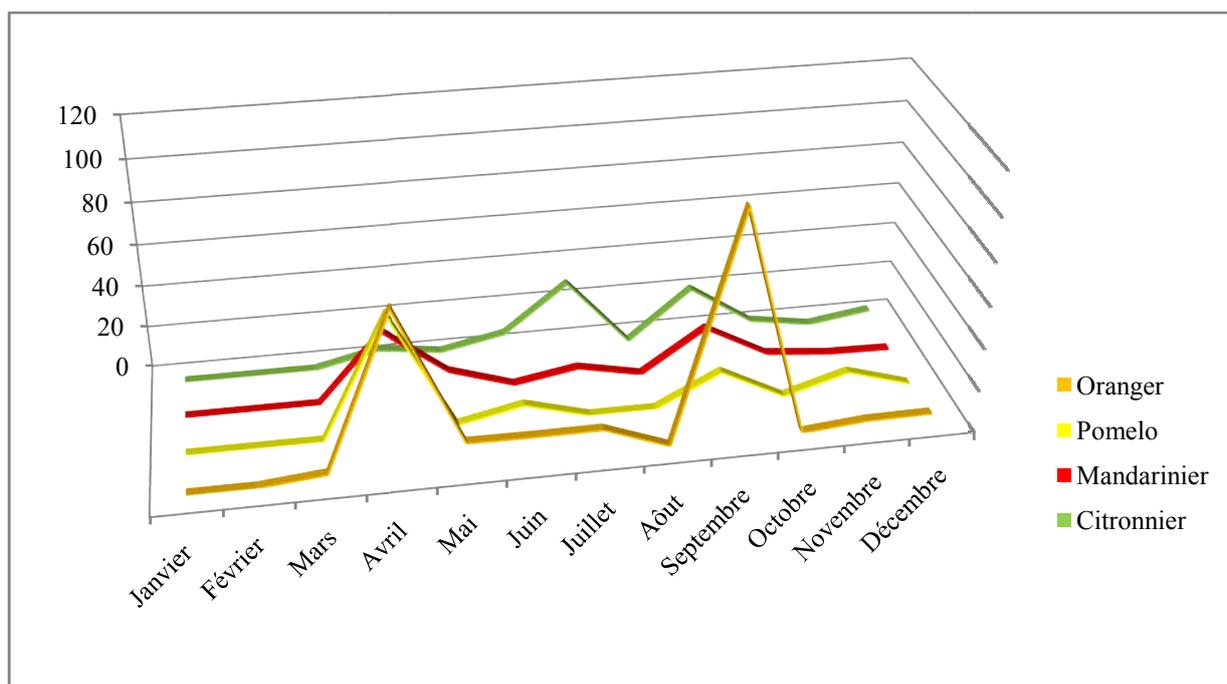
### 4.4.1. Résultat

Au cours de l'année 2012 et sans tenir compte de l'espèce aphidienne, il est remarqué que les pullulations les importantes sont enregistrées en mars sur le citronnier (4,62 individus / feuille), en octobre pour le pomelo (9,81 individus / feuille) et en novembre pour l'oranger et le mandarinier (57 et 6,75 individus / feuille respectivement) (Figure 12).



**Figure 12** : Evolution des effectifs moyens mensuels des pucerons sur les agrumes dans le verger d'étude en 2012 sans tenir compte de l'espèce (moyenne /feuille)

Au cours de l'année 2013, ces valeurs maximales sont obtenues en avril pour le pomelo et le mandarinier (57,69 et 32,56 individus /feuille respectivement), en juillet pour le citronnier (31,88) et en septembre pour l'oranger (107,31) (Figure 13).



**Figure 13** : Evolution des effectifs moyens mensuels des pucerons sur les agrumes dans le verger d'étude en 2013 sans tenir compte de l'espèce (moyenne /feuille)

L'analyse ANOVA a montré des différences significatives dans les niveaux d'infestation entre les 4 espèces d'agrumes présentes dans le verger d'étude, durant certains mois (Tableau 18). C'est le cas d'avril ( $F = 5,187$  ;  $P = 0,003$ ) et de novembre ( $F = 21,097$  ;  $P = 0,000$ ) de l'année 2012. Cette différence était également significative durant les mois de mars ( $F = 3,674$  ;  $P = 0,017$ ), juillet ( $F = 3,430$  ;  $P = 0,023$ ), septembre ( $F = 5,009$  ;  $P = 0,004$ ) et octobre ( $F = 4,459$  ;  $P = 0,007$ ) de l'année 2013.

**Tableau 18** : Comparaison des degrés d'infestation mensuels par les pucerons entre les 4 espèces d'agrumes durant les deux années d'étude

Mois année	P	
	2012	2013
Février	0,430	Aucune infestation
Mars	0,171	0,017 *
Avril	0,003 *	0,073
Mai	0,078	0,091
Juin	Aucune infestation	0,117
Juillet	Aucune infestation	0,023 *
Septembre	Aucune infestation	0,004 *
Octobre	0,239	0,007 *
Novembre	0,000 *	0,100
Décembre	Aucune infestation	0,376

\* La différence est significative si  $P < 0.05$

#### 4.4.2. Discussion

Les pucerons présents sur les agrumes dans le verger d'étude, ont présenté deux périodes d'activité intense en 2012 en 2013. La première a été notée au cours du printemps et la deuxième en automne. Ces pullulations sont liées apparemment, aux fortes poussées de sève qui s'observent durant ces deux saisons. Par ailleurs, les températures modérées qui caractérisent ces périodes sont jugées favorables à l'explosion démographique des aphides. Ces pics sont également obtenus par Benoufella-Kitous (2005) à Tizi-Ouzou sur clémentinier et oranger. D'autres recherches ont mentionné que le pic d'infestation par les pucerons des agrumes s'observe au cours du printemps (Simanton & Knorr, 1969 ; Kamel, 2010 ; Yoldaş *et al.*, 2011 ; Mostefaoui *et al.*, 2014). La présence et l'abondance des pucerons inféodés aux agrumes dépendent de l'importance des différentes poussées de sève (Saharaoui *et al.*, 2015). Saharaoui & Hemptinne (2009) ont mentionné que les fortes infestations de *T. aurantii* et *A. spiraecola* sur le citronnier dans la Mitidja, coïncident généralement avec les périodes de poussées de sève. La dynamique des pucerons au cours de l'année est largement déterminée par les variations saisonnières de la qualité de l'hôte. Au printemps, les jeunes pousses qui se forment, sont très riches en acides aminés ; qui forment l'aliment de base pour les aphides. Egalement en automne, les feuilles sont riches en acides aminés et d'autres nutriments. Par contre, en été, les feuilles âgées sont généralement riches en sucres (Kindlmann & Dixon, 2010). De son côté, Dartigues (1991) a révélé que sur l'oranger au printemps, l'importance des infestations aphidiennes varie en fonction des facteurs physiques, du soin apporté au verger, de la nature des rameaux, de l'âge des arbres, et surtout de la visite des fourmis *Tapinoma simrothi* ayant une influence positive importante sur la croissance et la survie des aphides. Alors que, Mostefaoui *et al.* (2012) ont trouvé que les variations des effectifs des pucerons sur le clémentinier sont corrélées avec leurs réserves énergétiques, leur permettant de se maintenir à des densités variables.

Durant la saison d'été, il est remarqué une présence très faible des pucerons sur les différentes espèces d'agrumes. Watson (1926) a indiqué que cela est dû en partie au ralentissement de la croissance et de la reproduction des aphides durant l'été. De plus, il est vraisemblable que les températures élevées ont limité les pullulations des pucerons des agrumes.

Lors de cette étude, il est constaté que les colonies aphidiennes, s'installent principalement sur les feuilles jeunes. La nourriture des pucerons montre des variations

marquées de la qualité entre les différentes étapes du cycle de croissance saisonnier d'une plante (Dixon, 1998). Les conditions trophiques seraient optimales lorsque la densité de la sève est au-dessous de 10 %, ce qui est précisément le cas des jeunes feuilles en voie de croissance (Chaboussou, 1975). Ainsi, Hill (2008) a mentionné que les sucres synthétisés au niveau des jeunes feuilles, sont transportés vers les feuilles âgées, pour être stockés.

Il est noté une variation des infestations en fonction des années. En 2012, les pucerons n'ont pas infesté les agrumes durant les mois de janvier, juin, juillet, août, septembre et décembre, alors qu'en 2013, cette absence n'a été notée qu'en janvier, février et août. De même, Powel *et al.* (2006) ont observé des variations des pullulations d'*A. spiraecola*, sur l'oranger doux, en fonction des années lors d'une étude allant de 1998 jusqu'à 2005.

Il semble que les changements de certains paramètres climatiques entre les années, notamment, la température, ont beaucoup influencé le niveau d'infestation. En 2012, les températures moyennes mensuelles étaient comprises entre 9,48 et 27,37°C, alors qu'en 2013, ces moyennes ont oscillé entre 11,24 et 25,22°C. Les facteurs les plus importants régissant à la fois le taux de développement et le taux de reproduction des pucerons, sont l'état de croissance des feuilles sur lesquelles ils se nourrissent et les conditions météorologiques, en particulier, la température (Tissot, 1926). La température est identifiée comme étant le facteur abiotique le plus important, qui affecte directement les ravageurs (Bale *et al.*, 2002). Les insectes sont vulnérables aux changements de température (Ameixa, 2010), particulièrement les pucerons, en raison de certaines caractéristiques biologiques spécifiques de ce groupe (Hullé *et al.*, 2010). D'après Satar *et al.* (2005), les températures ont un effet déterminant sur la biologie et le cycle de vie des pucerons. L'effet de la température a été mis en évidence sur la biologie de nombreuses espèces aphidiennes (De Reggi, 1972 ; Kaakeh & Dutcher, 1993 ; Wang & Tsai, 2000 ; Morgan *et al.*, 2001 ; Bayhan *et al.*, 2006 ; Harrington & Clark, 2010 ; Gao *et al.*, 2013 ; Brabec *et al.*, 2014 ; Ranila *et al.*, 2015). Dixon & Hopkins (2010) ont révélé que pour chaque espèce, il y a un intervalle de températures où le puceron peut croître et se reproduire. Komazaki (1982) a constaté que le taux intrinsèque de croissance naturelle est maximal à 22 °C pour *A. gossypii* et à 27 °C pour *A. spiraecola*. En outre, le temps de génération de cette dernière espèce était de 5,8 jours à 25° C et de 12,1 jours à 15° C, sur l'oranger (Washington Navel) (Satar & Uygun, 2008). De plus, les pucerons peuvent produire un supplément de 1 à 5 générations, si la température annuelle augmente de 2°C (Khaliq *et al.*, 2014). Sur les agrumes, Qureshi (2010) a mentionné que des températures douces en hiver

et au printemps, peuvent induire une apparition précoce des nouvelles pousses et des infestations aphidiennes.

En ce qui concerne la variation des infestations aphidiennes en fonction des agrumes, il est remarqué que l'oranger est le plus attaqué. Même, Roistacher *et al.* (1984) ont enregistré cette différence et ils ont signalé qu'*A. gossypii* préfère s'installer sur l'oranger doux comparativement au citronnier, mais ils n'ont pas noté de différence entre le pomelo et l'oranger doux. Par contre, Marroquín *et al.* (2004), ont remarqué, qu'en Espagne, le citronnier est l'hôte le plus préféré par les pucerons des agrumes comparativement à l'oranger doux, le pomelo, et enfin le mandarinier Satsuma. De plus, Tsai & Wang (2001) ont indiqué que la fécondité d'*A. spiraecola* était plus importante sur le pomelo comparativement à l'oranger.

Il est suggéré que le mandarinier et le citronnier, qui ont enregistré la plus faible infestation dans le verger d'étude, présentent des caractéristiques ne permettant pas un bon développement des aphides. Whalen & Harmon (2015) ont mentionné que les changements de la résistance de la plante-hôte, peuvent influencer les réponses démographiques et les mouvements des herbivores. En outre, d'après Satar & Uygun (2008), en plus de la température, la plante hôte détermine la mortalité, le développement et la fécondité des pucerons. Après une étude effectuée en Turquie, ces mêmes auteurs, ont remarqué des différences importantes dans la durée du cycle de vie d'*A. spiraecola* sur le mandarinier, l'oranger, le citronnier et le pomelo. Les mêmes constatations ont été faites par Kavallieratos *et al.* (2002) en Grèce, après une étude sur les pucerons associés à l'oranger et au mandarinier.

Cette différence peut être attribuée à plusieurs facteurs d'ordre morphologique ou chimique. En effet, da Costa *et al.* (2011), ont remarqué que des composants volatiles émis par les plantes, avant et après l'infestation, sont impliqués dans sa défense aux pucerons. De leur part, Han *et al.* (2012), ont mis en évidence que le type de substances volatiles émises par le thé, *Camellia sinensis*, associées à des couleurs jaune ou verte des jeunes pousses, déterminent l'orientation et l'installation des ailés de *T. aurantii*. Chez les agrumes, les principaux composés volatiles provenant des fleurs du pomelo, de l'oranger doux, du mandarinier et du citronnier, étaient le linalool, b-myrcène, a-myrcène, limonène, (E) - ocimène, l'anthranilate de méthyle et l'indole (Jabalpurwala *et al.*, 2009). Linalool est présent dans différentes parties des fleurs des agrumes (Attaway *et al.*, 1966). Ce dernier, possède une

activité insecticide (Yamasaki *et al.*, 2007). Par ailleurs, les volatiles monoterpènes sont susceptibles de jouer un rôle dans la défense du citronnier contre les insectes (Yamasaki *et al.*, 2007). Les monoterpènes aldéhydes et le limonène, qui se trouvent généralement en quantités élevées dans les jeunes feuilles du citronnier, agissent comme des répulsifs contre les phytophages (Vartak *et al.*, 1994; Oyedele *et al.*, 2002; Bojana *et al.*, 2003; Ament *et al.*, 2004; Li *et al.*, 2004 cités par Flamini *et al.*, 2007). Ceci peut expliquer la faible infestation enregistrée sur le citronnier comparativement aux autres espèces d'agrumes se trouvant dans le verger d'étude.

En outre, certains auteurs ont signalé l'influence du porte greffe sur le degré d'infestation des cultures par les pucerons. Munõz *et al.* (2008) ont révélé que les populations d'*A. spiraecola* n'ont pas connu une différence sur le clémentinier greffé sur plusieurs porte greffes, alors qu'*A. gossypii*, préfère coloniser le clémentinier greffé sur le mandarinier Cléopâtre (*Citrus reshni* Hort. ex Tan).

## 4.5. Niveau d'infestation des variétés de mandarinier

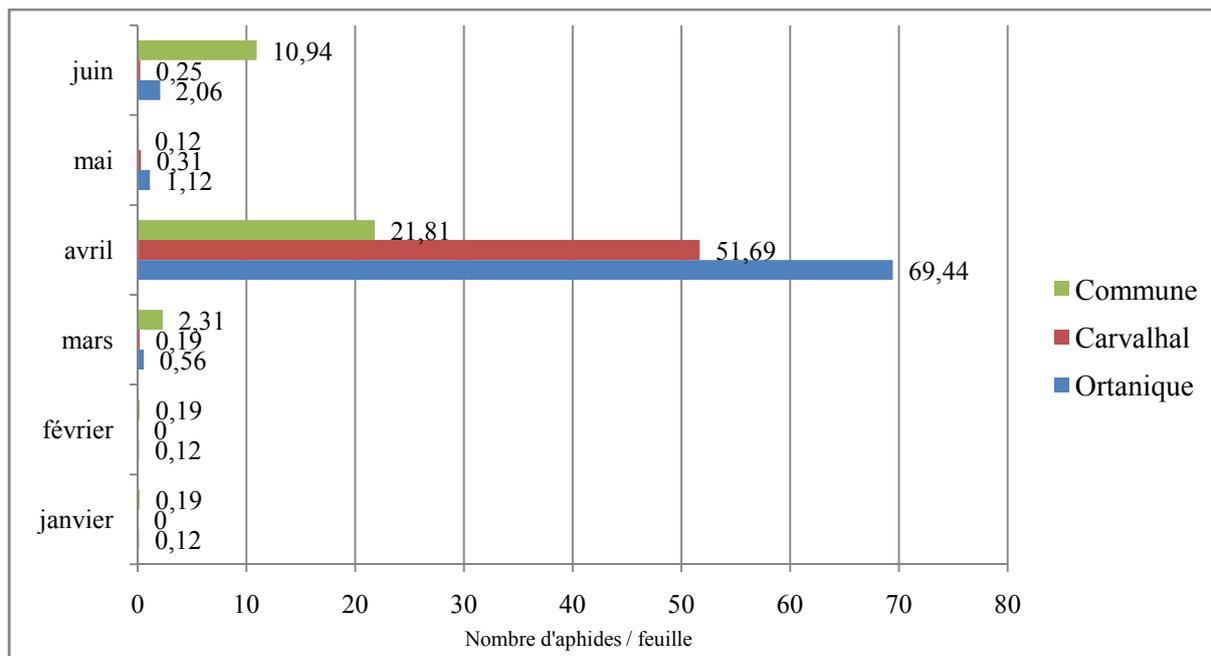
### 4.5.1. Résultats

Comparativement aux variétés Commune (593 individus) et Carvalhal (692 individus), la variété de mandarinier Ortanique (1172 individus), est la plus infestée au cours de la période d'étude allant du janvier à juin 2014 (Tableau 20). Sur toujours, la variété Ortanique, le puceron *A. spiraecola* (768 individus), a développé le plus grand nombre d'individus comparativement à Carvalhal (525 individus) et Commune (492 individus). Malgré sa fécondité plus ou moins importante sur la variété Ortanique (273 individus), le puceron *A. gossypii* est totalement absent sur les deux autres variétés (Tableau 19).

**Tableau 19** : Importance numérique des espèces aphidiennes installées sur les trois variétés du mandarinier en 2014

Variétés	Commune	Carvalhal	Ortanique
Espèces aphidiennes			
<i>A. spiraecola</i>	492	525	768
<i>A. gossypii</i>	0	0	273
<i>T. aurantii</i>	101	167	131
<b>Total</b>	<b>593</b>	<b>692</b>	<b>1172</b>

En ce qui concerne l'évolution des effectifs moyens mensuels, il est remarqué que le mois d'avril est le plus favorable aux infestations aphidiennes sur les 3 variétés de mandarinier. Durant ce mois, l'effectif était de 69,44 individus / feuille sur Ortanique, de 51,69 individus / feuille sur Carvalhal et enfin de 21,81 individus / feuille sur Commune (Figure 14).



**Figure 14** : Nombre moyen mensuel des pucerons installés sur trois variétés du mandarinier au cours de l'année 2014

Pour faire ressortir les facteurs responsables de ces niveaux d'infestation aphidiennes, il est procédé d'abord, à la description morphologique des feuilles de ces trois variétés de mandarinier. Les résultats ont fait ressortir les différences mentionnées sur le tableau 20. Des différences sont enregistrées dans l'intensité de la couleur, les échancrures ainsi que les dimensions des feuilles et des pétioles (Tableau 20).

**Tableau 20** : Description des caractères morphologiques des feuilles des 3 variétés du mandarinier

Variétés	Commune	Carvalhal	Ortanique
<b>Caractères morphologiques</b>			
Longueur des feuilles	5,06 a	6 a	5,76 a
Largeur des feuilles	1,89 a	2,87 b	3,04 b
Forme des feuilles	pointue	pointue	obtuse
longueur des pétioles	0,54 a	0,7 b	1,2 c
Présence des ailes	non	oui	non
Couleur verte des feuilles	peu foncée	foncée	claire
Echancrure des feuilles	présente	présente	absente

Par ailleurs, des analyses chimiques sont effectuées sur les feuilles des variétés Carvalhal et Ortanique, afin de ressortir s'il existe une corrélation entre certains éléments et leur niveau d'infestation par les pucerons. L'analyse ANOVA a montré une différence

significative dans la concentration en polyphénols totaux ( $P < 0.05$ ) et une différence non significative dans la concentration en flavonoïdes totaux (Tableau 21).

**Tableau 21** : Variation des niveaux d'infestation aphidienne en fonction des concentrations en polyphénols et en flavonoïdes totaux dans les feuilles des variétés de mandarinier Carvalhal et Ortanique prélevées en avril 2014

Paramètres calculés Variétés	Infestation Individus /feuille	Polyphénols totaux (mg/g)	Flavonoïdes totaux (µg/g)
Ortanique	69,44 ± 12,47	4,60 ± 0,16 a	65,53 ± 1,26 a
Carvalhal	51,69 ± 12,08	5,95 ± 0,17 b	63,63 ± 1,41 a

#### 4.5.2. Discussion

L'évaluation des effectifs totaux des pucerons installés sur les 3 variétés de mandarinier, a fait ressortir qu'Ortanique est la plus infestée comparativement à Carvalhal et Commune. Par ailleurs, sur toujours la variété Ortanique, il est noté la présence d'*A. spiraecola*, *A. gossypii* et *T. aurantii*, tandis que, sur les deux autres variétés, à savoir, Commune et Carvalhal, le puceron *A. gossypii* est totalement absent (Tableau 20).

Les infestations aphidiennes les plus importantes sur les trois variétés de mandarinier, sont enregistrées durant le mois d'avril (Figure 12). Cette période a coïncidé avec la pleine croissance des jeunes pousses et les températures modérées du printemps.

La sélection des plantes hôtes par les pucerons est déterminée par une série de réponses comportementales (Pettersson *et al.*, 2007). Les volatiles des plantes et les signaux visuels et thigmotactiques, peuvent être impliqués dans la reconnaissance d'une plante hôte (Lattanzio *et al.*, 2000). La localisation visuelle des plantes hôtes par les herbivores n'a bénéficié que peu de travaux (Prokopy & Owens, 1983). Parmi les indices visuels affectant l'orientation vers une plante hôte, la couleur et la forme, semblent être les plus importantes (Renwick, 1983).

Dans cette étude, les feuilles de la variété Ortanique, qui semble être la plus sensible aux attaques des aphides, se sont distinguées par des pétioles longs et des limbes larges, comparativement aux deux autres variétés. Apparemment, la surface importante des feuilles de la variété Ortanique a permis aux pucerons de développer des colonies plus denses. De même, Whitham (1978) a remarqué dans son étude, une corrélation positive entre la taille des

feuilles de peuplier *Populus angustifolia* et le potentiel biotique du puceron *Pemphigus betae*. De son côté, Gordon (1971) cité par Whitham (1978), a remarqué que la taille des feuilles influe sur la quantité de l'azote indispensable dans la nutrition des aphides.

Par ailleurs, la variété Ortanique, a présenté des feuilles de couleur vert clair. Il semble que cette couleur est la plus attractive aux pucerons comparativement aux couleurs qui caractérisent les deux autres variétés. De nombreux auteurs ont étudié l'influence de la couleur des feuilles sur le comportement de recherche des aphides, entre autres, Hodgson & Elbakhiet (1985); Niraz *et al.* (1987); Moharramipour *et al.* (1997); Radcliffe & Chapman (1965) et (1966) cités par Sadasivam & Thayumanavan (2003); Dixon (1985) cité par Schowalter (2006) et Schaefer & Rolshausen (2007). D'après Sadasivam & Thayumanavan (2003), la plupart des pucerons, comme le reste des Sternorrhyncha, expriment une préférence particulière aux feuilles réfléchissant les couleurs dans la gamme de 500 à 600 nm (jaune-vert). Apparemment, la couleur est un bon indicateur du statut nutritif d'une plante, c'est le cas surtout du feuilles jeunes ; qui sont très riches en nutriments et qui sont fréquemment jaunes (Kennedy *et al.*, 1961 cités par Dixon, 1998).

En réalité, l'aspect externe de la plante n'agit pas seul mais il s'interfère avec des facteurs chimiques. Effectivement, Renwick (1983), a signalé que la sélection ou l'évitement d'une plante par un insecte phytophage, sont guidés par un complexe de stimuli physiques et chimiques. Même après avoir été choisie, la plante réagit aux blessures provoquées par le ravageurs, par l'induction de nombreuses réactions de défense; notamment, par l'émission de composés organiques volatiles (Arimura *et al.*, 2011; Kachro & Robin, 2013; Muthamilarasan & Prasad, 2013 cités par Asai *et al.*, 2015). Les agrumes sont bien connus comme une source riche de ces volatiles, dont plusieurs ont un rôle important dans les réponses de défense (Asai *et al.*, 2015). En effet, plus de 120 composés volatiles, y compris les phénols, ont été isolés à partir des feuilles d'agrumes (Azam *et al.*, 2013). Les volatiles foliaires d'agrumes sont composés principalement de monoterpènes, de sesquiterpènes et d'esters de monoterpène (Patt & Sétamou, 2010).

Après l'étape de la sélection, l'acceptation ou le rejet d'une plante dépendent de sa texture ainsi que de ses sécrétions en phago-stimulants ou en anti-appétants (Renwick, 1983). Ainsi, les substances allélochimiques qui affectent le comportement, le développement ou la biologie des populations d'insectes, peuvent être des facteurs extrêmement importants dans la

résistance des plantes-hôtes. Elles peuvent aussi interagir avec les nutriments (Berlinger, 2008). Les métabolites secondaires ont un rôle importants dans la résistance des végétaux vis-à-vis de nombreuses espèces aphidiennes (Oleszek *et al.*, 1992; Cambier *et al.*, 2000; Awmack & Leather 2002; Leszczynski *et al.*, 2003; Ridstill-Smith *et al.*, 2004; Urbanska *et al.*, 2004 cités par Goławska & Łukasik, 2009). Ces substances de défense chez les plantes regroupent les phénols, les phyto-alexines, les protéinases inhibitrices (Ryan, 1973 cité par Pollard, 1977), les saponines (Hanson *et al.*, 1973 cités par Hedin *et al.*, 1977) et les substances phytotoxiques présentes en abondance chez les agrumes (Downum, 1986). Les phénols forment la principale classe des métabolites secondaires (Lattanzio *et al.*, 2006). Ils jouent un rôle dans l'acquisition des nutriments chez les plantes (Schowalter, 2006). Ils sont largement considérés comme des phago-dissuadants, des anti-appétants ou des toxines, qui peuvent modifier la qualité nutritionnelle des tissus végétaux pour les herbivores (Lambers, 1993 cité par Estiarte *et al.*, 1994).

Les polyphénols produits en quantités relativement importantes, sont parmi les répulsifs les plus efficaces contre les herbivores (Mooney *et al.*, 1983). Ils sont présents chez tous les végétaux mais leur composition varie en fonction des espèces (Harborne, 1989 cité par Sadasivam & Thayumanavan, 2003).

Dans cette étude, la variété de mandarinier Ortanique, qui est la plus infesté par les pucerons, s'est distinguée par une faible teneur en polyphénols totaux comparativement à la variété Carvalhal. Il se peut que la concentration relativement élevée en polyphénols totaux chez la variété Carvalhal, a contribué à la limitation des effectifs des pucerons, après une action à distance sur leur comportement de recherche (à distance) ou sur le potentiel biotique des espèces installées. Effectivement, plusieurs études, entre autre celle de Wójcicka (2010) a mis en évidence que les hybrides du triticale contenant des niveaux élevés en phénols sont moins attractifs aux pucerons comparativement aux cultivars sensibles. En plus, Kamel & El-Gengaihi (2009) ont remarqué une absence totale d'*A. gossypii* sur le concombre riche en cucurbitacine et en composés phénoliques.

Par ailleurs, Tjia & Houston (1975) ont noté que les teneurs élevées en phénols totaux caractérisent les arbres de *Picea abies* résistants au puceron *Adelges abietis*. En outre, une forte corrélation négative a été établie entre la concentration en phénols totaux et l'infestation de *Populus angustifolia* par le puceron des galles *Pemphigus betae* (Zucker, 1982). De plus,

les résultats d'une étude conduite par Eleftherianos *et al.* (2006), ont révélé une corrélation négative entre la concentration totale en phénols chez certaines céréales et leurs niveaux d'infestation par les pucerons *Rhopalosiphum padi* et *Sitobion avenae*.

Des travaux plus ou moins récents, en particulier, celui de Chrzanowski *et al.* (2009), ont démontré que les composés phénoliques des plantes agissent en réduisant l'activité enzymatique des pucerons. De plus, les tannins, qui constituent un groupe des polyphénols, ont une capacité de précipiter les protéines (Peng, 1991). Cependant, les tannins peuvent jouer également un rôle de répulsifs ou de toxines contre les insectes herbivores, mais ils peuvent également agir dans certains cas comme de phago-stimulants (Bernays *et al.*, 1980 et 1991; Rey *et al.*, 1999; Barbehenn *et al.*, 2008 cités par Moctezuma *et al.*, 2014). Jones & Klocke (1987) cités par Peng (1991), ont rapporté que les ellagitannins, sont fortement toxiques pour *Schizaphis graminum* et *Myzus persicae*, mais ils n'ont aucun effet sur d'autres espèces aphidiennes.

Parmi les catégories des polyphénols, les flavonoïdes occupent une place importante. Ils constituent un groupe de métabolites secondaires présent dans la plupart des familles botaniques (Goławska *et al.*, 2010). De plus, ils sont des constituants réguliers des feuilles d'agrumes (Spiegel-Roy & Goldschmidt, 1996). Ils sont connus pour avoir des fonctions physiologiques importantes dans les plantes en les protégeant contre des stress biotiques (Goławska *et al.*, 2010). Le rôle des flavonoïdes est moins compris comparativement à celui des autres métabolites secondaires comme les saponines. Généralement, ces substances sont supposés avoir un effet sur le comportement et la performance des insectes (Harborne, 1993 ; Simmonds, 2001 cités par Goławska *et al.* (2008). En outre, ils jouent un rôle important dans les interactions des plantes avec l'environnement (Goławska *et al.*, 2012).

Lors de cette étude, il est remarqué que la variété Carvalhal, qui est la moins infestée par les pucerons, présente une faible teneur en flavonoïdes totaux, comparativement à Ortanique, quoique l'analyse statistique n'a révélé aucune différence significative. Ces résultats concordent avec ceux de Goławska *et al.* (2008, 2012), qui ont démontré que le cultivar de la luzerne *Medicago sativa*, le moins riche en flavonoïdes était le moins attaqué par le puceron du pois *Acyrtosiphon pisum*. De même, Kamel & El-Gengaihi (2009) ont signalé une corrélation positive entre la densité des populations d'*A. gossypii* et la teneur du concombre en flavonoïdes.

Dans cette étude, il se peut que certains groupes de flavonoïdes présents dans les feuilles de la variété de mandarinier Ortanique, ont même stimulé la prise alimentaire chez les pucerons. Par contre, chez la variété Carvalhal, les flavonoïdes présents ont intervenu pour augmenter son niveau de résistance aux pucerons malgré que sa richesse en ces éléments était faible en comparaison avec Ortanique.

Hedin *et al.* (1977), ont mentionné que certains flavonoïdes aglycones, constituent des phago-stimulants pour certains ravageurs. Par ailleurs, d'autres études ont confirmé le rôle des flavonoïdes dans le contrôle des pucerons (Ateyyat *et al.*, 2012) et des autres Homoptères nuisibles (Bouchelta *et al.*, 2005). D'après Dreyer & Jones (1981), la plupart des flavonoïdes sont des éléments de forte dissuasion. A titre d'exemple, les flavonoïdes anthraquinone, interviennent comme des anti-appétants (Saxena *et al.*, 2014). Les roténoïdes à base d'isoflavonoïdes, est le seul groupe de flavonoïdes, connu comme étant très toxiques à l'égard de nombreux insectes (Sadasivam & Thayumanavan, 2003). De plus, des essais conduits par Lattanzio *et al.* (2000), ont prouvé que, parmi les flavonoïdes endogènes, il y a lieu de citer la quercétine et l'isorhamnetine, qui interviennent comme des inhibiteurs de la reproduction chez certains pucerons.

Il faut signaler également que le même flavonoïde peut avoir des rôles différents en fonction de l'espèce aphidienne. En effet, phlorizine glucoside, a un effet stimulant pour certains pucerons (*Rhopalosiphum insertion* et *A. pomi*) et un effet inhibant pour d'autres (*Amphorophora agathonica*) (Klingauf, 1971 ; Montgomery & Arn, 1974 cités par Harris, 1977).

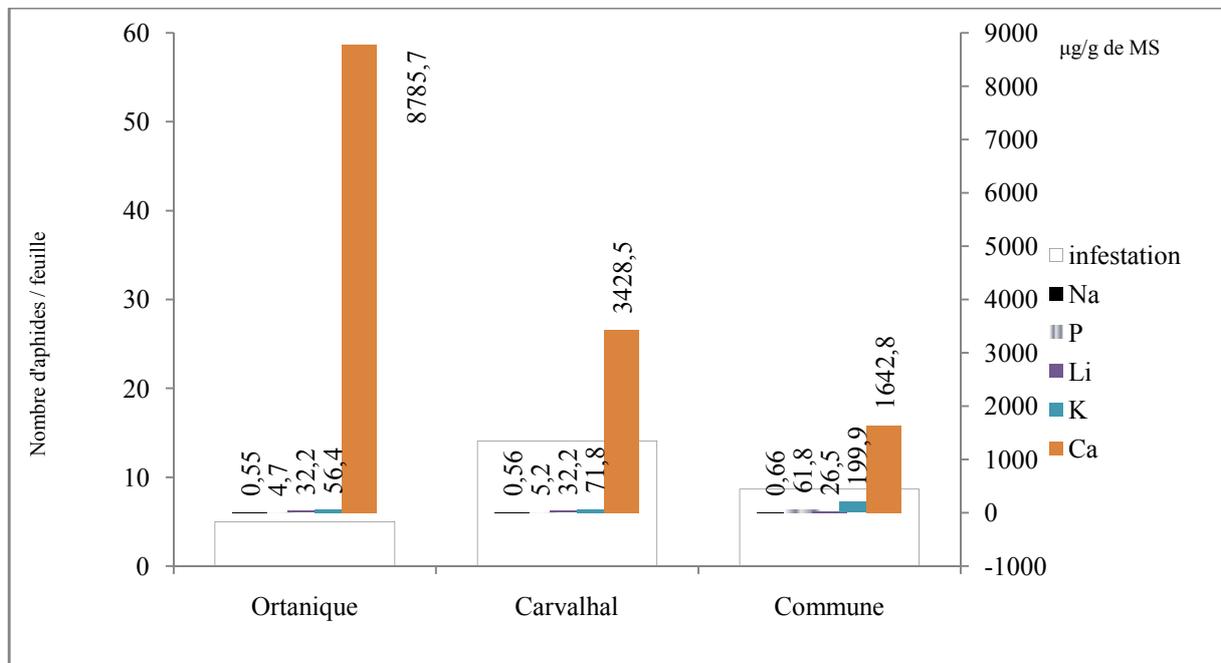
## 4.6. Variation intraspécifique des infestations et des minéraux foliaires en fonction des poussées de sève chez le mandarinier

### 4.6.1. Résultats

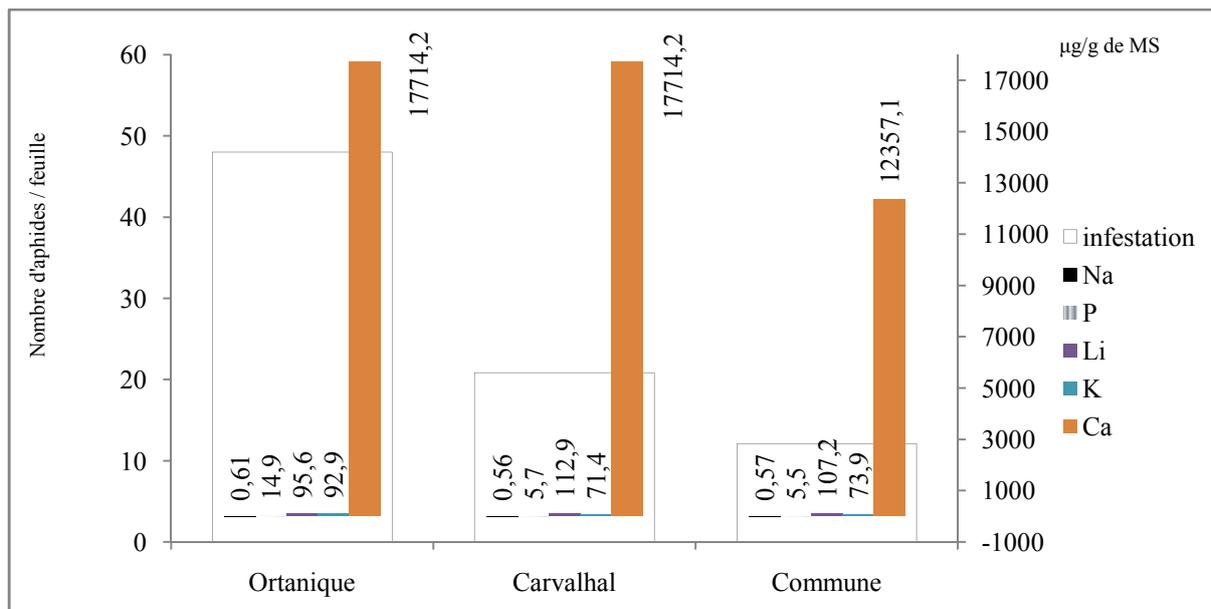
Il est noté que les niveaux d'infestation des trois variétés de mandarinier (Ortanique, Carvalhal et Commune), étaient plus élevés au cours de la poussée de sève du printemps comparativement à la poussée d'automne (Figures 15 et 16).

Par ailleurs, les résultats des analyses des jeunes feuilles prélevées au cours de la poussée de sève d'automne (octobre 2014) et de la poussée du printemps (avril 2015), ont montré des différences intraspécifiques remarquables dans la composition minérale (Figures 15 et 16). Les concentrations du lithium et du calcium, sont plus importantes au cours de la poussée de sève du printemps comparativement à celle de l'automne. Par contre, la teneur en potassium chez Carvalhal et Commune, au cours de la poussée du printemps, était plus faible en comparaison avec celle de l'automne.

Chez Ortanique, les jeunes feuilles prélevées aux cours de la poussée du printemps, étaient plus riches en phosphore (P), potassium (K), sodium (Na), calcium (Ca) et lithium (Li), comparativement à celles de l'automne (Figures 15 et 16).



**Figure 15** : Variation des niveaux d'infestation et des teneurs en éléments minéraux au cours de la poussée de sève d'automne chez les trois variétés de mandarinier



**Figure 16** : Variation des niveaux d'infestation et des teneurs en éléments minéraux au cours de la poussée de sève du printemps chez les trois variétés de mandarinier

L'étude de la relation entre les degrés d'infestation par les aphides et les teneurs en minéraux foliaires des trois cultivars du mandarinier examinés, n'a montré aucune corrélation significative (Tableau 22).

**Tableau 22** : Coefficients de corrélation entre le niveau d'infestation de 3 variétés du mandarinier par les pucerons et leurs teneurs en minéraux

Eléments analysés	Na	P	Li	K	Ca
Degré d'infestation					
Correlation de Pearson	0,188	- 0,135	0,531	- 0,095	0,666
Signification (bilatérale)	0,721	0,798	0,278	0,859	0,149

\* La corrélation est significative si  $P < 0.05$

#### 4.6.2. Discussion

Les recherches sur l'effet de la composition chimique des feuilles d'agrumes sur les pucerons sont rares. Au cours de cette étude, la teneur en 5 éléments minéraux (K, P, Ca, Na et Li) a été évaluée chez 3 variétés du mandarinier, au cours des poussées de sève du printemps et d'automne.

Lors de la poussée d'automne, des niveaux élevés de phosphore et de potassium sont obtenus chez la variété Commune comparativement à Carvalhal et Ortanique. Il se peut que

cette différence soit liée à l'aptitude spécifique de cette variété à absorber ces deux éléments en quantités importantes.

Au cours de la même poussée de sève, il est soulevé des différences intraspécifiques très importantes en certains éléments minéraux. A titre d'exemple, au cours de la poussée d'automne, la variété de mandarinier Ortanique, qui était le moins infestée par les pucerons, avait la plus faible teneur en sodium (Na), en phosphore (P) et en potassium (K). A l'opposé, au cours de la poussée du printemps, sur la même variété, il est enregistré l'infestation la plus forte et les teneurs les plus élevées en ces éléments, comparativement à Carvalhal et Commune.

D'une façon générale, les plantes n'ont pas les mêmes besoins en éléments minéraux. Leurs teneurs en ces éléments affectent leur physiologie et par conséquent leur infestation par les herbivores (Varanda & Primavesi, 2005). Par ailleurs, le porte greffe a un effet sur l'absorption des nutriments (Toplu *et al.*, 2012) et sur leur concentration dans les feuilles (Dubey & Sharma, 2016). Plusieurs auteurs, entre autres, Embleton *et al.* (1973); EI-Gazzar *et al.* (1974) cités par Ahmed & A1-Shurafa (1984); Marchal *et al.* (1974); Roversi *et al.* (2008); Pasković *et al.* (2013), ont mis en évidence des différences dans la composition foliaire en éléments nutritifs chez les agrumes et les rosacées fruitières.

Lors de cette étude, aucune corrélation significative n'a été discernée entre les niveaux d'infestation et les quantités des 5 minéraux foliaires chez les cultivars du mandarinier. A l'opposé, de nombreuses corrélations ont été rapportées des entre certains minéraux et des paramètres biotiques des pucerons dans des études ultérieures (Barker & Tauber, 1954 ; Raccah *et al.*, 1971 cités par Hedin *et al.*, 1977 ; Jansson & Ekbohm, 2002 ; Varanda & Primavesi, 2005 ; Myers & Gratton, 2006 ; Douglas & van Emdeën, 2007 ; Djazouli, 2010 ; Agarwala & Das, 2012 ; Helfenstein *et al.*, 2015).

Les insectes herbivores identifient leurs plantes hôtes par l'intermédiaire de l'aspect morphologique, des signaux chimiques et parfois par l'action combinée de tous ces facteurs (Städler & Reifenrath, 2009). En outre, leur performance est déterminée directement par la qualité des plantes hôtes (Sun & Ge, 2011). Il existe beaucoup d'évidence dans la littérature sur l'importance des minéraux dans la résistance des plantes (Hedin *et al.*, 1977). Les théories modernes de défense reconnaissent que le statut nutritionnel d'une plante influence sa réponse

aux attaques par les phytophages (Stamp, 2003 cité par Rowntree *et al.*, 2010). Les ravageurs ont besoin de quantités adéquates de plusieurs minéraux pour se développer et se reproduire (Wigglesworth, 1966). Des composants comme le carbone et l'azote agissent directement sur la fécondité du ravageur (Awmack & Leather, 2002).

Lors de cette étude, il se peut que la forte infestation par les pucerons au cours de la poussée du printemps, chez les 3 variétés du mandarinier, est liée à la concentration élevée du calcium au niveau des jeunes feuilles. D'après Clark (1982) cité par Fageria (2009), les plantes déficientes en minéraux sont généralement plus sensibles aux insectes. Le calcium est considéré parmi les éléments minéraux essentiels pour la survie et la reproduction des insectes (Behmer, 2008). De plus, il a un rôle important dans le développement des pucerons (Auclair & Srivastava, 1972). Giordanengo *et al.* (2007) ont montré que l'insertion des stylets dans des cellules végétales pauvres en calcium, s'accompagne au point d'insertion d'un influx de calcium, qui a un effet direct sur la production de callose, polymère glucidique, qui est impliqué dans la défense à la blessure, et synthétisé par une enzyme régulée par le calcium.

Concernant le potassium, l'analyse foliaire a révélé que sa concentration était plus faible au cours de la poussée du printemps chez les cultivars Carvalhal et Commune. Egalement, d'autres auteurs ont signalé que les teneurs faibles en K ont une action positive sur les aphides (Barker & Tauber, 1954 cités par Hedin *et al.*, 1977 ; Myers *et al.*, 2005 ; Myers & Gratton, 2006 ; Hayes *et al.*, 2009).

Khatab (2007) a indiqué que le potassium peut jouer un rôle dans le mécanisme de défense des plantes infestées par les pucerons. La sève élaborée exige des niveaux adéquats de ce minéral dans les tissus foliaires (Ramesh Kumar *et al.*, 2006). Un manque de potassium chez les plantes favorise l'accumulation des acides aminés dans les tissus (Steinberg *et al.*, 1949 ; Chaboussou, 1975 ; Amtmann & Armengaud, 2009 ; Soetan *et al.*, 2010). De leur part, Walter & DiFonzo (2007) cités par Hogg & Gratton (2010), ont signalé que chez le haricot souffrant d'un manque de potassium, le niveau d'asparagine (acide aminé), qui est essentiel pour les pucerons, augmente au niveau du phloème. En outre, un stress en potassium, empêche la phosphorylation oxydative de l'ADP à l'ATP, ce qui perturbe la capacité des plantes à accumuler et à utiliser l'énergie (Bergmann, 1992 cité par Myers & Gratton, 2006).

## 4.7. Variation interspécifique des infestations et des minéraux foliaires en fonction des poussées de sève chez les agrumes

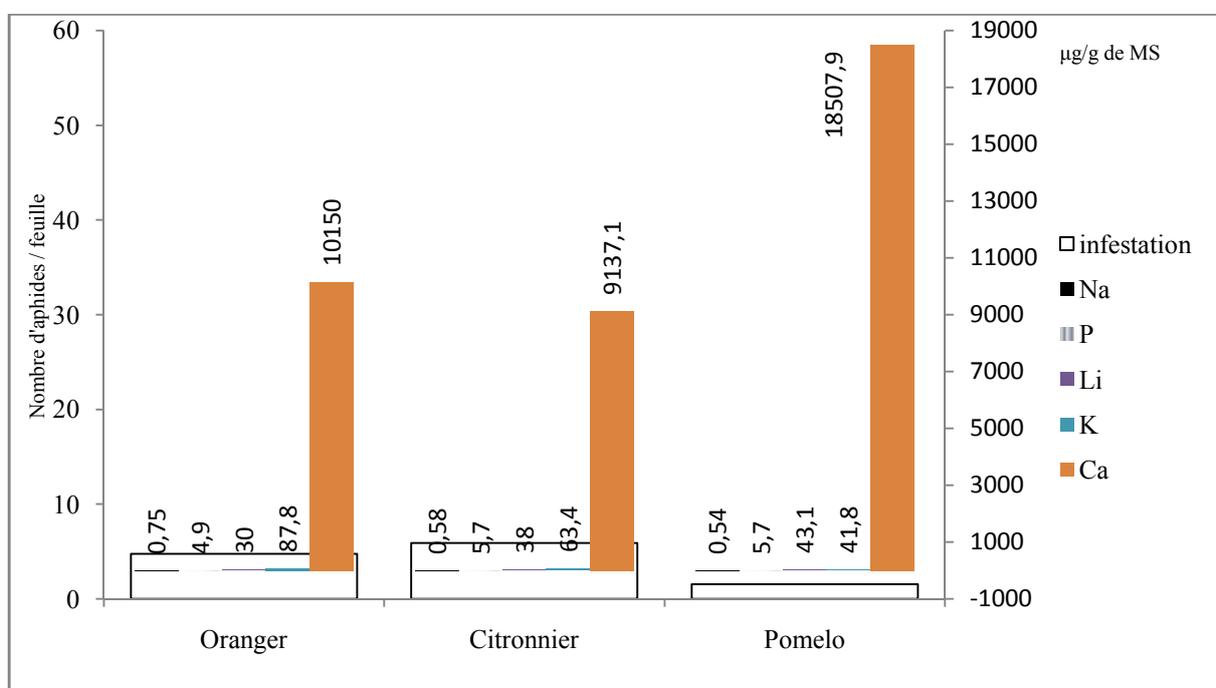
### 4.7.1. Résultats

Les niveaux d'infestation des variétés de l'oranger (Thomson Navel), du citronnier (Eureka) et du pomelo (Shambar), étaient plus importants au cours de la poussée du printemps comparativement à la poussée d'automne (Figures 17 et 18).

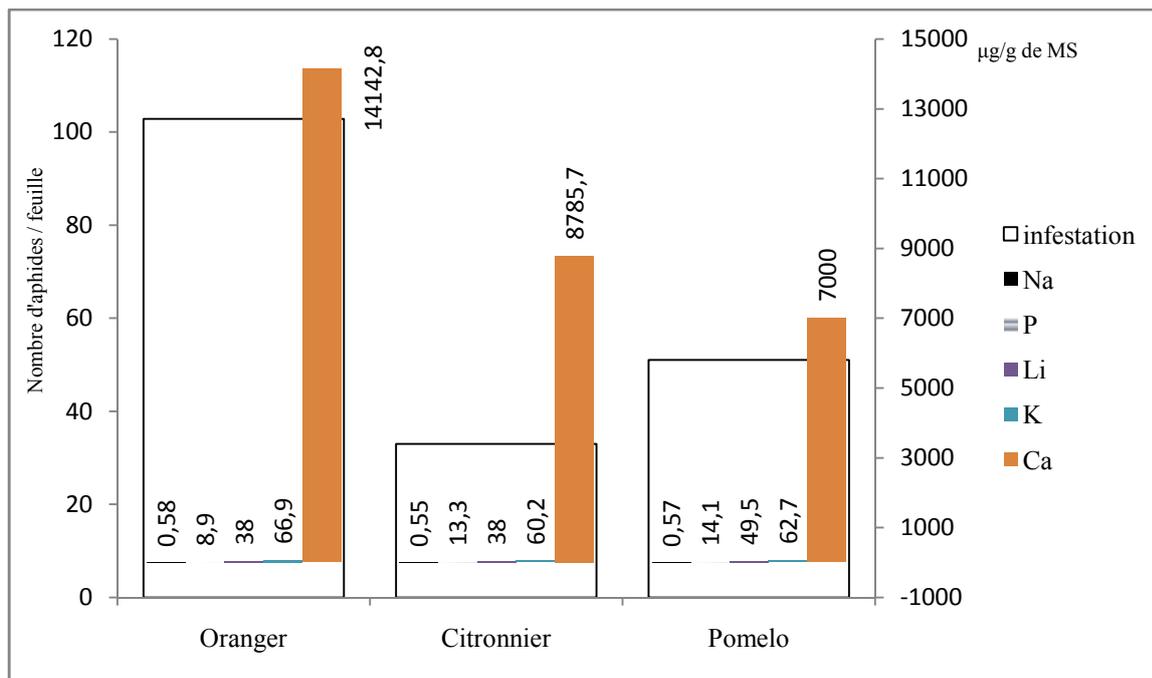
De plus, les analyses de ces deux poussées ont révélé des différences interspécifiques remarquables dans la composition minérale entre les trois espèces d'agrumes retenues pour cette étude (Figures 17 et 18).

Il est à noter que les teneurs en phosphore, étaient supérieures au cours de la poussée de sève du printemps comparativement à celle de l'automne.

Comparativement à la poussée de sève du printemps, les jeunes feuilles prélevées en automne à partir de l'oranger et du citronnier, étaient plus pauvres en sodium (Na) et potassium (K) (Figures 17 et 18).



**Figure 17** : Variation des niveaux d'infestation et des teneurs en éléments minéraux au cours de la poussée de sève d'automne chez les variétés d'oranger, citronnier et pomelo



**Figure 18** : Variation des niveaux d'infestation et des teneurs en éléments minéraux au cours de la poussée de sève du printemps chez les variétés d'oranger, citronnier et pomelo

L'analyse statistique concernant la relation entre les niveaux d'infestation par les pucerons et la composition minérale des feuilles, n'a montré aucune corrélation significative (Tableau 23).

**Tableau 23** : Coefficients de corrélation entre le niveau d'infestation de 3 espèces d'agrumes par les pucerons et leurs teneurs en minéraux

Eléments analysés	Na	P	Li	K	Ca
Degré d'infestation					
Correlation de Pearson	- 0,245	0,493	0,213	0,076	- 0,017
Signification (bilatérale)	0,639	0,321	0,685	0,886	0,974

\* La corrélation est significative si  $P < 0.05$

#### 4.7.2. Discussion

Lors de la présente étude, la quantité de 5 minéraux foliaires (K, P, Ca, Na et Li) a été évaluée chez 3 espèces d'agrumes, au cours des poussées de sève du printemps et d'automne.

Il est constaté que le citronnier a marqué le niveau d'infestation le plus élevé, en comparaison avec l'oranger et le pomelo au cours de la poussée de sève d'automne. En revanche, l'oranger était le plus attaqué par les aphides au cours de la poussée de sève du printemps et ses feuilles étaient les plus riches en Na, K et Ca.

Sans tenir compte de la variété, il est remarqué que l'oranger, le citronnier et le pomelo, sont plus infestés par les pucerons au cours de la poussée de sève du printemps comparativement à celle du printemps. Par contre, cette tendance n'a pas été notée dans la concentration des feuilles en éléments minéraux.

Dans cette étude, les différences interspécifiques en éléments minéraux chez les 3 espèces d'agrumes aux cours des deux poussées de sève, ne sont pas corrélées significativement avec les niveaux d'infestations par les pucerons. De même, Taylor *et al.* (1952) cités par Harrewijn (1970), n'ont soulevé aucun rapport entre les pullulations de *Macrosiphum solanifolii* et la teneur de la pomme de terre en N, P et K.

Dans la présente étude, il se peut que les colonies aphidiennes sont affectées beaucoup plus par d'autres facteurs (climat, les métabolites primaires et secondaires) que par la composition des agrumes en ces éléments minéraux.

D'après Jansson & Ekbohm (2002), l'effet nutritionnel des plantes sur la performance des pucerons, est très complexe. Les interactions entre les nutriments et les substances allélochimiques peuvent être des facteurs clés dans la sensibilité d'une plante aux attaques des insectes (Reese, 1983). Il se peut même que certains allélochimiques peuvent rendre certains nutriments non assimilables (Reese, 1977).

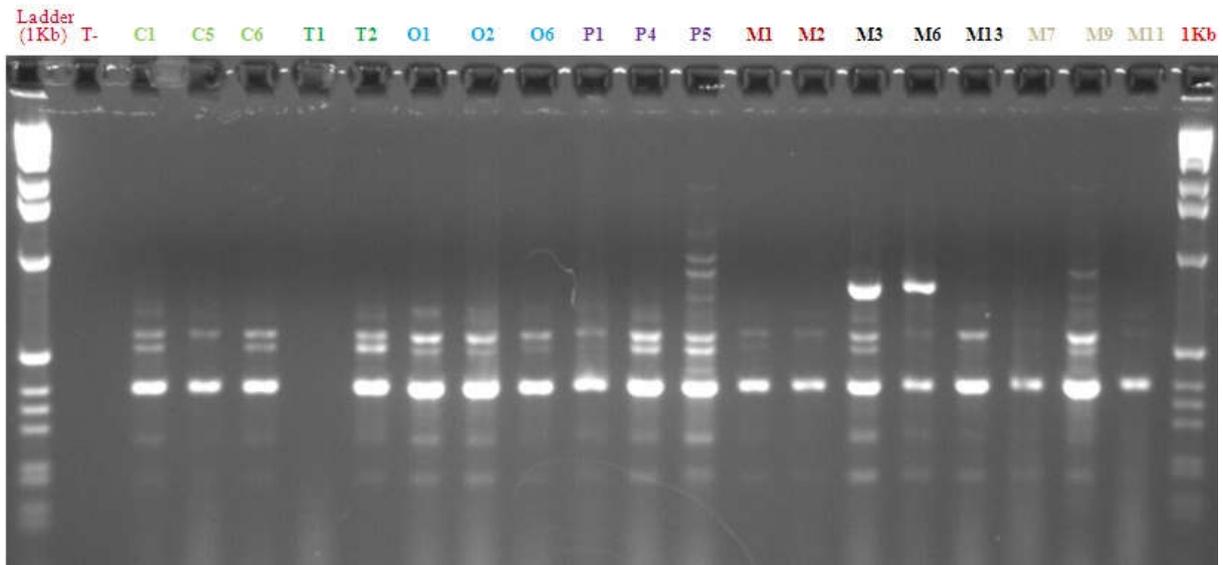
Par ailleurs, certains éléments minéraux, peuvent s'interférer avec les métabolites secondaires, afin de rendre les plantes plus sensibles ou plus résistantes aux aphides. La carence en nutriments peuvent modifier le métabolisme primaire et secondaire et favoriser ainsi la croissance des herbivores (Beanland *et al.*, 2003 cités par Borowicz *et al.*, 2005). Les plantes qui présentent un déficit en éléments minéraux, se distinguent par une concentration élevée en certains métabolites azotés et non azotés (Lavon & Goldschmidt, 1999). De plus, les plantes déficitaires en éléments minéraux nécessaires aux insectes, peuvent contenir des quantités élevées en composés organiques, qui peuvent affecter le pouvoir biotique des ravageurs (Hedin *et al.*, 1977).

## 4.8. Etude du polymorphisme génétique chez *Aphis spiraecola*

### 4.8.1. Résultats

Dans cette partie, il est procédé à la comparaison de l'ADN de 19 individus adultes d'*Aphis spiraecola*, prélevés en avril 2014 à partir de l'oranger (Thomson Navel), pomelo (Shambar), citronnier (Eureka) et mandarinier (Commune, Ortanique et Carvalhal), cultivés au niveau de la station d'étude ainsi que sur le citronnier provenance de la Tunisie. A partir de 9 amorces utilisées au départ, seulement 4 ont été retenues.

Chacune des 4 amorces utilisées dans la technique RAPD-PCR, a généré un nombre différent de marqueurs d'ADN selon sa structure et les génotypes des pucerons analysés (Figure 19).



**Figure 19** : Le gel des marqueurs générés par l'amorce OPA12

Un large éventail de marqueurs, variant en taille entre 100 pb et 1500 pb, a été obtenu. Ce qui indique que l'amplification du locus est très diversifiée. Parmi les 38 marqueurs obtenus, 32 sont des polymorphes (Tableau 24).

**Tableau 24** : Nombre et tailles extrêmes des fragments d'ADN générés par les amorces utilisées

Code de l'amorce	Nombre de marqueurs générés	Tailles extrêmes
OPA9	10	100 pb - 1500 pb
OPA12	8	100 pb - 1020 pb
OPH18	4	150 pb - 1020 pb
OPH20	16	250 pb - 1160 pb
<b>Total</b>	<b>38</b>	<b>100 pb - 1500 pb</b>

Il est remarqué un polymorphisme général relativement élevé (84 %). Parmi les 4 amorces utilisées au départ, trois, sont caractérisées par un taux de marqueurs polymorphes égal ou supérieur à 80 % (Tableau 25).

**Tableau 25** : Pourcentage des fragments d'ADN polymorphes générés par chacune des quatre amorces utilisées

<b>Amorce</b>	<b>Pourcentage du polymorphisme</b>
OPA9	80,00
OPA12	88,00
OPH18	50,00
OPH20	94,00
<b>Moyenne</b>	<b>84,00</b>

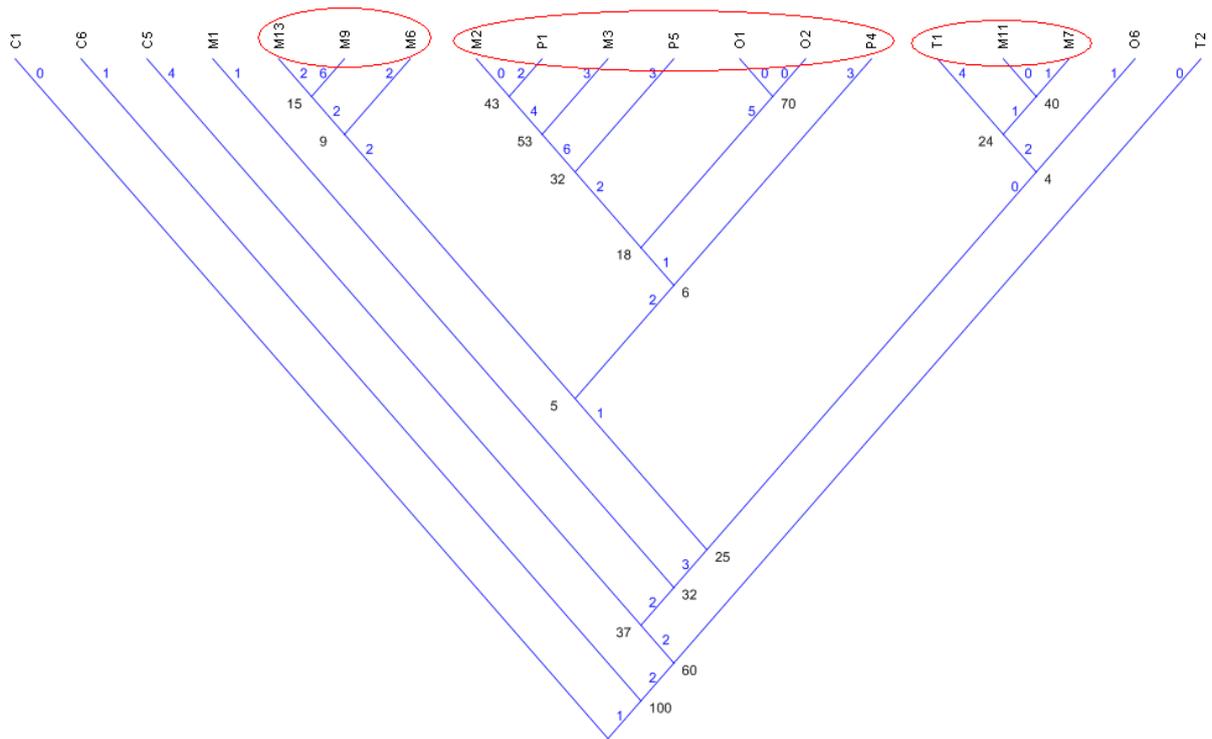
Il est enregistré un passage des distances génétiques moyennes (*global Beta diversities*) dans la population, de 1 (entre M7 et M11) à 4,47 (entre C5 et M3) (Tableau 26).

**Tableau 26** : Matrice de pairwise *Fst* entre les individus d'*A. spiraeola*, obtenue après l'utilisation de 38 marqueurs

O1 - O2 - O6 : Oranger ; P1 - P4 - P5 : Pomelo ; C1 - C5 - C6 : Citronnier Algérien ; T1 - T2 : Citronnier tunisien ; M1 - M2 : Mandarinier Carvalhal ; M3 - M6 - M13 : Mandarinier Commune ; M7 - M9 - M11 : Mandarinier Ortanique

<b>0</b>	<b>C1</b>	<b>C5</b>	<b>C6</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>O1</b>	<b>O2</b>	<b>O6</b>	<b>P1</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M6</b>	<b>M13</b>	<b>M7</b>	<b>M9</b>	<b>M11</b>
<b>C1</b>	<b>0</b>	2,6458	1,4142	3,1623	1,7321	3,3166	3,3166	3	4	2,8284	3,3166	2,8284	4	4,1231	3,6056	3	3,1623	3,3166	3
<b>C5</b>	<b>2,6458</b>	<b>0</b>	2,2361	3,3166	2,4495	4	4	3,1623	3,873	3,3166	3,7417	2,6458	3,873	4,4721	3,7417	2,8284	2,6458	3,1623	2,8284
<b>C6</b>	<b>1,4142</b>	<b>2,2361</b>	<b>0</b>	3,1623	1,7321	3,6056	3,6056	3	4	3,1623	3,6056	2,8284	4	4,3589	3,6056	2,6458	3,1623	3	3
<b>T1</b>	<b>3,1623</b>	<b>3,3166</b>	<b>3,1623</b>	<b>0</b>	2,6458	3,3166	3,3166	2,6458	3,4641	3,4641	3,6056	2,8284	3,7417	4,1231	3	3	2,4495	3,6056	2,2361
<b>T2</b>	<b>1,7321</b>	<b>2,4495</b>	<b>1,7321</b>	<b>2,6458</b>	<b>0</b>	3,1623	3,1623	2,4495	3,6056	2,6458	3,1623	2,2361	3,873	4,2426	3,4641	2,8284	3	3,4641	2,8284
<b>O1</b>	<b>3,3166</b>	<b>4</b>	<b>3,6056</b>	<b>3,3166</b>	<b>3,1623</b>	<b>0</b>	0	2,8284	3,873	3	3,1623	3,6056	4,1231	4	3,4641	3,1623	3,6056	3,7417	3,4641
<b>O2</b>	<b>3,3166</b>	<b>4</b>	<b>3,6056</b>	<b>3,3166</b>	<b>3,1623</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	2,8284	3,873	3	3,1623	3,6056	4,1231	4	3,4641	3,1623	3,6056	3,7417	3,4641
<b>O6</b>	<b>3</b>	<b>3,1623</b>	<b>3</b>	<b>2,6458</b>	<b>2,4495</b>	<b>2,8284</b>	<b>2,8284</b>	<b>0</b>	3	2,2361	2,8284	2,2361	3,3166	3,7417	2,4495	2,4495	2,2361	3,1623	2
<b>P1</b>	<b>4</b>	<b>3,873</b>	<b>4</b>	<b>3,4641</b>	<b>3,6056</b>	<b>3,873</b>	<b>3,873</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	3,7417	3,3166	3,4641	1,4142	3	3,6056	3,6056	3,1623	4,1231	3
<b>P4</b>	<b>2,8284</b>	<b>3,3166</b>	<b>3,1623</b>	<b>3,4641</b>	<b>2,6458</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2,2361</b>	<b>3,7417</b>	<b>0</b>	3	2,4495	4	3,873	3	2,6458	3,1623	3,6056	3
<b>P5</b>	<b>3,3166</b>	<b>3,7417</b>	<b>3,6056</b>	<b>3,6056</b>	<b>3,1623</b>	<b>3,1623</b>	<b>3,1623</b>	<b>2,8284</b>	<b>3,3166</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	3,3166	3,6056	3,4641	3,4641	3,4641	3,3166	3,4641	3,1623
<b>M1</b>	<b>2,8284</b>	<b>2,6458</b>	<b>2,8284</b>	<b>2,8284</b>	<b>2,2361</b>	<b>3,6056</b>	<b>3,6056</b>	<b>2,2361</b>	<b>3,4641</b>	<b>2,4495</b>	<b>3,3166</b>	<b>0</b>	3,7417	4,1231	2,6458	2,6458	2,8284	3,873	2,6458
<b>M2</b>	<b>4</b>	<b>3,873</b>	<b>4</b>	<b>3,7417</b>	<b>3,873</b>	<b>4,1231</b>	<b>4,1231</b>	<b>3,3166</b>	<b>1,4142</b>	<b>4</b>	<b>3,6056</b>	<b>3,7417</b>	<b>0</b>	2,6458	3,6056	3,6056	3,1623	3,873	3,3166
<b>M3</b>	<b>4,1231</b>	<b>4,4721</b>	<b>4,3589</b>	<b>4,1231</b>	<b>4,2426</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3,7417</b>	<b>3</b>	<b>3,873</b>	<b>3,4641</b>	<b>4,1231</b>	<b>2,6458</b>	<b>0</b>	3,1623	4	3,873	3,7417	4
<b>M6</b>	<b>3,6056</b>	<b>3,7417</b>	<b>3,6056</b>	<b>3</b>	<b>3,4641</b>	<b>3,4641</b>	<b>3,4641</b>	<b>2,4495</b>	<b>3,6056</b>	<b>3</b>	<b>3,4641</b>	<b>2,6458</b>	<b>3,6056</b>	<b>3,1623</b>	<b>0</b>	2,4495	3	3,1623	2,8284
<b>M13</b>	<b>3</b>	<b>2,8284</b>	<b>2,6458</b>	<b>3</b>	<b>2,8284</b>	<b>3,1623</b>	<b>3,1623</b>	<b>2,4495</b>	<b>3,6056</b>	<b>2,6458</b>	<b>3,4641</b>	<b>2,6458</b>	<b>3,6056</b>	<b>4</b>	<b>2,4495</b>	<b>0</b>	3	2,8284	2,8284
<b>M7</b>	<b>3,1623</b>	<b>2,6458</b>	<b>3,1623</b>	<b>2,4495</b>	<b>3</b>	<b>3,6056</b>	<b>3,6056</b>	<b>2,2361</b>	<b>3,1623</b>	<b>3,1623</b>	<b>3,3166</b>	<b>2,8284</b>	<b>3,1623</b>	<b>3,873</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	3	1
<b>M9</b>	<b>3,3166</b>	<b>3,1623</b>	<b>3</b>	<b>3,6056</b>	<b>3,4641</b>	<b>3,7417</b>	<b>3,7417</b>	<b>3,1623</b>	<b>4,1231</b>	<b>3,6056</b>	<b>3,4641</b>	<b>3,873</b>	<b>3,873</b>	<b>3,7417</b>	<b>3,1623</b>	<b>2,8284</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	3,1623
<b>M11</b>	<b>3</b>	<b>2,8284</b>	<b>3</b>	<b>2,2361</b>	<b>2,8284</b>	<b>3,4641</b>	<b>3,4641</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3,1623</b>	<b>2,6458</b>	<b>3,3166</b>	<b>4</b>	<b>2,8284</b>	<b>2,8284</b>	<b>1</b>	<b>3,1623</b>	<b>0</b>

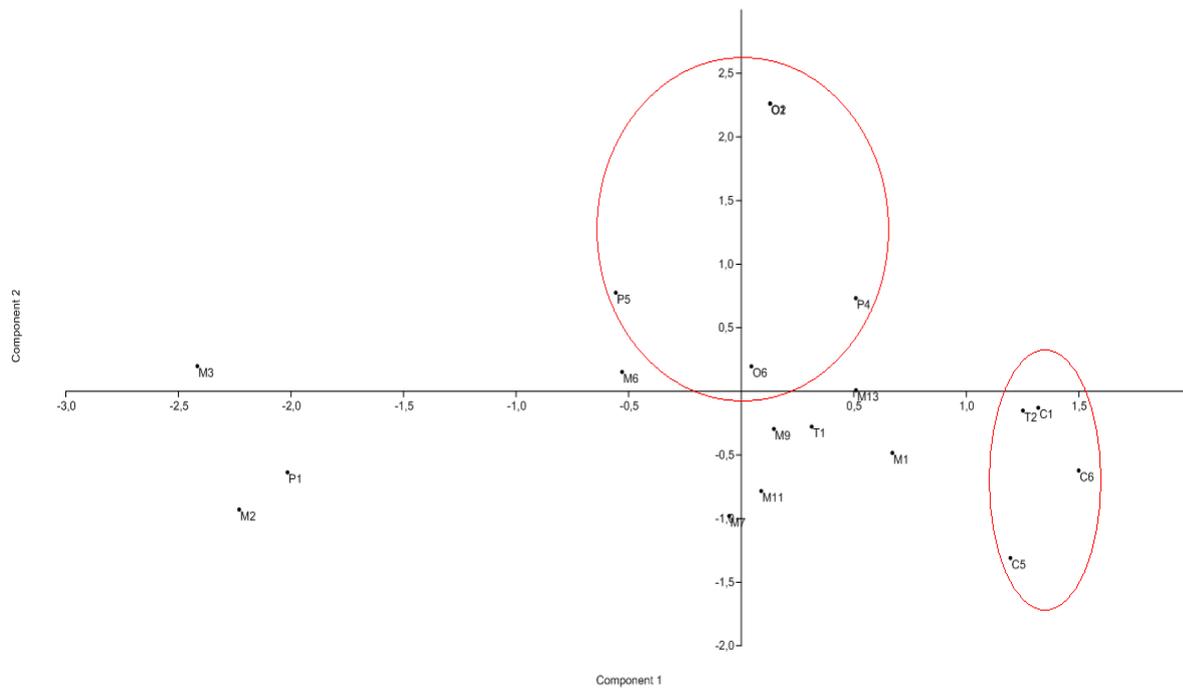




**Figure 21** : Arbre parcimonieux g n r  par la méthode cladistique

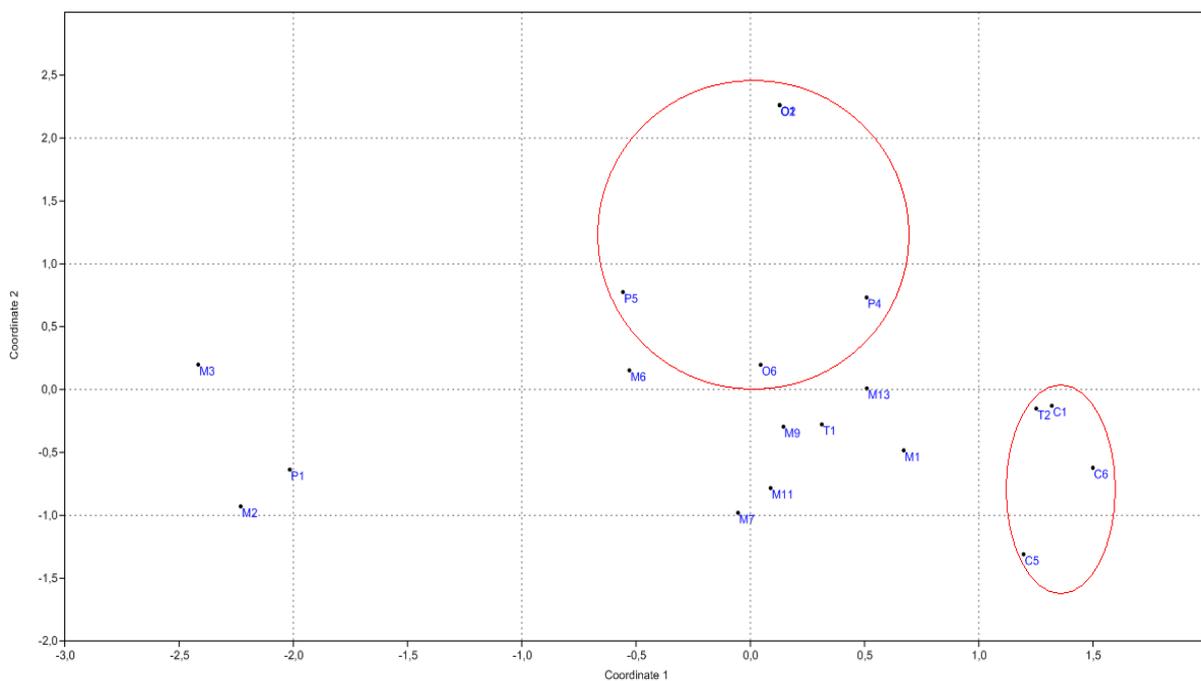
O1 - O2 - O6 : Oranger ; P1 - P4 - P5 : Pomelo ; C1 - C5 - C6 : Citronnier Algérien ; T1 - T2 : Citronnier tunisien ; M1 - M2 : Mandarinier Carvalhal ; M3 - M6 - M13 : Mandarinier Commune ; M7 - M9 - M11 : Mandarinier Ortanique

L'analyse en composantes principales (PCA) a montré que les 3 individus d'*A. spiraecola*, qui forment le groupe C (citronnier algérien), sont homogènes, selon l'axe 1. Tandis que, les échantillons O1, O2, O6, P4 et P5, constituent un groupe distinct selon l'axe 2 (Figure 22). Ces résultats confirment ceux obtenus à partir des dendrogrammes *Neighbor-joining* et de l'arbre parcimonieux.



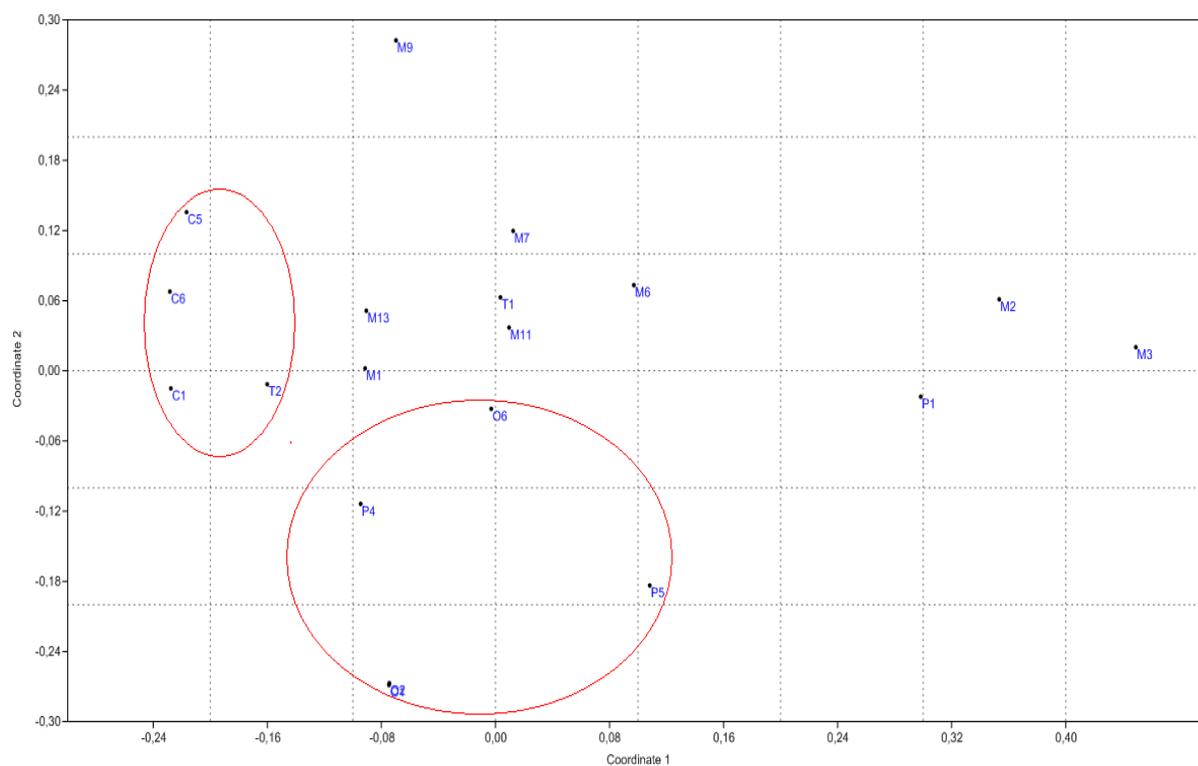
**Figure 22** : Représentation des groupes homogènes des échantillons d'*A. spiraeicola* trouvés sur les différents agrumes selon un plan PCA

Les résultats de l'analyse en coordonnées principales (PCO), ont confirmé ceux obtenus par l'analyse en composantes principales. Les 3 échantillons C forment un groupe homogène. Alors que, les échantillons de l'oranger, P4, et P5, forment un autre groupe homogène (Figure 23).



**Figure 23** : Représentation des groupes homogènes des échantillons d'*A. spiraeicola* trouvés sur les différents agrumes selon un plan PCO

Les résultats de l'analyse multi-dimensionnelle (MDS), ont permis de placer les échantillons d'*A. spiraecola* trouvés sur le citronnier algérien dans un groupe distinct (Figure 24).



**Figure 24** : Représentation de la diversité des individus d'*A. spiraecola* sur une échelle multi-dimensionnelle

L'analyse de la variance (ANOVA) du polymorphisme génétique entre les individus adultes d'*A. spiraecola* récoltés en Algérie et en Tunisie, a révélé une différence significative ( $p < 0,05$ ) seulement en fonction de l'espèce d'agrume (Tableau 27).

**Tableau 27** : Analyse ANOVA des différentes sources de variation du polymorphisme

Source de variation	Degré de liberté (ddl)	Valeur P
Entre individus d' <i>A. spiraecola</i>	18	0,285 (NS)
Entre espèces : citronnier, oranger, pomelo, mandarinier	3	0,029 ( $p < 0,05$ )
Entre variétés : C., T., O., P., M. (C-H), M. (C), M. (O)	6	0,088 (NS)
Entre régions : Algérie, Tunisie	1	0,505 (NS)

#### 4.8.2. Discussion

L'existence de souches ou de biotypes au sein de la même espèce aphidienne, dotées d'une différence dans la capacité de transmission des virus et de résistance aux insecticides, a

été mise en évidence dès le 19<sup>ème</sup> siècle (Eastop, 1977). Chez les pucerons, ce polymorphisme génétique est un phénomène saisonnier complexe, déterminé par un certain nombre de facteurs intrinsèques et extrinsèques. Il est lié à l'alternance des hôtes et à la succession des générations (Harrewijn, 1978).

L'analyse de la diversité génétique des individus d'*A. spiraecola*, collectés à partir de différentes espèces et variétés d'agrumes dans la région de Skikda (Algérie) et en Tunisie, a permis d'obtenir 38 marqueurs dont 32 polymorphes. Ce premier résultat a mis en évidence que probablement ce puceron se développe toute l'année dans les régions agrumicoles algériennes et tunisiennes (climat méditerranéen) par parthénogénèse et ne forme pas d'individus sexués en hiver. Ces résultats sont totalement différents de ceux obtenus aux USA par Footitt *et al.* (2009), où ils ont remarqué que les populations d'*A. spiraecola*, sont génétiquement très complexes et très différentes du point de vue génétique.

D'après Criniti *et al.* (2006), la variation génétique chez les espèces d'insectes qui se développe par parthénogénèse est peu importante. Chez ces espèces, un nombre très limité de génotypes, peu se disperser sur de vastes zones géographiques (Zamoum *et al.*, 2005). Simon *et al.* (1996), ont même mentionné que les populations anholocycliques sont souvent issues d'un seul clone. De plus, la dérive génétique et la sélection naturelle, sont souvent évoquées pour expliquer la faible variabilité génétique chez les pucerons (Zamoum *et al.*, 2005). Par ailleurs, l'utilisation excessive des aphicides, peut conduire à la suppression de plusieurs génotypes du bio-agresseur. C'est le cas peut être de la région de Skikda, où les agriculteurs utilisent fréquemment les pesticides pour lutter contre les aphides et les autres ravageurs.

Effectivement, Criniti *et al.* (2006), ont mentionné qu'étant donné que de nombreuses espèces de pucerons sont des ravageurs importants des plantes, leur diversité génétique est sensiblement réduite par l'utilisation intensive des insecticides. Le puceron vert du pêcher *Myzus persicae*, figure parmi les espèces qui ont pu développer plusieurs mécanismes de résistance, en raison de l'utilisation intense des aphicides depuis les années 1950 (Zamoum *et al.*, 2005). Par ailleurs, Brévault *et al.* (2011), ont signalé que l'utilisation d'insecticides à large spectre (polyvalents) peut conduire à la sélection d'un génotype au sein de la même espèce aphidienne.

Dans cette étude, il est constaté que l'éloignement génétique est très important seulement en fonction de l'espèce d'agrumes à partir de laquelle les individus d'*A. spiraecola* ont été collectés. Par contre, l'effet variété et région (Algérie et Tunisie), n'a exercé aucune action. Cela peut être expliqué par les besoins alimentaires de chaque génotype de ce puceron, qui ne peuvent être assurés que par des espèces végétales bien déterminées. A titre d'exemple, Auclair & Boisvert (1980), ont enregistré des différences importantes dans les besoins en vitamines chez deux biotypes d'*A. pisum*.

De leur part, Mezghani-Khemakhem *et al.* (2012) ont remarqué, chez les populations du puceron vert des agrumes collectées en Tunisie, que la variation génétique est gouvernée uniquement par l'espèce de la plante hôte. Cette variation génétique en fonction de la plante hôte a été soulevée également chez les pucerons *S. avenae* (Lushai *et al.*, 2002), *R. maidis* (Brown & Blackman, 1988), *A. gossypii* (Vanlerberghe-Masutti & Chavigny, 1998 cités par Loxdale & Lushai, 2007 ; Brévault *et al.*, 2008 ; Charaabi *et al.*, 2008), *A. pisum* (Sandström & Petterson, 1994 cités par Birkle & Douglas, 1999 ; Peccoud *et al.*, 2009) et *M. persicae* (Rubiano-Rodríguez *et al.*, 2014).

Le modèle de coévolution 'gène-pour-gène', qui a été présenté par Harry *et al.* (1994) pour expliquer les alternances des cycles de résistance et de sensibilité aux agents pathogènes chez certaines plantes, a été également mis en évidence par Smith (2005) chez les insectes. Les interactions puceron-plantes hôtes, dépendent des génotypes des deux organismes, qui mène à des résultats compatibles ou incompatibles (Kanvil *et al.*, 2014). La variation génétique chez les végétaux peut influencer la structure des communautés des espèces associées, à travers les interactions directe et indirecte (Zytynska *et al.*, 2014). Néanmoins, les biotypes les plus virulents des bio-agresseurs, ont l'aptitude de surmonter le(s) gène(s) de résistance des plantes (Smith, 2005). Dans l'interaction plante-insecte, au moins deux gènes sont mis en action par le ravageur, dont un est responsable de d'adaptation et l'autre de l'évitement (Harry *et al.*, 1994).

Une étude sur des biotypes d'*A. pisum* associés à plusieurs variétés de *Medicago truncatula*, a montré que les relations entre ces organismes sont extrêmement étroites (Kanvil *et al.*, 2014). De plus, Puterka *et al.* (2006) ont révélé que les dégâts provoqués par 5 biotypes de *Diuraphis noxia*, varient en fonction du biotype du puceron et de la variété d'orge testée. Cependant, les génotypes d'*A. spiraecola* analysés dans cette étude, n'ont révélé aucune

différence en fonction de la variété de mandarinier. Apparemment, les trois variétés retenues offrent une qualité nutritionnelle semblable et donc abritent les mêmes biotypes du puceron. Plusieurs auteurs ont démontré des similarités de point de vue génétique entre plusieurs variétés du mandarinier (Uzun *et al.*, 2009 ; Youseif *et al.*, 2014 ; Mahjbi *et al.*, 2015).

L'analyse génétique a permis de classer les individus d'*A. spiraecola* installés sur l'oranger et le pomelo dans un groupe homogène. Il semble que ces deux espèces d'agrumes sont très proches. Le pomelo est supposé être le résultat d'hybridation entre l'oranger et le pummelo (*Citrus maxima*) (Luro *et al.*, 2011 ; Barrett & Rhodes 1976; Scora *et al.*, 1982; De Moraes *et al.*, 2007 cités par García-Lor *et al.*, 2012). Une étude conduite par Youseif *et al.* (2014) a mis en évidence que l'oranger et le pomelo sont proches du point de vue génétique, alors que, le citronnier est différent.

Par ailleurs, cette analyse génétique n'a révélé aucune différence en fonction de l'origine géographique. Il est vraisemblable que ce résultat est lié aux capacités de vol des pucerons ailés et la jonction entre les vergers agrumicoles algériens et tunisiens. Le phénomène de migration chez les pucerons a été rapporté chez *S. avenae* (F.) (Liewellyn *et al.* 2003, 2004) et *Elatobium abietinum* (Halldórsson *et al.*, 2004). Plusieurs auteurs, entre autres, De Barro *et al.* (1995) ; Zitoudi *et al.* (2001) ; Halldórsson *et al.* (2004) ; Figueroa *et al.* (2005) ; Timm *et al.* (2005) ; Béji *et al.* (2013) ; Jun *et al.* (2013), ont signalé que la région n'a pas d'effet marquant sur la variabilité génétique chez de nombreuses espèces aphidiennes. De plus, Callejas *et al.* (2005) ont mis en évidence que les populations de l'aleurode *Bemisia tabaci* collectés à partir de plusieurs îles de Canari, appartiennent toutes au même biotype. Par contre, Bouktila *et al.* (2013), ont rapporté que les populations tunisiennes de *B. tabaci* ont été structurées selon leur origine géographique.

## ***Conclusion générale***

Cette étude réalisée dans la ferme démonstrative de l'institut technique de l'arboriculture fruitière (ITAF), située dans la commune d'Emjez Edchich (Skikda) durant la période allant de 2012 à 2015, a permis d'aborder plusieurs aspects de l'aphidofaune associée aux agrumes. Les résultats obtenus ont mis en évidence la présence de 7 espèces de pucerons, à savoir, *Aphis spiraecola*, *A. gossypii*, *A. nerii*, *A. craccivora*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Myzus persicae* et *Toxoptera aurantii*. Les espèces *A. spiraecola* et *A. gossypii*, ont pu s'installer sur les 4 espèces d'agrumes cultivées dans le verger d'étude (oranger, mandarinier, citronnier et pomelo). Le puceron *M. persicae* n'a été trouvé que sur le mandarinier. Alors qu'*A. craccivora* a été déterminé sur l'oranger seulement. L'espèce *A. spiraecola*, est la plus dominante sur les 4 espèces d'agrumes (9761 individus) durant les années 2012 et 2013. Par contre, *M. persicae* est la moins présente avec seulement 3 individus collectés durant ces deux années.

Par ailleurs, il est remarqué que les infestations les plus importantes sont obtenues durant les saisons printanières et automnales. Il est constaté également que les pucerons associés à ces *Citrus*, n'ont pas exprimé une préférence assez claire, quoique, l'oranger reste la culture la plus infestée, à l'opposé du mandarinier qui est le moins attaqué. Sur la base de ces résultats, il est souhaité d'accorder une attention particulière aux infestations aphidiennes sur l'oranger notamment aux moments des poussées de sève du printemps et d'automne.

Concernant la comparaison des infestations des aphides sur les trois variétés du mandarinier, il semble qu'Ortanique est la plus sensible comparativement à Carvalhal et Commune. En plus de ses pétioles longs, ses feuilles larges et la couleur vert clair qui caractérise son feuillage, la variété Ortanique, s'est distinguée par des concentrations faibles en polyphénols totaux et très fortes en flavonoïdes, en comparaison avec les deux autres variétés. Sur la base de ces résultats, il est probable que le mélange variétal peut être retenu comme un moyen pour éviter les fortes pullulations aphidiennes.

Par ailleurs l'étude a révélé, que comparativement à la poussée de sève de l'automne, la forte croissance des agrumes au cours de la période printanière, permet également aux pucerons de se reproduire à un rythme plus important. Cependant, l'analyse statistique n'a

montré aucune corrélation significative entre les niveaux d'infestation par les pucerons au cours de ces deux périodes d'activité des agrumes et les teneurs des jeunes feuilles en phosphore (P), potassium (K), sodium (Na), calcium (Ca) et lithium (Li). Des études supplémentaires sont souhaitables dans ce domaine, afin de préciser la contribution directe ou indirecte de chaque élément minéral dans la résistance ou la sensibilité des agrumes aux attaques aphidiennes.

A propos de l'étude de polymorphisme génétique de 19 individus d'*A. spiraecola*, prélevés sur les différents agrumes par l'emploi de la technique RAPD-PCR, les résultats de l'utilisation de 4 amorces (OPA9, OPA12, OPH18 et OPH20), ont permis d'obtenir des marqueurs avec une taille qui varie entre 100 pb et 1500 pb. Par ailleurs, parmi les 38 marqueurs obtenus, 32 sont des polymorphes. Un polymorphisme général relativement élevé (84 %) a été enregistré. L'analyse bioinformatique a permis de constater que les individus d'*A. spiraecola* prélevés sur le citronnier algérien forment un groupe homogène. Tandis que, les individus trouvés sur l'oranger et le pomelo forment un groupe à part.

A l'issue de ce travail, il est jugé que ces résultats préliminaires ont permis de délimiter certains aspects qui méritent d'être entrepris mais avec plus de détails. Par ailleurs, l'étude a révélé qu'il est temps d'aborder les interactions entre les pucerons inféodés aux agrumes et la richesse de ces derniers en acides aminés, en certains métabolites secondaires et leur morphométrie. Il est également intéressant d'accorder une importance à l'action des ennemis naturels et même à l'action symbiotique des fourmis associées à ces aphides.

Il est recommandé de poursuivre ces travaux tout en élargissant la zone d'étude. Il est très intéressant d'approfondir les recherches pour essayer de déterminer l'aspect génétique et biochimique de la faune aphidienne associée aux agrumes.

## *Références bibliographiques*

- Abd-Elhamid A., 2009. Quelle agriculture pour l'Algérie. Ed. Office des Publications Universitaires (Alger), 183 p.
- Abo Kaf N., 2005. Quality and quantity diversity of aphids and its parasitoids on citrus in Coastal Regional of Syria. *Arab Journal of Plant Prototection* **23** (2), 61 - 69.
- Addante R., Djelouah K. & D'Onghia A. M., 2009. Citrus aphids in Italy : Historical review. *Options Méditerranéennes* **B 65**, 63 - 68.
- Agarwala B. K. & Das J., 2012. Weed host specificity of the aphid, *Aphis spiraecola*: Developmental and reproductive performance of aphids in relation to plant growth and leaf chemicals of the Siam weed, *Chromolaena odorata*. *Journal of Insect Science* **12** (24), 1 - 13.
- Agustí M., Mesejo C., Reig C. & Martínez-Fuentes A., 2014. Citrus production. *In*: Dixon G. R. & Aldous D. E. (eds.), Horticulture : Plants for People and Place, Volume 1 : Production Horticulture, Ed. Springer (Dordrecht), 159 - 195.
- Ahmed H. S. & A1-Shurafa M. Y., 1984. Effect of rootstocks on the leaf mineral content of Citrus. *Scientia Horticulturae* **23**, 163 - 168.
- Aït Houssa A., Qaous K., Benbella M. & El-Midaoui M., 2005. Elements d'aide pour la réussite d'un projet d'agrumes. Ed. Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture (Maroc), 6 p.
- Al-taha H. A., Jasim A. M. & Abbas M. F., 2012. Somatic embryogenesis and plantlet regeneration from nucleus tissues of local orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). *Acta Agriculturae Slovenica* **99** (2), 185 - 189.
- Ameixa O. M. C. C., 2010. Aphids in a changing world. *In*: Kindlmann P., Dixon A. F. G. & Michaud J. P. (eds.), Aphid Biodiversity under Environmental Change : Patterns and Processes, Ed. Springer (Dordrecht), 21 - 40.
- Amiour A., 2005. Les zones préférentielles de la mondialisation en Algérie : Exemple de Skikda. Mémoire de Magister en Sciences de la Terre, Université de Constantine, 156 p.
- Amtmann A. & Armengaud P., 2009. Effects of N, P, K and S on metabolism : New knowledge gained from multi-level analysis. *Current Opinion in Plant Biology* **12**, 275 - 283.
- ANDI, 2013. Wilaya de Skikda. Ed. ANDI (Algérie), 24 p.

- Andreev R., Rasheva D. & Kutinkova H., 2009. Development of *Aphis spiraecola* Patch (Hemiptera: Aphididae) on apple. *Journal of Plant Protection Research* **49** (4), 379 - 381.
- ANIRF, 2011. Rubrique monographie wilaya : Wilaya de Skikda. Ed. ANIRF (Algérie), 8 p.
- Aroun M. E., 1986. Les aphides et leurs ennemis naturels en verger d'agrumes de la Mitidja. *Annales de l'INA*, 59 - 66.
- Aroun M. E., 2015. Le complexe aphides et ennemis naturels en milieux cultivé et forestiers en Algérie. Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques, ENSA El Harrach, 148 p.
- Asai T., Matsukawa T. & Kajiyama S., 2015. Metabolic changes in *Citrus* leaf volatiles in response to environmental stress. *Journal of Bioscience and Bioengineering* **121** (2), 235 - 241.
- Assabah A., 2002. Réglementation et certification des agrumes en Algérie. *Options Méditerranéennes* **B 43**, 39 - 43.
- Atanasova M. & Ribarova F., 2009. Phénols et flavonoïdes totaux dans les extraits secs des feuilles des bouleaux argentes bulgares (*Betula pendula*). *Revue de Génie Industriel* **4**, 21 - 25.
- Ateyyat M., Abu-Romman S., Abu-Darwish M. & Ghabeish I., 2012. Impact of flavonoids against woolly apple aphid, *Eriosoma lanigerum* (Hausmann) and its sole parasitoid, *Aphelinus mali* (Hald.). *Journal of Agricultural Science* **4** (2), 227 - 236.
- Attaway J. A., Pieringer A. P. & Barabas L. J., 1966. The origin of citrus flavor components-II: Identification of volatile components from citrus blossoms. *Phytochemistry* **5** (6), 1273 - 1279.
- Aubert J.-N., Barbier J.-M., Carpentier A., Gril J.-J., Guichard L., Lucas P., Savary S. & Voltz M., 2005. Pesticides, agriculture et environnement : Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux. Ed. Quae (France), 134 p.
- Auclair J. L. & Boisvert J. M., 1980. Besoins qualitatifs en vitamines hydrosolubles chez deux biotypes du puceron du pois, *Acyrtosiphon pisum*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **28** (3), 233 - 246.
- Auclair J. L. & Srivastava P. N., 1972. Some mineral requirements of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* (Homoptera: Aphididae). *The Canadian Entomologist* **104** (6), 927 - 936.
- Awmack C. S. & Leather S. R., 2002. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. *Annual Review of Entomology* **47**, 817 - 844.

- Awmack C. S. & Leather S. R., 2007. Growth and development. *In*: van Emden H. F. & Harrington R. (eds.), *Aphids as Crop Pests*, Ed. CAB International (UK), 135 - 152.
- Azam M., Jiang Q., Zhang B., Xu C. & Chen K., 2013. Citrus leaf volatiles as affected by developmental stage and genetic type. *International Journal of Molecular Sciences* **14**, 17744 - 17766.
- Babu K. N., Rajesh M. K., Samsudeen K., Minoo D., Suraby E. J., Anupama K. & Ritto P., 2014. Randomly Amplified Polymorphic DNA (RAPD) and derived techniques. *In*: Besse P. (ed.), *Molecular Plant Taxonomy : Methods and Protocols*, Ed. Springer (New York), 191 - 209.
- Bakry F., Didier C., Ganry J., le Bellec F., Lescot T., Pinon A., Rey J. Y., Teisson C. & Vanničre H., 2002. Les espèces fruitières. *In*: CD-ROM Le Mémento de l'Agronome, Ed. CIRAD (France).
- Bale J. S., Masters G. J., Hodkinson I. D., Awmack C., Bezemer T. M., Brown V. K., Butterfield J., Buse A., Coulson J. C., Farrar J. & Good J. E., 2002. Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global Change Biology* **8** (1), 1 - 16.
- Bansal R. & Michel A., 2015. Molecular adaptations of aphid biotypes in overcoming host-plant resistance. *In*: Raman C., Goldsmith M. R. & Agunbiade T. A. (eds.), *Short Views on Insect Genomics and Proteomics*, Ed. Springer (Switzerland), 75 - 93.
- Barbagallo S., Cocuzza G., Cravedi P. & Komazaki S., 2007. IPM case studies : Tropical and subtropical fruit trees. *In*: van Emden H. F. & Harrington R. (eds.), *Aphids as Crop Pests*, Ed. CAB International (UK), 663 - 676.
- Barbagallo S. & Patti I., 1986. The citrus aphids: behaviour, damages and integrated control. *In*: Cavalloro R. & Di Martino E. (eds.), *Integrated Pest Control in Citrus-Groves*, Ed. Balkema (Rotterdam), 67 - 75.
- Bayhan E., Lmez-Bayhan S. Ö., Ulusoy M. R. & Chi H., 2006. Effect of temperature on development, mortality, fecundity, and reproduction of *Aphis rumicis* L. (Homoptera: Aphididae) on broadleaf dock (*Rumex obtusifolius*) and Swiss chard (*Beta vulgaris vulgaris* var. *cida*). *Journal of Pest Science* **79**, 57 - 61.
- Behmer S. T., 2008. Nutrition in insects. *In*: Capinera J. L. (ed.), *Encyclopedia of Entomology*, Ed. Springer (Dordrecht), 2646 - 2654.
- Béji B., Bouktila D., Mezghani-Khemakhem M., Bouhachem-Boukhris S., Makni M. & Makni H., 2013. Genetic structure of *Aphis fabae* Scopoli (Hemiptera, Aphididae) in Tunisia, inferred from RAPD markers. *Romanian Agricultural Research* **30**, 307 - 315.

- Belati F. & Belabed A., 2014. Phytosanitary state of plant citrus in irrigated area of the lower Moulouya (Morocco Oriental). *Nature & Technology* **10**, 9 - 15.
- Belkahla H., Larbi D., Bouafia L., Moudoud R., Guettouche F. & Bouzidi S., 2013. Serodetection of *Citrus Tristeza Closterovirus (CTV)* in Algeria. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture* **7** (1), 10 - 13.
- Bellabas A., 2011. Etude de base sur les agrumes en Algérie. Ed. FAO (Rome), 45 p.
- Belloum A., 1992. Contraintes naturelles et mise en valeur en Algérie : La région de Skikda. *Medit* **3** (4), 26 - 33.
- Bénaouf G., 2005. Produire des agrumes en agriculture biologique. Ed. ITAB (Paris), 4 p.
- Ben Halima-Kamel M., Rabasse J. M. & Ben Hamouda M. H., 1994. Les pucerons des agrumes et leurs ennemis en Tunisie. *Tropicultura* **12** (4), 145 - 147.
- Ben Halima-Kamel M. & Ben Hamouda M. H. 2005. A propos des pucerons des arbres fruitiers de Tunisie. *Notes Fauniques de Gembloux* **58**, 11 - 16.
- Benia F., 2010. Étude de la faune entomologique associée au chêne vert (*Quercus ilex* L.) dans la forêt de Tafat (Sétif, Nord-est d'Algérie) et bio-écologie des espèces les plus représentatives. Thèse de Doctorat en Biologie Animale, Université de Sétif, 229 p.
- Ben Khelil M., Bouhlal R. & Hellali R., 2013. Utilisation des Gibbérellines comme Facteur de Remodelage du cycle fructifère du citronnier 'Eureka' (*Citrus limon* L.). *Journal of Applied Biosciences* **66**, 5162 - 5172.
- Benoufella-Kitous K., 2005. Les pucerons des agrumes et leurs ennemis naturels à Oued Aïssi (Tizi-Ouzou). Mémoire de magister en Protection des Végétaux, INA El Harrach, 222 p.
- Benoufella-Kitous K., Doumandji S. & Ferroudja M., 2014a. Interest and place of three *Vicia Faba* aphid species in Draa Ben Khedda (Great Kabylia, Algeria). *International Journal of Agricultural Science and Research* **4** (6), 27 - 36.
- Benoufella-Kitous K., Doumandji S. & Hance T., 2014b. Inventaire des aphides et de leurs ennemis naturels dans un verger d'agrumes. *In*: 10<sup>ème</sup> Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture, 22 - 23 octobre 2014, Montpellier.
- Berlinger M. J., 2008. Plant resistance to insects. *In*: Capinera J. L. (ed.), Encyclopedia of Entomology, Ed. Springer (Dordrecht), 2930 - 2935.
- Bhatia V., Uniyal P. L., Bhattacharya R., 2011. Aphid resistance in Brassica crops: challenges, biotechnological progress and emerging possibilities. *Biotechnology Advances* **29**, 879 - 888.

- Biche M., 2012. Les principaux insectes ravageurs des agrumes en Algérie et leurs ennemis naturels. Ed. FAO (Algérie), 36 p.
- Birkle L. M. & Douglas A. E., 1999. Low genetic diversity among pea aphid (*Acyrtosiphon pisum*) biotypes of different plant affiliation. *Heredity* **82**, 605 - 612.
- Blackman R. L. & Eastop V. F., 2000. Aphids on the world's crops : An identification and information guide. Ed. John Wiley & Sons (UK), 466 p.
- Blackman R. L. & Eastop V. F., 2006. Aphids on the world's herbaceous plants and shrubs. Ed. John Wiley & Sons (UK), 1439 p.
- Blackman R. L. & Eastop V. F., 2007. Taxonomic issues. *In*: van Emden H. F. & Harrington R. (eds.), Aphids as Crop Pests, Ed. CAB International (UK), 1 - 29.
- Blazquez C. H., 1967. Ortanique, a new orange-tangerine cross. *Florida State Horticultural Society* **80**, 331 - 337.
- Boizot N. & Charpentier J.-P., 2006. Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Le Cahier des Techniques de l'INRA, Numéro spécial*, 79 - 82.
- Bonnemain J. -L., 2010. Aphids as biological models and agricultural pests. *Comptes Rendus Biologies* **333**, 461 - 463.
- Borowicz V. A., Alessandro R., Albrecht U. & Mayer R. T., 2005. Effects of nutrient supply and below-ground herbivory by *Diaprepes abbreviatus* L. (Coleoptera: Curculionidae) on citrus growth and mineral content. *Applied Soil Ecology* **28**, 113 - 124.
- Bouchelta A., Boughdad A. & Blenzar A., 2005. Effets biocides des alcaloïdes, des saponines et des flavonoïdes extraits de *Capsicum frutescens* L. (Solanaceae) sur *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera : Aleyrodidae). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* **9** (4), 259 - 269.
- Boulfekhar-Ramdani H., 1998. Inventaire des acariens des citrus en Mitidja. *Annales de l'Institut National Agronomique El Harrach* **19**, 30 - 39.
- Boulghobra N., 2006. Protection de la ville de Skikda contre l'inondation : Essai de PPRI. Mémoire de magister en Sciences de la Terre, Université de Batna, 171 p.
- Bouktila D., El-Mnouchi-Skhiri S., Mezghani-Khemakhem M., Makni H. & Makni M., 2013. Genetic structure of the whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in Tunisia, inferred from RAPD markers. *Journal of Entomology and Zoology Studies* **1** (5), 10 - 15.
- Bové J. M., 1961. Compte rendu du deuxième congrès international de virologie des citrus. *Fruits* **16** (4), 145 - 160.

- Bové J. M., 1967. Maladies à virus des citrus dans les pays du Bassin méditerranéen. *Fruits* **22** (3), 125 - 140.
- Brabec M., Honěk A., Pekár S. & Martinkova Z., 2014. Population dynamics of aphids on cereals: Digging in the time-series data to reveal population regulation caused by temperature. *Plos One* **9** (9), 1 - 8.
- Brévault T., Beyo J., Nibouche S., Vaissayre M., 2003. La résistance des insectes aux insecticides : Problématique et enjeux en Afrique centrale. *In*: Colloque sur les Savanes africaines : Des Espaces en Mutation, des Acteurs Face à de Nouveaux Défis, mai 2002, Cameroun.
- Brévault T., Carletto J., Linderme D. & Vanlerberghe-Masutti F., 2008. Genetic diversity of the cotton aphid *Aphis gossypii* in the unstable environment of a cotton growing area. *Agricultural and Forest Entomology* **10**, 215 - 223.
- Brévault T., Carletto J., Tribot J. & Vanlerberghe-Masutti F., 2011. Insecticide use and competition shape the genetic diversity of the aphid *Aphis gossypii* in a cotton-growing landscape. *Bulletin of Entomological Research* **101**, 407 - 413.
- Brown P. A. & Blackman R. L., 1988. Karyotype variation in the corn leaf aphid, *Rhopalosiphum maidis* (Fitch), species complex (Hemiptera: Aphididae) in relation to host-plant and morphology. *Bulletin of Entomological Research* **78**, 351 - 363.
- Broughton S., 2007. Aphids in citrus. Ed. Department of Agriculture and Food (State of Western Australia), 2 p.
- Brues C. T. & Melander A. L., 1932. Classification of insects : A key to the known families of insects and other terrestrial arthropods. Ed. Cambridge (USA), 672 p.
- Callejas C., Beitia F. J., Gobbi A., Velasco A. & Ochando M. D., 2005. The use of RAPD markers to detect genetic patterns in *Aleurodicus disperses* (Hemiptera: Aleyrodidae) populations from the Canary Islands. *European Journal of Entomology* **102**, 289 - 291.
- Capinera, 2008a. Biotype. *In*: Capinera J. L. (ed.), Encyclopedia of Entomology, Ed. Springer (Dordrecht), 508 - 508.
- Capinera, 2008b. RAPD-PCR. *In*: Capinera J. L. (ed.), Encyclopedia of Entomology, Ed. Springer (Dordrecht), 3100 - 3100.
- Celini L., 2001. Le puceron du cotonnier *Aphis gossypii* (Glover) et son parasite *Aphelinus gossypii* Timberlake en République centrafricaine. *Insectes* **122** (3), 7 - 10.
- Chaboussou F., 1975. Les facteurs culturaux dans la résistance des agrumes vis à vis des ravageurs. *Annales de l'INA*, 69 - 105.

- Chalabi A., 2014. Répartition spatiale de la production oléicole et potentiel d'extension dans la wilaya de Skikda. Mémoire de magister en Arboriculture Fruitière en Zones Subumides, Université de Skikda, 116 p.
- Chapot H., 1962. La mandarine Commune. *Al Awamia* **5**, 29 - 51.
- Charaabi K., Carletto J., Chavigny P., Marrakchi M., Makni M. & Vanlerberghe-Masutti F., 2008. Genotypic diversity of the cotton-melon aphid *Aphis gossypii* (Glover) in Tunisia is structured by host plants. *Bulletin of Entomological Research* **98**, 333 - 341.
- Chouaki S., Bellah F., Bessedik F., Douzene M., Gacem F., Hamana M.-F., Khaldoun S., Maamari F., Oumata S., Si Ziani Y., Rahim Z., Telmat R., Amiti W., Chitouh, Amrar S., Benabdi S.-E., Chebouti A., Khaldoun A., Menacer S. & Rabhi M. L., 2006. Deuxième rapport national sur l'état des ressources phylogénétiques. Ed. INRAA (Alger), 67 p.
- Chown S. L. & Nicolson S. W., 2004. Insect physiological ecology : Mechanisms and patterns. Ed. Oxford University Press (New York), 243 p.
- Chrzanowski G., Leszczyński B., Sempruch C., Sytykiewicz H. & Sprawka I., 2009. Effect of phenolics from woody plants on activity of grain aphid oxidases. *Pestycydy/Pesticides* **20**, 63 - 70.
- Cockburn, A. F., & Fritz, G. A. (1996). Isolation and purification of insect DNA. *In*: Clapp J. P. (ed.), Species Diagnostics Protocols : PCR and Other Nucleic Acid Methods, Ed. Humana Press Inc (Totowa), 15 - 23.
- Cœur d'acier A., Hidalgo N. P. & Petrović-Obradović O., 2010. Aphids (Hemiptera, Aphididae). *BioRisk* **4**, 435 - 474.
- Collier R. H. & Finch S., 2007. IPM case studies: Brassicas. *In*: van Emden H. F. & Harrington R. (eds.), Aphids as Crop Pests, Ed. CAB International (UK), 549 - 560.
- CNCC, 2015. Bulletin des variétés d'agrumes. Ed. CNCC (Algérie), 297 p.
- Criniti A., Mazzoni E., Pecchioni N., Rau D., Cassanelli S., Bizzaro D. & Manicardi G., 2006. Genetic variability among different Italian populations of the aphid *Myzus persicae*. *Caryologia* **59** (4), 326 - 333.
- da Costa J. G., Pires E. V., Riffel A., Birkett M. A., Bleicher E., Euzébio A. & Sant'Ana G., 2011. Differential preference of *Capsicum spp.* cultivars by *Aphis gossypii* is conferred by variation in volatile semiochemistry. *Euphytica* **177**, 299 - 307.
- Dalet D., 2016. Cartes gratuites: Méditerranée. Disponible sur le site [d-maps.com](http://d-maps.com). Consulté le 26 juin 2016.

- Dambier D., Benyahia H., Pensabene-Bellavia G., Kaçar Y.A., Froelicher Y., Belfalah Z., Lhou B., Handaji N., Printz B., Morillon R., Yesiloglu T., Navarro L. & Ollitrault P., 2011. Somatic hybridization for citrus rootstock breeding : An effective tool to solve some important issues of the Mediterranean citrus industry. *Plant Cell Reports* **30**, 883 - 900.
- D'Aquino S., Palma A., Angioni M. & Agabbio M., 2003. Quality characteristics of different cultivars of mandarins for minimal. *Acta Horticulturae* **604**, 799 - 803.
- Dartigues D., 1991. Spatiotemporal distribution of aphids and influence of ants, on orange-trees in Kabylia. *Fruits* **46** (4), 461 - 469.
- De Barro P. J., Sherratt T. N., Brookes C. P., David O. & Maclean N., 1995. Spatial and temporal genetic variation in British field populations of the grain aphid *Sitobion avenae* (F.)(Hemiptera: Aphididae) studied using RAPD-PCR. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* **262**, 321 - 327.
- Dedryver C.-A., 2010. Les pucerons: Biologie, nuisibilité, résistance des plantes. *In* : Journées Techniques Fruits et Légumes Biologiques, 14 - 15 décembre 2010, Angers.
- Dedryver C.-A., Ralec A. L. & Fabre F., 2010. The conflicting relationships between aphids and men: A review of aphid damage and control strategies. *Comptes Rendus Biologies* **333**, 539 - 553.
- Dedryver C.-A. & Turpeau-Ait Ighil E., 2011. Variété des cycles biologiques chez les pucerons des arbres fruitiers. *In* : Journées Techniques Fruits et Légumes Biologiques, 7 - 8 décembre 2011, Rennes.
- del Tufo J. P. & Tingey S. V., 1994. RAPD assay: A novel technique for genetic diagnostics. *In*: Isaac P. G. (ed.), *Protocols for Nucleic Acid Analysis by Nonradioactive Probes*, Ed. Humana Press Inc (New Jersey), 237 - 241.
- De Reggi L. M., 1972. Développement larvaire du puceron *Myzus persicae* à une température anormalement élevée. *Journal of Insect Physiology* **18** (9), 1757 - 1761.
- Derridj S. & Wu B. R., 1996. Informations biochimiques présentes à la surface des feuilles. Implications dans la sélection de la plante hôte par un insecte. *In*: 5<sup>èmes</sup> journées du Groupe de Travail : Relations Insectes-Plantes, 26 - 27 octobre 1995, Montpellier.
- Dimou D., Drosopoulou J., Moschos E., Spanou C. & Dermatas P., 2002. First report of *Citrus tristeza virus* (CTV) in Greece. *In*: 15th Conference of the International Organization of Citrus Virologists, 11 - 16 November 2001, Cyprus.
- Dixon A. F. G., 1977. Aphid ecology: Life cycles, polymorphism, and population regulation. *Annual Review of Ecology and Systematics* **8**, 329 - 353.

- Dixon A. F. G., 1998. Aphid ecology : An optimization approach. Ed. Springer (New York), 300 p.
- Dixon A. F. G., 2005. Insect herbivore-host dynamics. Ed. Cambridge University Press (UK), 199 p.
- Dixon A. F. G. & Hopkins G. W., 2010. Temperature, seasonal development and distribution of insects with particular reference to aphids. *In*: Kindlmann P., Dixon A. F. G. & Michaud J. P. (eds.), Aphid Biodiversity under Environmental Change : Patterns and Processes, Ed. Springer (Dordrecht), 129 - 147.
- Dixon A. F. G., Kindlmann P., Lepš J. & Holman J., 1987. Why there are so few species of aphids, especially in the tropics. *The American Naturalist* **129**, 580 - 592.
- Djazouli Z.-E., 2010. Ecophysiologie et perspectives de lutte contre les pucerons du peuplier noir dans quelques localités Algériennes : Cas de *Chaitophorus leucomelas* et *Phloeomyzus passerinii* (Homoptera, Aphididae). Thèse de Doctorat en Entomologie Appliquée, ENSA El Harrach, 128 p.
- D'Onghia A.M., Djelouah K., 2001. Occurrence and Spread of Citrus Tristeza in the Mediterranean Area. *Options Méditerranéennes* **B 35**, 43 - 50.
- Douglas A. E. & van Emden H. F., 2007. Nutrition and symbiosis. *In*: van Emden H. F. & Harrington R. (eds.), Aphids as Crop Pests, Ed. CAB International (UK), 115 - 134.
- Downum K. R., 1986. Photoactivated biocides from higher plants. *In*: Green M. B. & Hedin P. A. (eds.), Natural Resistance of Plants to Pests : Roles of Allelochemicals, Ed. American Chemical Society (USA), 197 - 205.
- Doyle J. J. & Doyle J. L., 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Photochemical Bulletin* **19**, 11 - 15.
- Dreyer D. L. & Jones K. C., 1981. Feeding deterrence of flavonoids and related phenolics towards *Schizaphis graminum* and *Myzus persicae*: Aphid feeding deterrents in wheat. *Phytochemistry* **20** (11), 2489 - 2493.
- DSASI, 2003. Recensement général de l'agriculture 2001. Ed. Ministère de l'Agriculture (Algérie), 125 p.
- Dubey A. K. & Sharma R. M., 2016. Effect of rootstocks on tree growth, yield, quality and leaf mineral composition of lemon (*Citrus limon* (L.) Burm.). *Scientia Horticulturae* **200**, 131 - 136.
- Eastop V. F., 1977. Worldwide importance of aphids as virus vectors. *In*: Harris K. F. & Maramorosch K. (eds.), Aphids as Virus Vectors, Ed. Academic Press (New York), 3 - 62.

- Ebert T. A. & Cartwright B., 1997. Biology and ecology of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae). *Southwestern Entomologist* **22**, 116 - 153.
- Eleftherianos I., Vamvatsikos P., Ward D. & Gravanis F., 2006. Changes in the levels of plant total phenols and free amino acids induced by two cereal aphids and effects on aphid fecundity. *Journal of Applied Entomology* **130** (1), 15 - 19.
- El macane W. L. D., Ahmed S. & Alattir H., 2003. Le bananier, la vigne et les agrumes. Ed. Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture (Maroc), 4 p.
- El-Otmani M., 2005. Les agrumes et le maraîchage et le froid hivernal. Ed. Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture (Maroc), 4 p.
- Escartin I., 2011. Guide des agrumes. Ed. Institut Klorane (Lavaur), 19 p.
- Eser S. İ., Görür G., Tepecik İ. & Akyildirim H., 2009. Aphid (Hemiptera: Aphidoidea) species of the Urla district of İzmir region. *Journal of Applied Biological Sciences* **3** (1), 92 - 95.
- Estiarte M., Filella I., Serra J. & Peñuelas J., 1994. Effects of nutrient and water stress on leaf phenolic content of peppers and susceptibility to generalist herbivore *Helicoverpa armigera* (Hubner). *Oecologia* **99**, 387 - 391.
- Fadamiro H. Y., Xiao Y., Hargroder T., Nesbitt M., Umeh V. & Childers C. C., 2008. Seasonal occurrence of key arthropod pests and associated natural enemies in Alabama Satsuma citrus. *Environmental Entomology* **37** (2), 555 - 567.
- Fageria N. K., 2009. The use of nutrients in crop plants. Ed. Taylor & Francis Group (USA), 430 p.
- FAOstat, 2015. <http://faostat3.fao.org>. Consulté le 16 août 2015.
- FAOstat, 2016. <http://faostat3.fao.org>. Consulté le 1 avril 2016.
- Feeny P., 1992. The evolution of chemical ecology : Contributions from the study of herbivorous insects. *In*: Rosenthal G. A. & Berenbaum M. R. (eds.), *Herbivores, Their Interactions with Secondary Plant Metabolites, Volume II : Ecological and Evolutionary Processes*, Ed. Academic Press (New York), 1 - 44.
- Figuroa C. C., Simon J.-C., Le Gallic J.-F., Prunier-Leterme N., Briones L. M., Dedryver C.-A. & Niemeyer H. M., 2005. Genetic structure and clonal diversity of an introduced pest in Chile, the cereal aphid *Sitobion avenae*. *Heredity* **95**, 24 - 33.
- Flamini G., Tebano M. & Cioni P. L., 2007. Volatiles emission patterns of different plant organs and pollen of *Citrus limon*. *Analytica Chimica Acta* **589**, 120 - 124.

- Footitt R. G., Lowery D. T., Maw H. E. L., Smirle M. J. & Lushai G., 2009. Identification, distribution, and molecular characterization of the apple aphids *Aphis pomi* and *Aphis spiraecola* (Hemiptera: Aphididae: Aphidinae). *Canadian Entomology* **141**, 478 - 495.
- Foster S. P., Devine G. & Devonshire A. L., 2007. Insecticide Resistance. *In*: van Emden H. F. & Harrington R. (eds.), *Aphids as Crop Pests*, Ed. CAB International (UK), 261 - 285.
- Franco J. C., Garcia-Marí F., Ramos A. P. & Besri M., 2006. Survey on the situation of citrus pest management in Mediterranean countries. *IOBC/WPRS Bulletin* **29** (3), 335 - 346.
- Fraval A., 2006a. Les pucerons : 1<sup>ère</sup> partie. *Insectes* **141** (2), 3 - 8.
- Fraval A., 2006b. Les pucerons : 2<sup>ème</sup> partie. *Insectes* **142** (3), 27 - 32.
- Gao G.-Z., Perkins L. E., Zalucki M. P., Lu Z.-Z., Ma J.-H., 2013. Effect of temperature on the biology of *Acyrtosiphon gossypii* Mordvilko (Homoptera: Aphididae) on cotton. *Journal of Pest Science* **86**, 167 - 172.
- García-Lor A., Luro F., Navarro L. & Ollitrault P., 2012. Comparative use of InDel and SSR markers in deciphering the interspecific structure of cultivated citrus genetic diversity: a perspective for genetic association studies. *Molecular Genetics and Genomics* **287**, 77 - 94.
- Ghazali A., Bounechada M. & Hakimi S., 2015. Inventory of Aphids and Their Parasitoids of Vegetable Crops in the Region of Setif (North-East of Algeria). *International Journal of Science and Engineering Investigations* **4** (46), 6 - 10.
- Ghosh A., Das A., Lepcha R., Majumdar K. & Baranwal V. K., 2015. Identification and distribution of aphid vectors spreading *Citrus tristeza virus* in Darjeeling hills and Dooars of India. *Journal of Asia-Pacific Entomology* **18**, 601 - 605.
- Gibson R. W. & Plumb R. T., 1977. Breeding plants for resistance to aphid infestation. *In*: Harris K. F. & Maramorosch K. (eds.), *Aphids as Virus Vectors*, Ed. Academic Press (New York), 473 - 500.
- Gillott C., 2005. Entomology. Ed. Springer (the Netherlands), 831 p.
- Giordanengo P., Febvay G. & Rahbé Y., 2007. Comment les pucerons manipulent les plantes. *Biofutur* **279**, 35 - 38.
- Goggin F. L., 2007. Plant–aphid interactions: Molecular and ecological perspectives. *Current Opinion in Plant Biology* **10** (4), 399 - 408.
- Goławska S., Łukasik I., Goławski A., Kapusta I. & Janda B., 2010. Alfalfa (*Medicago sativa* L.) apigenin glycosides and their effect on the pea aphid (*Acyrtosiphon pisum*). *Polish Journal of Environmental Studies* **19** (5), 913-919.

- Goławska S. & Łukasik L., 2009. Acceptance of low-saponin lines of alfalfa with varied phenolic concentrations by pea aphid (Homoptera: Aphididae). *Biologia* **64** (2), 377-382.
- Goławska S., Łukasik I., Kapusta I. & Janda B., 2012. Do the contents of luteolin, triclin, and chrysoeriol glycosides in alfalfa (*Medicago sativa* L.) affect the behavior of pea aphid (*Acyrtosiphon pisum*)? *Polish Journal of Environmental Studies* **21**, 1613 - 1619.
- Goławska S., Łukasik I. & Leszczyński B., 2008. Effect of alfalfa saponins and flavonoids on pea aphid. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **128**, 147 - 153.
- Gregory P., Tingey W. M., Ave D. A. & Bouthyette P. Y., 1986. Potato glandular trichomes : A physicochemical defense mechanism against insects. *In*: Green M. B. & Hedin P. A. (eds.), *Natural Resistance of Plants to Pests : Roles of Allelochemicals*, Ed. American Chemical Society (USA), 160 - 167.
- Gueguen L. & Rombauts P., 1961. Dosage du sodium, du potassium, du calcium et du magnésium par spectrophotométrie de flamme dans les aliments, le lait et les excréta. *Annales de Biologie Animale* **1** (1), 80 - 97.
- Guo Y. P., Zhou H., Zeng G. F. & Zhang L. C., 2003. Effects of high temperature stress on net photosynthetic rate and photosystem II activity in *Citrus*. *The Journal of Applied Ecology* **14** (6), 867 - 870.
- Guo Y. P., Zhou H. F. & Zhang L. C., 2006. Photosynthetic characteristics and protective mechanisms against photooxidation during high temperature stress in two citrus species. *Scientia Horticulturae* **108** (3), 260 - 267.
- Guettala-Frah N., 2009. Bio-écologie des principaux ravageurs du pommier dans la région des Aurès. Thèse de doctorat en Protection des Végétaux, Université de Batna, 166 p.
- Halbert S. E. & Brown L. G., 2014. Brown Citrus Aphid, *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) (Insecta: Hemiptera: Aphididae). Ed. UF/IFAS Extension (Florida), 6 p.
- Halldórsson G., Sigurdsson V., Thórsson Æ. TH., Oddsdóttir E. S., Sigurgeirsson A. & Anamthawat-Jónsson K., 2004. Genetic diversity of the green spruce aphid (*Elatobium abietinum* Walker) in north-west Europe. *Agricultural and Forest Entomology* **6**, 31 - 37.
- Hammer Ø., Harper D. A. T. & Ryan P. D., 2001. PAST : Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia electronica* **4** (1), 1 - 9.
- Han B., Zhang Q.-H. & Byers J. A., 2012. Attraction of the tea aphid, *Toxoptera aurantii*, to combinations of volatiles and colors related to tea plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **144**, 258 - 269.

- Hanke M.-V. & Flachowsky H., 2010. Fruit crops. **In**: Kempken F. & Jung C. (eds.), Genetic Modification of Plants, Ed. Springer (Berlin), 307 - 348.
- Harmel N., Francis F., Haubruge E. & Giordanengo P., 2008. Physiologie des interactions entre pomme de terre et pucerons: Vers une nouvelle stratégie de lutte basée sur les systèmes de défense de la plante. *Cahiers Agricultures* **17** (4), 395 - 400.
- Harrewijn P., 1970. Reproduction of the aphid *Myzus persicae* related to the mineral nutrition of potato plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **13** (3), 307 - 319.
- Harris K. F., 1977. An ingestion-egestion hypothesis of noncirculative virus transmission. **In**: Harris K. F. & Maramorosch K. (eds.), Aphids as Virus Vectors, Ed. Academic Press (New York), 165 - 220.
- Harry M., Rasplus J.-Y. & Lachaise D., 1994. La coévolution plantes-insectes : L'engrenage de deux enjeux génétiques. *Insectes* **94** (3), 2 - 5.
- Hartlieb E. & Anderson P., 1999. Olfactory-released behaviours. **In**: Hansson B. S. (ed.), Insect Olfaction, Ed. Springer-Verlag (Berlin), 315 - 349.
- Harrewijn P., 1978. The role of plant substances in polymorphism of the aphid *Myzus persicae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **24** (3), 398 - 414.
- Harrington R., Hullé M. & Plantegenest M., 2007. Monitoring and Forecasting. **In**: van Emden H. F. & Harrington R. (eds.), Aphids as Crop Pests, Ed. CAB International (UK), 515 - 536.
- Harrington R. & Clark S., 2010. Trends in the timings of the start and end of annual flight periods. **In**: Kindlmann P., Dixon A. F. G. & Michaud J. P. (eds.), Aphid Biodiversity under Environmental Change : Patterns and Processes, Ed. Springer (Dordrecht), 41 - 54.
- Hayes R. C., Li G. D., Dear B. S., Humphries A. W. & Tidd J. R. , 2009. Persistence, productivity, nutrient composition, and aphid tolerance of *Cullen spp.* *Crop & Pasture Science* **60**, 1184 - 1192.
- Hedin P. A., Jenkins J. N. & Maxwell F. G., 1977. Behavioral and developmental factors affecting host plant resistance to insects. **In**: Hedin P. A. (ed.), Host Plant Resistance to Pests, Ed. American Chemical Society (USA), 231 - 275.
- Helpenstein J., Pawlowski M. L., Hill C. B., Stewart J., Lagos-Kutz D., Bowen C. R., Frossard E. & Hartman G. L., 2015. Zinc deficiency alters soybean susceptibility to pathogens and pests. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* **178**, 896 - 903.
- Hemidi W., Laamari M. & Tahar Chaouche S., 2013. Les hyménoptères parasitoïdes des pucerons associés aux plantes ornementales de la ville de Biskra. **In**: 4th International

- Congress of the Populations & Animal Communities : Dynamics & Biodiversity of the terrestrial & aquatic Ecosystems, 19 - 21 November 2013, Bechar.
- Henry, 2001. Biologie des populations animales et végétales. Ed. Dunod (Paris), 709 p.
- Hermoso de Mendoza A., Arouni R., Belliure B., Carbonell E. A. & Pérez-Panadés J., 2006. Intervention thresholds for *Aphis spiraecola* (Hemiptera: Aphididae) on *Citrus clementina*. *Journal of Economic Entomology* **99** (4), 1273 - 1279.
- Hermoso de Mendoza A., Michelena A. Á. J. M., González P. & Cambra M., 2008. *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) (Hemiptera, Aphididae) and its natural enemies in Spain. *IOBC/wprs Bulletin* **38**, 225 - 232.
- Herrbach E., 1985a. Rôle des sémiouchimiques dans les relations pucerons-plantes: I- Généralités et phéromones d'alarme. *Agronomie* **5** (3), 283 - 286.
- Herrbach E., 1985b. Rôle des sémiouchimiques dans les relations pucerons-plantes: II- Les substances allélochimiques. *Agronomie* **5** (4), 375 - 384.
- Hidalgo N. P., Bouhraoua R. T., Boukris F., Benia F., Khelil M.-A. & Pujade-Villar J., 2012. New aphid records (Hemiptera: Aphididae) from Algeria and the northern Africa. *Redia* **XCIV**, 31 - 34.
- Hill D. S., 1997. The economic importance of insects. Ed. Springer (London), 395 p.
- Hill D. S., 2008. Pests of crops in warmer climates and their control. Ed. Springer (Netherlands), 704 p.
- Hodgson C. J. & Elbakhiet I. B., 1985. Effect of colour and shape of 'target' hosts on the orientation of emigrating adult apterous *Myzus persicae* in the laboratory. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **38** (3), 267 - 272.
- Hogg D. B. & Gratton C., 2010. The soybean aphid/potassium relationship. *Proceeding of the 2010 Wisconsin Crop Management Conference* **49**, 7 - 8.
- Hollman, 2001. Determination of flavonols in body fluids. *In*: Packer L. (ed.), Methods in Enzymology : Flavonoids and Other Polyphenols, Ed. Academic Press (London), 97 - 103.
- Holman J. 2009. Host plant catalog of aphids : Palaearctic region. Ed. Springer (Berlin), 1216 p.
- Hong J. & Boo K. S., 1998. Artificial production of sexual morphs in *Aphis spiraecola*. *Journal of Asia-Pacific Entomology* **1** (2), 171 - 176.
- Horrigan L., Lawrence R. S. & Walker P., 2002. How sustainable agriculture can address the environmental and human health harms of industrial agriculture. *Environmental Health Perspectives* **110** (5), 445 - 456.

- Huignard J., 2013. Les plantes et les insectes: Une lutte permanente. 1- Les défenses des plantes. *Insectes* **168** (1), 3 - 8.
- Hullé M., Cœur d'acier A., Bankhead-Dronnet S., Harrington R., 2010. Aphids in the face of global changes. *Comptes Rendus Biologies* **333**, 497 - 503.
- Ilharco F. A. & Sousa-Silva C. R., 2009. *Toxoptera citricidus* (Kirkaldy, 1907) (Homoptera, Aphidoidea), the tropical citrus aphid in continental Portugal. *Options Méditerranéennes* **B 65**, 53 - 58.
- Irwin M. E., Kampmeier G. E. & Weisser W. W., 2007. Aphid movement : Process and consequences. *In*: van Emden H. F. & Harrington R. (eds.), *Aphids as Crop Pests*, Ed. CAB International (UK), 153 - 186.
- ITAF, 1995a. Agrumiculture 1 : Création d'un verger d'agrumes. Ed. ITAF (Algérie), 68 p.
- ITAF, 1995b. Agrumiculture 2 : Conduite d'un verger d'agrumes. Ed. ITAF (Algérie), 60 p.
- Jabalpurwala F. A., Smoot J. M. & Rouseff R. L., 2009. A comparison of citrus blossom volatiles. *Phytochemistry* **70**, 1428 - 1434.
- Jacas J. A. & Urbaneja A., 2010. Biological control in citrus in Spain: from classical to conservation biological control. *In*: Ciancio A. & Mukerji K. G. (eds.), *Integrated Management of Arthropod Pests and Insect Borne Diseases*, Ed. Springer (Netherlands), 61 - 72.
- Jacky F. & Bouchery Y., 1982. Atlas des formes ailées des espèces courantes des pucerons. Ed. INRA (France), 48 p.
- Jansson J. & Ekbom B., 2002. The effect of different plant nutrient regimes on the aphid *Macrosiphum euphorbiae* growing on petunia. *Series Entomologica* **57**, 109 - 116.
- Jordan C. F., 2013. An ecosystem approach to sustainable agriculture : Energy use efficiency in the American South, environmental challenges and solutions. Ed. Springer (Dordrecht), 247 p.
- Jun T.-H., Michel A. P., Wenger J. A., Kang S.-T. & Rouf Mian M. A., 2013. Population genetic structure and genetic diversity of soybean aphid collections from the USA, South Korea, and Japan. *Genome* **56**, 345 - 350.
- Kaakeh W. & Dutcher J. D., 1993. Survival of yellow pecan aphids and black pecan aphids (Homoptera: Aphididae) at different temperature regimes. *Environmental Entomology Journal* **22** (4), 810 - 817.
- Kamel A. S., 2010. Insects attack citrus trees in Al-Qalyubiyah Governorate, Egypt. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences* **3** (2), 107 - 117.

- Kamel A. M. & El-Gengaihi S. E., 2009. Is there a relationship between the level of plant metabolites in cucumber and globe cucumber and the degree of insect infestation? *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj* **37** (1), 144 - 156.
- Kanvil S., Powell G. & Turnbull C., 2014. Pea aphid biotype performance on diverse Medicago host genotypes indicates highly specific virulence and resistance functions. *Bulletin of Entomological Research* **104** (6), 689 - 701.
- Karamouna F., Mylonas P., Papachristos D., Kontodimas D., Michaelakis A. & Kapaxidi E., 2010. Main arthropod pests of *Citrus* culture and pest management in Greece. *In*: Ciancio A. & Mukerji K. G. (eds.), *Integrated Management of Arthropod Pests and Insect Borne Diseases*, Ed. Springer (Netherlands), 29 - 59.
- Kasraoui M. F., 2016. Le citronnier. Disponible sur le site <http://www.kasraoui.com>. Consulté le 16 décembre 2016.
- Katis N. I., Tsitsipis J. A., Stevens M. & Powell G., 2007. Transmission of Plant Viruses. *In*: van Emden H. F. & Harrington R. (eds.), *Aphids as Crop Pests*, Ed. CAB International (UK), 353 - 390.
- Kavallieratos N. G., Athanassiou C. G., Stathas G. J. & Tomanović Ž., 2002. Aphid parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) on citrus: Seasonal abundance, association with the species of host plant, and sampling indices. *Phytoparasitica* **30** (4), 365 - 377.
- Kavallieratos N. G., Tomanović Ž., Sarlis G. P., Vayias B. J., Žikić V. & Emmanouel N. E., 2007. Aphids (Hemiptera: Aphidoidea) on cultivated and self-sown plants in Greece. *Biologia Bratislava* **62** (3), 335 - 344.
- Kaygin A. T., Görür G. & Çota F., 2008. Contribution to the aphid (Homoptera: Aphididae) species damaging on woody plants in Bartın, Türkiye. *International Journal of Natural & Engineering Sciences* **2** (1), 83 - 86.
- Kelebek H., 2010. Sugars, organic acids, phenolic compositions and antioxidant activity of grapefruit (*Citrus paradisi*) cultivars grown in Turkey. *Industrial Crops and Products* **32**, 269 - 274.
- Kerboua M., 2002. L'agrumiculture en Algérie. *Options Méditerranéennes* **B 43**, 21 - 26.
- Khairi M. & Hall A. E., 1976. Temperature and humidity effects on net photosynthesis and transpiration of citrus. *Physiologia Plantarum* **36** (1), 29 - 34.
- Khaliq A., Javed M., Sohail M. & Sagheer M., 2014. Environmental effects on insects and their population dynamics. *Journal of Entomology and Zoology Studies* **2** (2), 1 - 7.

- Khattab H., 2007. The defense mechanism of cabbage plant against phloem-sucking aphid (*Brevicoryne brassicae* L.). *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* **1**, 56 - 62.
- Khen O., 2014. Erosion génétique des espèces agrumicoles dans la wilaya de Skikda : Contraintes de production. Mémoire de magister en Arboriculture Fruitière en Zones Subhumides, Université de Skikda, 109 p.
- Kimball D. A., 1999. Citrus processing : A complete guide. Ed. Aspen Publishers (Maryland), 450 p.
- Kindlmann P. & Dixon A. F. G., 2010. Modelling population dynamics of aphids and their natural enemies. *In*: Kindlmann P., Dixon A. F. G. & Michaud J. P. (eds.), *Aphid Biodiversity under Environmental Change : Patterns and Processes*, Ed. Springer (Dordrecht), 1 - 20.
- Kindlmann P., Jarošík V. & Dixon A. F. G., 2007. Population dynamics. *In*: van Emden H. F. & Harrington R. (eds.), *Aphids as Crop Pests*, Ed. CAB International (UK), 311 - 329.
- Koizumi M., Prommintara M., Linwattana G. & Kaisuwan T., 1993. Field evaluation of citrus cultivars for greening disease resistance in Thailand. *In*: 12th International Conference of Citrus Virologists, 23 - 27 November 1992, New Delhi.
- Kök Ş., Kasap İ. & Özdemir I., 2016. Aphid (Hemiptera: Aphididae) species determined in Çanakkale Province with a new record for the aphid fauna of Turkey. *Turkish Journal of Entomology* **40** (4), 397 - 412.
- Komazaki S., 1982. Effects of constant temperatures on population growth of three aphid Species, *Toxoptera citricidus* (Kirdkaldy), *Aphis citricola* Van Der Goot and *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) on *Citrus*. *Applied Entomology and Zoology* **17** (1), 75 - 81.
- Kumar N. S. & Gurusubramanian G., 2011. Random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers and its applications. *Science Vision* **11** (3), 116 - 124.
- Laamari M., Chaouche S. T., Halimi C. W., Benferhat S., Abbas S. B., Khenissa N. & Starý P., 2012. A review of aphid parasitoids and their associations in Algeria (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae; Hemiptera: Aphidoidea). *African Entomology* **20** (1), 161 - 170.
- Laamari M., Jousselin E. & Cœur D'acier A., 2010. Assessment of aphid diversity (Hemiptera: Aphididae) in Algeria : A fourteen-year investigation. *Faunistic Entomology* **62** (2), 73 - 87.

- Labdaoui Z. E. & Guenaoui Y., 2015. The aphids infesting citrus orchards and their natural enemies in the Northwestern Algeria. *In*: 6th International Scientific Agricultural Symposium, 15 - 18 October 2015, Jahorina Bosnia and Herzegovina.
- Lacirignola C. & D'Onghia A. M., 2009. The Mediterranean citriculture: Productions and perspectives. *Options Méditerranéennes* **B 65**, 13 - 17.
- Lado J., Cuellar F., Rodrigo M. J. & Zacarías L., 2016. Nutritional composition of mandarins. *In*: Simmonds M. S. J. & Preedy V. R. (eds.), Nutritional Composition of Fruit Cultivars, Ed. Elsevier (Amsterdam), 419 - 444.
- Lapchin L., Guyot H. & Brun P., 1994. Spatial and temporal heterogeneity in population dynamics of citrus aphids at a regional scale. *Ecological Research* **9**, 57 - 66.
- Larbi D., Ghezli C. & Djelouah K., 2009. Historical review of *Citrus tristeza virus* (CTV) in Algeria. *Options Méditerranéennes* **B 65**, 107 - 110.
- Lattanzio V., Arpaia S., Cardinali A., Di Venere D. & Linsalata V., 2000. Role of endogenous flavonoids in resistance mechanism of *Vigna* to aphids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **48**, 5316 - 5320.
- Lattanzio V., Lattanzio V. M. T. & Cardinali A., 2006. Role of phenolics in the resistance mechanisms of plants against fungal pathogens and insects. *Phytochemistry: Advances in Research* **661**, 23 - 67.
- Lavon R. & Goldschmidt E. E., 1999. Enzymatic methods for detection of mineral element deficiencies in citrus leaves : A mini-review. *Journal of Plant Nutrition* **22** (1), 139 - 150.
- Leather S. R., 1985. Atmospheric humidity and aphid reproduction. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* **100** (1-5), 510 - 513.
- Lebdi Grissa K., 2010. Etude de base sur les cultures d'agrumes et de tomates en Tunisie. Regional integrated pest management program in the Near East GTFS/REM/070/ITA. Ed. FAO (Rome), 93 p.
- Leclant F., 1978. Les pucerons des plantes cultivées, clef d'identification. Tome 1 : Grandes cultures. Ed. ACTA (Paris), 63 p.
- Lee A., 2008. Citrus varieties. Ed. CRI-Citrus Academy (South Africa), 12 p.
- Lees A. D., 1959. The role of photoperiod and temperature in the determination of parthenogenetic and sexual forms in the aphid *Megoura viciae* Buckton. I- the influence of these factors on apterous virginoparae and their progeny. *Journal of Insect Physiology* **3** (2), 92 - 117.

- Leitao J., Elisiario Paulo J., Guerreiro Antonio R. & Patrick O., 1995. Isoenzymes, RAPDs and *in vitro* culture procedures in genetic improvement of the mandarin 'Carvalho'. **In**: Symposium Méditerranéen sur Mandarines, 5 - 11 mars 1995, San Nicolao.
- Li T. Y. & Harris M. K., 2001. The correlation between the population growth of Blackmargined Aphid and precipitation over a 13-year period (1988–2000) in Adriance orchard, College station. **In**: Entomological Society of America Annual Meeting, 9 - 12 December 2001, California.
- Liewellyn K. S., Loxdale H. D., Harrington R., Brookes C. P., Clark S. J. & Sunnucks P., 2003. Migration and genetic structure of the grain aphid (*Sitobion avenae*) in Britain, related to climate and clonal fluctuation as revealed using microsatellites. *Molecular Ecology* **12**, 21 - 34.
- Liewellyn K. S., Loxdale H. D., Harrington R., Clark S.J. & Sunnucks P., 2004. Evidence for gene flow and local clonal selection in field populations of the grain aphid (*Sitobion avenae*) in Britain revealed using microsatellites. *Heredity* **93**, 143 - 153.
- Lopes D. J. H., Cabrera P. R., Pereira A., Figueiredo A., Santos A. M., Melo C., Silva L., Silva D., Filipes M. C. & Mexia A. M. M., 2006. The phytosanitary problems that affect orange groves on Terceira Island, Azores. *IOBC/WPRS Bulletin* **29** (3), 17 - 28.
- Lotmani B., Kolaï N., Berkani A. & Bouzouina M., 2008. Contribution à l'étude de l'influence des composés phénoliques des feuilles de Citrus sur l'activité des adultes de *Phyllocnistis citrella* Stainton (*Lepidoptera* ; *Gracillariidae*). *Recherche Agronomique* **22**, 59 - 66.
- Loussert R., 1989. Les Agrumes. Tome 2 : Production. Ed. Technique et Documentation - Lavoisier (Paris), 158 p.
- Loxdale H. D. & Lushai G., 2007. Population genetic issues: The unfolding story using molecular markers. **In**: van Emden H. F. & Harrington R. (eds.), *Aphids as Crop Pests*, Ed. CAB International (UK), 31 - 67.
- Luro F., Gatto J., Costantino G. Pailly O., 2011. Analysis of genetic diversity in *Citrus*. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization* **9** (2), 218 - 221.
- Lushai G., Markovitch O. & Loxdale H.D., 2002. Host-based genotype variation in insects revisited. *Bulletin of Entomological Research* **92**, 159 - 164.
- Mahjbi A., Baraket G., Oueslati A. & Salhi-Hannachi A., 2015. Start Codon Targeted (SCoT) markers provide new insights into the genetic diversity analysis and characterization of Tunisian *Citrus* species. *Biochemical Systematics and Ecology* **61**, 390 - 398.

- Makkar H. P. S., Siddhuraju P. & Becker K., 2007. Plant secondary metabolites. Ed. Humana Press (New Jersey), 130 p.
- Marchal J., Martin-Prével P., Blonde L., Cassin J. & Lossois P., 1974. Influence des porte greffe sur la composition foliaire du clémentinier et d'autres espèces d'agrumes sous différents climats. *Fruits* **29** (2), 131 - 148.
- Marroquín C., Olmos A., Gorris M. T., Bertolini E., Martínez M. C., Carbonell E. A., de Mendoza A. H. & Cambra M., 2004. Estimation of the number of aphids carrying *Citrus tristeza virus* that visit adult citrus trees. *Virus Research* **100**, 101 - 108.
- Martin-Prével P., Del Brassine J., Lossois P., Lacoeyllhe J.-J., 1965. Echantillonnage des agrumes pour le diagnostic foliaire. *Fruits* **20** (11), 595 - 603.
- Martin-Prével P., Lossois P., Lacoeyllhe J.-J. & Del Brassinne J., 1966. Echantillonnage des agrumes pour le diagnostic foliaire. III- Influence du caractère fructifère ou non fructifère des rameaux, de leur hauteur et de l'ombrage. *Fruits* **21** (11), 577 - 587.
- Maserti B. E., Del Carratore R., Della Croce C. M., Podda A., Migheli Q., Froelicher Y., Luro F., Morillon R., Ollitrault P., Talon M. & Rossignol M., 2011. Comparative analysis of proteome changes induced by the two spotted spider mite *Tetranychus urticae* and methyl jasmonate in citrus leaves. *Journal of Plant Physiology* **168**, 392 - 402.
- Maurer M. & Bradley L., 1998. Low desert citrus varieties. Ed. The University of Arizona, (USA), 6 p.
- Mazih A., 2008. Current situation of *Citrus* pests and the control methods in use in Morocco. *IOBC/wprs Bulletin* **38**, 10 - 16.
- Meagher R., 2008. Citrus pests and their management. *In*: Capinera J. L. (ed.), Encyclopedia of Entomology, Ed. Springer (Dordrecht), 878 - 903.
- Meier U., 2001. Stades phénologiques des mono et dicotylédones cultivées : BBCH monographie. Ed. Centre Fédéral de Recherches Biologiques pour l'Agriculture et les Forêts (Allemagne), 162 p.
- Melaku G., Wilde G. & Reese J. C., 1990. Influence of temperature and plant growth stage on development, reproduction, life span, and intrinsic rate of increase of the Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae). *Environmental entomology* **19** (5), 1438 - 1442.
- Mezghani-Khemakhem M., Bouktila D., Kharrat I., Makni M. & Makni H., 2012. Genetic variability of green citrus aphid populations from Tunisia, assessed by RAPD markers and mitochondrial DNA sequences. *Entomological Science* **15**, 171 - 179.
- Moctezuma C., Hammerbacher A., Heil M., Gershenson J., Méndez-Alonzo R. & Oyama K., 2014. Specific polyphenols and tannins are associated with defense against insect

- herbivores in the tropical oak *Quercus oleoides*. *Journal of Chemical Ecology* **40**, 458 - 467.
- Mohammed Ben Ali R., 2014. Evaluation de la pollution des eaux issue de la zone industrielle de Skikda. Mémoire de magister en Pathologie des Ecosystèmes Forestiers, Université de Constantine, 123 p.
- Mohammedi-Boubekka N., 2006. Biosystématique des Aphididae et leur dans l'entomofaune de l'oranger dans la plaine de la Mitidja. Mémoire de magister en Protection des Végétaux, INA El Harrach, 143 p.
- Moharramipour S., Tsumuki H., Sato K., Murata S. & Kanehisa K., 1997. Effect of leaf color, epicuticular wax amount and gramine content in barleyhybrids on cereal aphid populations. *Applied Entomology and Zoology* **32** (1), 1 - 8.
- Mooney H. A., Gulmon S. L. & Johnson N. D., 1983. Physiological constraints on plant chemical defenses. *In*: Hedin P. A. (ed.), Plant Resistance to Insects, Ed. American Chemical Society (USA), 21 - 36.
- Morgan D., Walters K. F. A. & Aegerter J. N., 2001. Effect of temperature and cultivar on pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* (Hemiptera: Aphididae) life history. *Bulletin of Entomological Research* **91** (1), 47 - 52.
- Mostefaoui H., Mahmoudé A., Allal Benfekih L., Petit D. & Saladin G., 2012. Fluctuations des abondances saisonnières des populations d'aphidiens du clémentinier en fonction de l'accumulation de leurs réserves énergétiques. *In*: 3ème Congrès de Zoologie et d'Ichtyologie, 6 - 10 novembre 2012, Marrakech.
- Munõz S. T., García Á. H., Pérez M. J., Boyero J. R., Vela J. M. & Martínez-Ferri E., 2008. Effects of rootstock and flushing on the incidence of three insects on 'Clementine de Nules' citrus trees. *Environmental Entomology* **37** (6), 1531 - 1537.
- Myers S. W. & Gratton C., 2006. Influence of potassium fertility on soybean aphid, *Aphis glycines* Matsumura (Hemiptera: Aphididae), population dynamics at a field and regional scale. *Environmental Entomology* **35** (2), 219 - 227.
- Myers S. W., Gratton C., Wolkowski R. P., Hogg D. B. & Wedberg J. L., 2005. Effect of soil potassium availability on soybean aphid, *Aphis glycines* (Hemiptera: Aphididae) population dynamics and soybean yield. *Journal of Economic Entomology* **98**, 113 - 120.
- Ndo E. G. D., 2011. Évaluation des facteurs de risque épidémiologique de la phaeoramulariose des agrumes dans les zones humides du Cameroun. Thèse de doctorat

- en Biologie Intégrative des Plantes, Centre International d'Etudes Supérieures en Sciences Agronomiques, 204 p.
- Neubauer I., Raccach B., Ishaaya I., Aharonson N. & Swirski E., 1981. The effect of hosts exchange on the population dynamics of the spirea aphid *Aphis citricola* Van der Goot (Hom., Aphididae). *Journal of Applied Entomology* **91**, 231 - 236.
- Nicolosi E., 2007. Origin and taxonomy. *In*: Khan I. A. (ed.), Citrus Genetics, Breeding and Biotechnology, Ed. CAB International (UK), 19 - 44.
- Nijhout H. F., 2013. Arthropod developmental endocrinology. *In*: Minelli A., Boxshall G. & Fusco G. (eds.), Arthropod Biology and Evolution, Ed. Springer (Berlin), 123 - 148.
- Niraz S., Leszczyński B., Ciepiela A. & Ubrańska A., 1987. The importance of various plant compounds to constitutive aphid resistance in winter wheats. *Roczniki Nauk Rolniczych* **E 17** (1), 61 - 75.
- Ortiz J. M., 2002. Botany : Taxonomy, morphology and physiology of fruits, leaves and flowers. *In*: Dugo G. & Di Giacomo A. (eds.), The Genus *Citrus*, Ed. Taylor & Francis (New York), 16 - 35.
- Özgökçe M. S. & Atlihan R., 2005. Biological features and life table parameters of the mealy plum aphid *Hyalopterus pruni* on different apricot cultivars. *Phytoparasitica* **33** (1), 7 - 14.
- Pasković I., Perica S., Pecina M., Hančević K., Pasković P. M., & Ćustić H. M., 2013. Leaf mineral concentration of five olive cultivars grown on calcareous soil. *Journal of Central European Agriculture* **14** (4), 1471 - 1478.
- Patt J. M. & Sétamou M., 2010. Responses of the Asian Citrus psyllid to volatiles emitted by the flushing shoots of its Rutaceous host plants. *Environmental Entomology* **39** (2), 618 - 624.
- Peccoud J., Olliviera A., Plantegenest M. & Simona J.-C., 2009. A continuum of genetic divergence from sympatric host races to species in the pea aphid complex. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **106** (18), 7495 - 7500.
- Pefia L. & Navarro L., 1999. Transgenic citrus. *In*: Bajaj Y. P. S. (ed.), Transgenic Trees, Ed. Springer (Berlin), 39 - 54.
- Peña L., Cervera M., Fagoaga C., Romero J., Juárez J., Pina J. A. & Navarro L., 2007. Citrus. *In*: Pua E. C. & Davey M. R. (eds.), Transgenic Crops V, Ed. Springer (Berlin), 35 - 50.
- Peng Z., 1991. Feeding determinant in aphids with special reference to the rose aphid *Macrosiphum rosae* (L.). Thèse de doctorat en Protection des Plantes, Université d'Adelaide, 189 p.

- Pengfei D., Jinjing S., Chuncheng Y., Bureau L.M. & Bureau, F.M., 2014. Influence of meteorological conditions on Citrus yield over the past 10 years in Linchuan. *Meteorology and Disaster Reduction Research* **3**, 12 - 12.
- Pettersson J., Tjallingii W. F. & Hardie J., 2007. Host-plant selection and feeding. *In*: van Emden H. F. & Harrington R. (eds.), *Aphids as Crop Pests*, Ed. CAB International (UK), 87 - 113.
- Pinta M., 1954. Photométrie de flamme. *Extrait de Chimie Analytique* **5**, 126-130.
- Pollard D. G., 1977. Aphid penetration of plant tissues. *In*: Harris K. F. & Maramorosch K. (eds.), *Aphids as Virus Vectors*, Ed. Academic Press (New York), 105 - 118.
- Powel C. A., Burton M. S., Pelosi R. R., Rundell P. A., Ritenour M. A. & Bullock R. C., 2006. Six-year evaluation of brown citrus and spirea aphid populations in a citrus grove and effects of insecticides on these populations. *HortScience* **41** (3), 688 - 690.
- Powell W. & Pell J. K., 2007. Biological control. *In*: van Emden H. F. & Harrington R. (eds.), *Aphids as Crop Pests*, Ed. CAB International (UK), 469 - 513.
- Praloran J.-C., 1971. Les agrumes. Ed. G.-P. Maisonneuve et Larose (Paris), 565 p.
- Prokopy R. J. & Owens E. D., 1983. Visual detection of plants by herbivorous insects. *Annual Review of Entomology* **28** (1), 337 - 364.
- Puterka G. J., Burd J. D., Mornhinweg D. W., Haley S. D. & Peairs F. B., 2006. Response of resistant and susceptible barley to infestations of five *Diuraphis noxia* (Homoptera: Aphididae) Biotypes. *Journal of Economic Entomology* **99** (6), 2151 - 2155.
- Qureshi J. A., 2010. Implications of climate change for *Toxoptera citricida* (Kirkaldy), a disease vector of citrus in Florida. *In*: Kindlmann P., Dixon A. F. G. & Michaud J. P. (eds.), *Aphid Biodiversity under Environmental Change : Patterns and Processes*. Ed. Springer (Dordrecht), 91 - 106.
- Ramesh Kumar A., Kumar N. & Kavino M., 2006. Role of potassium in fruit crops - A review. *Agricultural Review* **27** (4), 284 - 291.
- Ranila A., Kanani M. K., Bhut J. B. & Borad P. K., 2015. Population dynamics of *Aphis gossypii* Glover on coriander in relation to biotic and abiotic factors. *International Journal of Plant Protection* **8** (2), 372 - 374.
- Rédei G. P., 2008. RAPD. *In*: Rédei G. P. (ed.), *Encyclopedia of Genetics, Genomics, Proteomics, and Informatics*, Ed. Springer (Netherlands), 1634 - 1634.
- Reese J. C., 1977. The effects of plant biochemicals on insect growth and nutritional physiology. *In*: Hedin P. A. (ed.), *Host Plant Resistance to Pests*, Ed. American Chemical Society (USA), 129 - 152.

- Reese J. C., 1983. Nutrient-allelochemical interactions in host plant resistance. *In*: Hedin P. A. (ed.), Plant Resistance to Insects, Ed. American Chemical Society (USA), 231 - 243.
- Renwick J. A. A., 1983. Nonpreference mechanisms: Plant characteristics influencing insect behavior. *In*: Hedin P. A. (ed.), Plant Resistance to Insects, Ed. American Chemical Society (USA), 199 - 213.
- Reuther W., 1967. The citrus industry. Volume 1 : History, world distribution, botany and varieties. Ed. University of California (USA), 611 p.
- Roistacher C. N. & Bar-Joseph M., 1987. Transmission of *Citrus tristeza virus* by *Aphis gossypii* and by graft inoculation to and from *Passiflora spp.* *Phytophylactica* **19**, 179 - 182.
- Roistacher C. N., Bas-Joseph M. & Carson T., 1984. Preferential feeding by *Aphis gossypii* on young leaves of sweet orange, grapefruit and lemon. *In*: 9th International Organization of Citrus Virologists Conference, 9 - 13 May 1983, Argentina.
- Roversi A., Ughini V. & Monteforte A., 2008. Influence of genotype, year and soil composition on sweet cherry leaf mineral composition. *Acta Horticultura* **795**, 739 - 746.
- Rowntree J. K., McVennon A. & Preziosi R. F., 2010. Plant genotype mediates the effects of nutrients on aphids. *Oecologia* **163**, 675 - 679.
- Rubiano-Rodríguez J. A., Fuentes-Contreras E., Figueroa C. C., Margaritopoulos J. T., Briones L. M. & Ramírez C. C., 2014. Genetic diversity and insecticide resistance during the growing season in the green peach aphid (Hemiptera: Aphididae) on primary and secondary hosts: a farm-scale study in Central Chile. *Bulletin of Entomological Research* **104**, 182 - 194.
- Sadasivam S. & Thayumanavan B., 2003. Molecular host plant resistance to pests. Ed. Marcel Dekker (USA), 463 p.
- Saharaoui L., Benzara A. & Doumandji-Mitiche B., 2001. Dynamique des populations de *Phyllocnistis citrella* Stainton (1856) et impact de son complexe parasitaire en Algérie. *Fruits* **56**, 403 - 413.
- Saharaoui L. & Hemptinne J. L., 2009. Dynamique des communautés des coccinelles (Coleoptera : Coccinellidae) sur agrumes et interactions avec leurs proies dans la région de Rouiba (Mitidja orientale) Algérie. *Annales de la Société Entomologique de France* **45** (2), 245 - 259.
- Saharaoui L., Hemptinne J. L. & Magro A., 2015. Partage des ressources trophiques chez les coccinelles. *Bulletin de la Société Zoologique de France* **140** (1), 5 - 23.

- Sastry K. S., 2013a. Plant virus and viroid diseases in the Tropics. Volume 1 : Introduction of plant viruses and sub-viral agents, classification, assessment of loss, transmission and diagnosis, Ed. Springer (Dordrecht), 361 p.
- Sastry K. S., 2013b. Seed-borne plant virus diseases. Ed. Springer (India), 327 p.
- Satar S. & Uygun N., 2008. Life cycle of *Aphis spiraecola* Patch (Homoptera: Aphididae) in East Mediterranean region of Turkey and its development on some important host plants. *IOBC/wprs Bulletin* **38**, 216 - 224.
- Satar S., Kersting U. & Ulusoy R. M., 2005. Temperature dependent life history traits of *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hom., Aphididae) on white cabbage. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* **29**, 341 - 346.
- Saxena H. O., Tripathi Y. C., Pawar G., Kakkar A. & Mohammad N., 2014. Botanicals as biopesticides: Active chemical constituents and biocidal action. *In*: Khatri P. K. & Meshram P. B. (eds.), Familiarizing with Local Biodiversity : Notes on Systematics of Plants and Insects, Ed. Tropical Forest Research Institute (India), 219 - 240.
- Schaefer H. M. & Rolshausen G., 2007. Aphids do not attend to leaf colour as visual signal, but to the handicap of reproductive investment. *Biology Letter* **3**, 1 - 4.
- Schimmenti E., Borsellino V. & Galati A., 2013. Growth of citrus production among the Euro-Mediterranean countries: political implications and empirical findings. *Spanish Journal of Agricultural Research* **11** (3), 561 - 577.
- Schowalter T. D., 2006. Insect ecology : An ecosystem approach, Ed. Elsevier Inc. (USA), 572 p.
- Simanton W. A. & Knorr L. C., 1969. Aphid populations in relation to Tristeza in Florida Citrus. *The Florida Entomologist* **52** (1), 21 - 27.
- Simon J. C., Carrel E., Hebert P. D. N., Dedryver C. A., Bonhomme J. & Le Gallic J.-F., 1996. Genetic diversity and mode of reproduction in French populations of the aphid *Rhopalosiphum padi* L. *Heredity* **76**, 305 - 313.
- Singh S. & Rajam M. V., 2009. Citrus biotechnology: Achievements, limitations and future directions. *Physiology and Molecular Biology of Plants* **15**, 3 - 22.
- Skaria M., 2004. People, arthropods, weather and citrus diseases. *In*: Naqvi S. A. M. H. (ed.), Diseases of Fruits and Vegetables, Ed. Kluwer Academic Publishers (the Netherlands), 307 - 337.
- Smaili M. C., El Ghadraoui L., Gaboun F., Benkirane R. & Blenzar A., 2014. Impact of some alternative methods to chemical control in controlling aphids (Hemiptera:

- Sternorrhyncha) and their side effects on natural enemies on young Moroccan citrus groves. *Phytoparasitica* **42** (3), 421 - 436.
- Smith, C. M., 2005. Plant resistance to arthropods : Molecular and conventional approaches. Ed. Springer (Netherlands), 423 p.
- Soetan K. O., Olaiya C. O. & Oyewole O. E., 2010. The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants: A review. *African Journal of Food Science* **4** (5), 200 - 222.
- Spiegel-Roy P. & Goldschmidt E. E., 1996. Biology of citrus. Ed. Cambridge University Press (New York), 230 p.
- SPSS, 1999. SPSS pour Windows, version 10.0.5, SPSS Inc.
- Städler E. & Reifenrath K., 2009. Glucosinolates on the leaf surface perceived by insect herbivores : review of ambiguous results and new investigations. *Phytochemistry Review* **8**, 207 - 225.
- Stack Whitney K., Meehan T. D., Kucharik C. J., Zhu J., Townsend P. A., Hamilton K. & Gratton C., 2016. Explicit modeling of abiotic and landscape factors reveals precipitation and forests associated with aphid abundance. *Ecological Applications* **26** (8), 2598 - 2608.
- Stary P., 1964. Integrated control problems of citrus and peach aphid pests in Italy orchards. *Entomophaga* **9** (2), 147 - 152.
- Starý P., 1967. A review of Hymenopterous parasites of citrus pest aphids of the world and biological control projects (Hym., Aphidiidae; Hom., Aphidoidea). *Acta Entomologica Bohemoslovaca* **64**, 37 - 61.
- Steinberg R. A., Bowling J. D. & McMurtrey J. E., 1949. Accumulation of free amino acids as a chemical basis for morphological symptoms in tobacco manifesting frenching and mineral deficiency symptoms. *Plant physiology* **25** (2), 279 - 279.
- Stipanovic R. D., 1983. Function and chemistry of plant trichomes and glands in insect resistance : Protective chemicals in plant epidermal glands and appendages. *In*: Hedin P. A. (ed.), Plant Resistance to Insects, Ed. American Chemical Society (USA), 69 - 100.
- Stoetzel M. B., 1994. Aphids (Homoptera: Aphididae) of potential importance on *Citrus* in the United States with illustrated keys to species. *Proceeding of the Entomological Society of Washington* **96**, 74 - 90.
- Sullivan D. J., 2005. Aphids (Hemiptera: Aphididae). *In*: Capinera J. L. (ed.), Encyclopedia of Entomology, Ed. Springer (Netherlands), 127 - 146.

- Sullivan D. J., 2008. Aphids (Hemiptera: Aphididae). *In*: Capinera J. L. (ed.), Encyclopedia of Entomology, Ed. Springer (Dordrecht), 191 - 215.
- Sun Y. & Ge F., 2011. How do aphids respond to elevated CO<sub>2</sub>? *Journal of Asia-Pacific Entomology* **14** (2), 217 - 220.
- Tadeo F. R., Cercós M., Colmenero-Flores J. M., Iglesias D. J., Naranjo M. A., Ríos G., Carrera E., Ruiz-Rivero O., Lliso I., Morillon R., Ollitrault P. & Talon M., 2008. Molecular physiology of development and quality of citrus, *Advances in Botanical Research* **47**, 147 - 223.
- Tagu D. & Moussard C., 2003. Principes des techniques de biologie moléculaire. Ed. INRA (Paris), 176 p.
- Tamaki G. & Smith R. F., 1972. Influence of wind and migrant aphid source on the flight and infestation patterns of the spotted alfalfa aphid. *Annals of the Entomological Society of America* **65** (5), 1131 - 1143.
- Telemans B., 2012. La culture des agrumes au Sénégal. Ed. Centre pour le Développement de l'Horticulture (Dakar), 11 p.
- Tena A. & Garcia-Marí F., 2011. Current situation of citrus pests and diseases in the Mediterranean Basin. *IOBC/wprs Bulletin* **62**, 365 - 378.
- Tennant P. F., Robinson D., Fisher L., Bennett S.-M., Hutton D., Coates-Beckford P. & McLaughlin W., 2009. Diseases and pests of Citrus (*Citrus spp.*). *Tree and Forestry Science and Biotechnology* **3**, 81 - 107.
- Tingey W. M., 1986. Techniques for evaluating plant resistance to insects. *In*: Miller J. R. & Miller T. A. (eds.), Insect-Plant Interactions, Ed. Springer (New York), 251 - 284.
- Timm A. E., Pringle K. L. & Warnich L., 2005. Genetic diversity of woolly apple aphid *Eriosoma lanigerum* (Hemiptera: Aphididae) populations in the Western Cape, South Africa. *Bulletin of Entomological Research* **95**, 187 - 191.
- Tissot N., 1926. Some observations on the life history of the citrus aphid (*Aphis Spiraecola* Patch). *The Florida Entomologist* **10** (2), 26 - 27.
- Tjia B. & Houston D. B., 1975. Phenolic constituents of Norway spruce resistant or susceptible to the Eastern spruce gall aphid. *Forest Science* **21**, 180 - 184.
- Toplu C., Uygur V., Kaplankıran M., Demirköser T. H. & Yıldız E., 2012. Effect of citrus rootstocks on leaf mineral composition of 'Okitsu', 'Clausellina', and 'Silverhill' mandarin cultivars. *Journal of Plant Nutrition* **35** (9), 1329 - 1340.

- Tremblay E., 1984. The parasitoid complex (Hymenoptera: Ichneumonoidea) of *Toxoptera aurantii* (Homoptera: Aphidoidea) in the Mediterranean area. *Entomophaga* **29**, 203 - 209.
- Trowbridge A. M. & Stoy P. C., 2013. BVOC-mediated plant-herbivore interactions. *In*: Niinemets Ü. & Monson R. K. (eds.), *Biology, Controls and Models of Tree Volatile Organic Compound Emissions*, Ed. Springer (Dordrecht), 21 - 46.
- Tsai J. H. & Wang J. J., 2001. Effects of host plants on biology and life table parameters of *Aphis spiraecola* (Homoptera: Aphididae). *Environmental Entomology* **30**, 44 - 50.
- Tucker D. P. H., Futch S. H., Gmitter F. G. & Kesinger M. C., 1998. Florida Citrus varieties. Ed. IFAS Publications (Florida), 57 p.
- Turpeau E., Hullé M. & Chaubet B., 2015. La morphologie des pucerons et les critères d'identification. Disponible sur le site <https://www6.inra.fr/encyclopedie-pucerons/Qu-est-ce-qu-un-puceron/Morphologie>. Consulté le 23 février 2017.
- UPOV, 2003a. Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability: Orange. Ed. UPOV (Genève), 81 p.
- UPOV, 2003b. Principes directeurs pour la conduite de l'examen de la distinction, de l'homogénéité et de la stabilité : Citronnier et limettier. Ed. UPOV (Genève), 78 p.
- UPOV, 2003c. Principes directeurs pour la conduite de l'examen de la distinction, de l'homogénéité et de la stabilité : Oranger trifolié. Ed. UPOV (Genève), 111 p.
- Uygun N. & Satar S., 2008. The current situation of citrus pests and their control methods in Turkey. *IOBC-WPRS Bulletin* **38**, 2 - 9.
- Uzun A., Yesiloglu T., Aka-Kacar Y., Tuzcu O. & Gulsen O., 2009. Genetic diversity and relationships within *Citrus* and related genera based on sequence related amplified polymorphism markers (SRAPs). *Scientia Horticulturae* **121**, 306 - 312.
- van Emden H. F., 2007. Host-plant resistance. *In*: van Emden H. F. & Harrington R. (eds.), *Aphids as Crop Pests*, Ed. CAB International (UK), 447 - 468.
- Varanda E. M. & Primavesi A. C., 2005. Effect of the inherent variation in the mineral concentration of alfalfa cultivars on aphid populations. *Bragantia* **64** (2), 233 - 239.
- Völkl W., Mackauer M., Pell J. K. & Brodeur J., 2007. Predators, parasitoids and pathogens. *In*: van Emden H. F. & Harrington R. (eds.), *Aphids as Crop Pests*, Ed. CAB International (UK), 187 - 233.
- Wang J.-J. & Tsai J. H., 2000. Effect of temperature on the biology of *Aphis spiraecola* (Homoptera: Aphididae). *Annals of Entomological Society of America* **93** (4), 874 - 883.

- Watson J. R., 1926. Decrease of the Citrus aphid during summer. *The Florida Entomologist* **10** (2), 25 - 25.
- Webster B., Bruce T., Dufour S., Birkemeyer C., Birkett M., Hardie J. & Pickett J., 2008. Identification of volatile compounds used in host location by the black bean aphid, *Aphis fabae*. *Journal of Chemical Ecology* **34**, 1153 - 1161.
- Whalen R. & Harmon J. P., 2015. Temperature alters the interaction between a herbivore and a resistant host plant. *Arthropod-Plant Interactions* **9** (3), 233 - 240.
- Whitham T. G., 1978. Habitat selection by *Pemphigus* aphids in response to response limitation and competition. *Ecology* **59** (6), 1164 - 1176.
- Wigglesworth V. B., 1966. Insect physiology. Ed. John Wiley & Sons (UK), 134 p.
- Williams I. S. & Dixon A. F. G., 2007. Life cycles and polymorphism. *In*: van Emden H. F. & Harrington R. (eds.), *Aphids as Crop Pests*, Ed. CAB International (UK), 69 - 85.
- Wójcicka A., 2010. Cereal phenolic compounds as biopesticides of cereal aphids. *Polish Journal of Environmental Studies* **19** (6), 1337 - 1343.
- Xiao Y.-J., Hu M. & Tomlinson B., 2014. Effects of grapefruit juice on cortisol metabolism in healthy male Chinese subjects. *Food and Chemical Toxicology* **74**, 85 - 90.
- Xu W., Qu W., Huang K., Guo F., Yang J., Zhao H. & Luo Y., 2007. Antibacterial effect of Grapefruit Seed Extract on food-borne pathogens and its application in the preservation of minimally processed vegetables. *Postharvest Biology and Technology* **45**, 126 - 133.
- Yahiaoui D., 2010. Assessment of genetic diversity of Mediterranean Citrus Tristeza Virus (CTV) isolates and genomic RNA variability associated to their vector transmission. Thèse de doctorat en Technologie Phytosanitaire, Università Degli Studi Di Catania, 155 p.
- Yahiaoui D., Addante R., Djelouah K. & D'Onghia A. M. 2009. Preliminary monitoring of *Citrus tristeza virus* (CTV) vectors in Apulia region. *Options Méditerranéennes* **B 65**, 173 - 175.
- Yahiaoui D., Djelouah K., D'Onghia A.M. & Catara A., 2012. Genetic diversity and epidemiological study of some Mediterranean CTV populations. *In*: 28th International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People, 22 - 27 August 2010, Portugal.
- Yamasaki Y., Kunoh H., Yamamoto H. & Akimitsu K., 2007. Biological roles of monoterpene volatiles derived from rough lemon (*Citrus jambhiri* Lush) in citrus defense. *Journal of General Plant Pathology* **73** (3), 168 - 179.

- Yin X., Gyles C. L. & Gong J., 2012. Grapefruit juice and its constituents augment the effect of low pH on inhibition of survival and adherence to intestinal epithelial cells of *Salmonella enterica* serovar *Typhimurium* PT193. *International Journal of Food Microbiology* **158**, 232 - 238.
- Yokomi R. K., 2009. Citrus tristeza virus. *Options Méditerranéennes* **B 65**, 19 - 33.
- Yokomi R. K. & Garnsey S. M., 1987. Transmission of citrus tristeza virus by *Aphis gossypii* and *Aphis citricola* in Florida. *Phytophylactica* **19** (2), 169 - 172.
- Yoldaş Z., Güncan A. & Koçlut T., 2011. Seasonal occurrence of aphids and their natural enemies in Satsuma mandarin orchards in Izmir, Turkey. *Türkiye Entomoloji Dergisi* **35** (1), 59 - 74.
- Youseif S. H., El-Halwagi A., Sayed H. A. & El-Itriby H. A., 2014. Chemical analyses, antibacterial activity and genetic diversity assessment of some Egyptian *Citrus* spp. cultivars. *African Journal of Biotechnology* **13** (26), 2626 - 2636.
- Zamoum T., Simon J. C., Crochard D. Ballanger Y., Lapchin L., Vanlerberghe-Masutti F. & Guillemaud T., 2005. Does insecticide resistance alone account for the low genetic variability of asexually reproducing populations of the peach potato aphid *Myzus persicae*? *Heredity* **94**, 630 - 639.
- Zemzami M., Benali D., Moukhtari A. & Soulaymani A., 2009. Historical review of Citrus Tristeza in Morocco. *Options Méditerranéennes* **B 65**, 95 - 101.
- Zhang Y., Wang L., Wu K., Wyckhuys K. A. & Heimpel G. E., 2008. Flight performance of the soybean aphid, *Aphis glycines* (Hemiptera: Aphididae) under different temperature and humidity regimens. *Environmental Entomology* **37** (2), 301 - 306.
- Zitoudi K., Margaritopoulos J. T., Mamuris Z. & Tsitsipis J. A., 2001. Genetic variation in *Myzus persicae* populations associated with host-plant and life cycle category. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **99**, 303 - 311.
- Zucker W. V., 1982. How aphids choose leaves: The roles of phenolics in host selection by a galling aphid. *Ecology* **63** (4), 972 - 981.
- Zytynska S. E., Frantz L., Hurst B., Johnson A., Preziosi R. F. & Rowntree J. K., 2014. Host-plant genotypic diversity and community genetic interactions mediate aphid spatial distribution. *Ecology and Evolution* **4** (2), 121 - 131.

## ***Résumé***

Un suivi mensuel de la dynamique des populations des pucerons présents sur quatre espèces d'agrumes a été effectué dans une ferme démonstrative de l'ITAF située dans la commune d'Emjez Edchich (wilaya de Skikda) entre janvier 2012 et décembre 2013. En plus, une estimation de la variation des infestations des aphides sur trois variétés de mandarinier a été effectuée. En outre, des mensurations morphométriques et des analyses chimiques sont réalisées afin d'interpréter les différences intraspécifiques et interspécifiques en matière d'infestations aphidiennes. Enfin, le polymorphisme génétique d'*Aphis spiraecola* a été étudié tout en utilisant la technique RAPD-PCR.

Les résultats obtenus ont permis d'abord de mettre en évidence une richesse qualitative de 7 espèces d'aphides inféodées aux agrumes dans cette région (*Aphis spiraecola*, *A. gossypii*, *A. nerii*, *A. craccivora*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Myzus persicae* et *Toxoptera aurantii*). En plus de son installation sur l'oranger, le mandarinier, le citronnier et le pomelo, l'espèce *A. spiraecola* est la plus dominante. L'oranger, semble être le plus favorable à la multiplication des aphides. Il est remarqué des fluctuations importantes de la faune aphidienne en fonction des saisons et des années. La comparaison intraspécifique, a révélé que la variété de mandarinier Ortanique est la plus attractive et la plus favorable aux pullulations des pucerons comparativement à Commune et Carvalhal. En ce qui concerne la comparaison entre les deux périodes de croissance des agrumes, il est remarqué des variations des richesses des jeunes feuilles en éléments minéraux et les infestations aphidiennes. Cependant, l'analyse statistique n'a montré aucune corrélation significative entre ces deux paramètres. A propos de l'étude du polymorphisme génétique d'*A. spiraecola*, l'étude a montré des différences importantes en fonction de l'espèce d'agrumes.

***Mots clés*** : pucerons, agrumes, variétés de mandarinier, poussées de sève, polymorphisme génétique, Skikda

## ملخص

تم رصد ديناميكية حشرات المن شهريا على أربعة أنواع من الحمضيات بين يناير 2012 وديسمبر 2013 في بستان نموذجي تابع للمعهد التقني لزراعة أشجار الفاكهة يقع في بلدية أمجاز ديشيش بولاية سكيكدة. بالإضافة إلى ذلك، قورنت حساسية ثلاثة أصناف من اليوسفي للمن. أيضا، تم قياس بعض الصفات المورفولوجية لأصناف الحمضيات المدروسة و كذا كمية بعض المواد الكيميائية في الأوراق لمعرفة علاقتها بدرجة الإصابة. بالإضافة إلى هذا، تمت دراسة تعدد الأشكال الجيني لنوع *spiraecola* *Aphis* باستخدام تقنية RAPD-PCR .

سمحت نتائج هذه الدراسة بإثبات ثراء نوعي يتمثل في سبعة أنواع من المن تهاجم الحمضيات في هته المنطقة ( *A. spiraecola*, *Toxoptera* و *A. gossypii*, *A. nerii*, *A. craccivora*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Myzus persicae* *Aurantii*). بالإضافة إلى مهاجمته أربعة أنواع من الحمضيات، *A. spiraecola* كانت أكثر الأنواع تواجدا. بصفة عامة، بدت شجرة البرتقال أكثر الأنواع عرضة لحشرات المن. كذلك، لوحظت تقلبات كبيرة في أعداد حشرات المن حسب الفصول و حسب السنوات. فيما يتعلق بالمقارنة بين ثلاثة أصناف من اليوسفي، كان صنف أورتانيك الأكثر ملاءمة لحشرات المن. وفيما يخص المقارنة بين اثنين من أكثر الفترات التي تنتشر فيها حشرات المن، لوحظ الاختلاف بين فترتي الخريف والربيع لكل من درجة الإصابة، و كمية خمسة معادن في الأوراق. ومع ذلك، فإن التحليل الإحصائي لم يظهر وجود علاقة ذات دلالة إحصائية بين هذين المعيارين. في الأخير، أظهرت دراسة تعدد الأشكال الجيني لحشرات المن الأخضر مأخوذة من أصناف مختلفة من الحمضيات، أن تنوعها الوراثي يتأثر فقط بنوع الشجرة المضيفة.

كلمات مفتاحية : المن، الحمضيات، أصناف اليوسفي، تدفق النسغ، تعدد الأشكال الوراثي، سكيكدة

## Abstract

Monthly monitoring of the population dynamics of the aphids present on four citrus species was carried out in a demonstration farm of the ITAF located in the commune of Emjez Edchich (wilaya of Skikda) between January 2012 and December 2013. In addition, an estimate of the variation in aphid infestations on three mandarin varieties was made. Furthermore, morphometric measurements and chemical analyzes are performed to interpret intraspecific and interspecific differences in aphid infestations. Finally, the genetic polymorphism of *Aphis spiraecola* was studied using the RAPD-PCR technique.

The results obtained revealed a qualitative richness of 7 species of aphids infested citrus trees in this region (*Aphis spiraecola*, *A. gossypii*, *A. nerii*, *A. craccivora*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Myzus persicae* and *Toxoptera Aurantii*). In addition to its establishment on orange, mandarin, lemon and pomelo, *A. spiraecola* was the most dominant species. The orange trees seem to be the most favorable to the multiplication of aphids. There are significant fluctuations of aphids, depending on the season and the year. The intraspecific comparison revealed that the variety of mandarin Ortanique was the most attractive and the most favorable to the proliferation of the aphids compared to Commune and Carvalhal. As regards the comparison between the two periods of growth of citrus trees, variations in the richness of young leaves in mineral elements and aphid infestations, were observed. However, the statistical analysis showed no significant correlation between these two parameters. About the study of the genetic polymorphism of *A. spiraecola*, the study showed significant differences depending on the species of citrus fruit.

**Keywords** : aphids, citrus, mandarin varieties, growth flush, genetic polymorphism, Skikda