

*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche*  
*Scientifique*  
Université A. MIRA - Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département des Sciences Biologiques de  
l'Environnement Filière : Santé et Environnement  
Option : Environnement et Santé Publique



Réf :.....

Mémoire de Fin de  
Cycle  
En vue de l'obtention du diplôme

**MASTER**

*Thème*

**Estimation de l'infestation de quelques  
vergers d'agrumes par la cératite (*Ceratitis  
capitata* Wied., 1824) et aperçu sur les  
stratégies de lutte dans la wilaya de Bejaia.**

Présenté par :

**Ben Ayache Djalal & Zireg Mohamed**

Soutenu le : 12-06-2016

Devant le jury composé de :

M <sup>r</sup> Ahmim	M.	MCB	Président
M <sup>r</sup> Dahmana	A.	MAA	Examineur
M <sup>r</sup> Redjdal	A.	MAA	Promoteur

**Année universitaire : 2015 / 2016**

# Remerciements

*Au bon Dieu,*

*Pour la volonté et la patience qu'il nous a donné pour réaliser ce travail.*

*À notre Promoteur de mémoire Mr Redjal Ahcene,*

*Vous nous avez toujours réservé le meilleur accueil, malgré vos obligations Professionnelles. On saisit cette occasion pour vous exprimer notre Profonde gratitude tout en vous témoignant notre respect.*

**Nous tenons** également à remercier Mr Ahmim M et Mr Dehmana A pour le grand honneur qu'ils nous ont fait d'avoir accepté de faire partie de notre jury, trouvez ici l'expression de notre haute considération et de notre profonde gratitude.

**Nous tenons** à exprimer également nos sincères et profonds remerciements aux propriétaires des vergers d'étude (EAC 4, EAC 5, Rehmani, EAC de Merdj ouaman, EAC de Markhouf, Ferme Pilote d'amizour et les vergers d'Ichikar) pour nous avoir permis et facilité la réalisation de notre travail.

**Enfin nous tenons** à exprimer toutes nos reconnaissances à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail par leur soutien moral ou matériel.

# Dédicace

*Avec un cœur débordant d'amour et d'affection, je dédie le fruit de mes études à :*

*Mes parents qui étaient ma source de volonté et de courage, pour leurs sacrifices et leur soutien, aucun mot ne serait exprimer mon profond amour, que dieu les gardes pour nous.*

*Mes grands-parents que j'aime tant, que dieu vous procure une bonne santé et une longue vie.*

*Mes frères, mes sœurs et toute ma famille qui par leurs soutiens et leurs amours, m'ont appris à épanouir et à sourire afin d'être ce que je suis aujourd'hui. Je leur témoigne toutes mes sincères reconnaissances et je profite de l'occasion pour leur dire : « je vous aime très fort »*

*Tous mes amis sans exception, pour les bons moments qu'on a passés ensemble : Mohamed, Amine, Hocine, Riadh, Mohiédine, Yacine, Halim, Hacen, Abdeljalil, Samir, Fateh, Hamid, Papa Namory ...*

*Benayache Djalal*

# Dédicace

*Au nom de dieu le clément miséricordieux*

*Je dédie ce modeste travail :*

*À mes très chers parents auxquels je ne pourrais rendre assez « longue vie »,  
pour leurs patiences leurs amours leurs soutien et leurs encouragements.*

*À mon cher grand-père, en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le  
tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.*

*Mes frères, ma sœur et toute ma famille, avec tous mes vœux de bonheur, de  
santé et de réussite.*

*Tous mes amis et mes camarades sans exception, pour les bons moments qu'on  
a passés ensemble en particulier Aziz et ma chère Sabrina.*

*À toute la famille Zireg de près et de loin et pour tous ceux qui me  
connaissent et qui m'ont aidé.*

*Sans oublier mon binôme Djalal et ces copains de chambre.*

*Zireg Mohamed*

# Sommaire

Liste des figures.....	i
Liste des tableaux.....	ii
Liste des abréviations.....	iii
Introduction générale.....	p01

## *Partie théorique*

### **Chapitre I : Revue bibliographique**

1. La biologie et l'écologie de <i>Ceratitis capitata</i> (Wied, 1824).....	p03
1.1.Nomenclature et position systématique.....	p03
1.2.Origine et répartition géographique de la cératite.....	p03
1.3.Caractéristiques morphologiques.....	p04
1.4.Cycle de développement de la cératite.....	p06
1.5.Nombre de générations.....	p08
1.6.Longévité des adultes.....	p08
1.7.L'impact des facteurs écologiques sur la cératite.....	p09
2. Plantes hôtes et dégâts de la cératite .....	p10
2.1.Généralités sur les relations plantes – insectes.....	p10
2.2.Généralités sur les plantes hôte.....	p11
2.3.Les dégâts de la cératite.....	p18
3. Moyens de lutte contre la cératite.....	p18
3.1.Méthodes préventives et culturales.....	p18
3.2.Lutte biologique.....	p19
3.3.Lutte biotechnique.....	p19
3.4.lutte chimique.....	p21

## *Partie Pratique*

### **Chapitre II : Matériels et méthodes**

1. Caractéristique climatique de la zone d'étude.....	p26
1.1.Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen.....	p26
2. Présentation des différents vergers d'études.....	p27
2.1.La ferme pilote d'Amizour.....	p28
2.2.Verger Rehmani.....	p28
2.3.Verger EAC (Exploitations Agricoles Collective) Merkhouf.....	p29
2.4.Verger EAC n°04.....	p30
2.5.Verger EAC n°05.....	p30
2.6.Verger EAC de Merdj Ouamane.....	p31
2.7.Verger Ichikar Ouest.....	p32
2.8.Verger Ichikar Est.....	p32
3. La méthodologie.....	p33
3.1.La technique d'échantillonnage des données sur l'infestation par la cératite.....	p33
3.1.Les paramètres à étudier.....	p33
3.2.Établissement du questionnaire.....	p34

3.3.Analyse statistique.....	p34
<b>Chapitre III : Résultats</b>	
1. Estimation de l'ampleur des dégâts causés par la cératite sur les agrumes.....	p35
1.1.Le taux de fruit piqués dans les vergers.....	p36
1.2.Quantification de la charge des piqures par fruit.....	p36
1.3.L'effet attractif des variétés d'agrumes sur la cératite.....	p36
1.4.L'influence de l'exposition sur l'infestation des agrumes par la cératite.....	p38
2. Estimation de l'efficacité de la lutte chimique adoptée contre la cératite.....	p39
2.1.Effet de la lutte chimique sur la réduction de l'infestation.....	p39
2.2.Effet des traitements chimiques sur la limitation de la charge des piqures.....	p40
3. État des connaissances sur les ravageurs des agrumes et les techniques culturales et phytosanitaires utilisées dans la région de Bejaia.....	p41
3.1.Les pratiques culturales.....	p41
3.2.La connaissance des ravageurs des agrumes.....	p41
3.3.L'application des produits phytosanitaire contre la cératite.....	p42
3.4.Les techniques alternatives de lutte contre la cératite.....	p43
<b>Chapitre IV : Discussion</b>	
1. Estimation de l'ampleur des dégâts causés par la cératite sur les agrumes.....	p44
2. Estimation de l'efficacité de la lutte chimique adoptée contre la cératite.....	p45
3. État des connaissances sur les ravageurs des agrumes et les techniques culturales et phytosanitaires utilisées dans la région de Bejaia.....	p46
<b>Conclusion générale.....</b>	p48
<b>Références bibliographiques.....</b>	p50
<b>Annexes</b>	
<b>Résumé –Abstract</b>	

<b>Figure 01</b> : Œufs de <i>C. capitata</i> .....	p04
<b>Figure 02</b> : larve de troisième stade de <i>C. capitata</i> .....	p05
<b>Figure 03</b> : Pupes de <i>C. capitata</i> .....	p05
<b>Figure 04</b> : Adulte mâle et femelle de <i>C. capitata</i> .....	p06
<b>Figure 05</b> : Cycle de développement de <i>C. capitata</i> .....	p08
<b>Figure 06</b> : Origine des formes cultivées d'agrumes.....	p12
<b>Figure 07</b> : Photo d'un fruit d'orange de la variété Thomson.....	p14
<b>Figure 08</b> : Photo d'un fruit de Satsuma Wase.....	p14
<b>Figure 09</b> : Photographie de fruit de Citron Eureka Frost.....	p14
<b>Figure 10</b> : Photo d'un fruit de Bigaradier.....	p15
<b>Figure 11</b> : Photo d'un pomelo à pulpe sanguin et à pulpe blonde.....	p15
<b>Figure 12</b> : Photographie d'un Cédratier.....	p16
<b>Figure 13</b> : Photographie d'un Kumquat.....	p16
<b>Figure 14</b> : Photographie des Pamplemousses blanc, rose et sanguin.....	p16
<b>Figure 15</b> : Photo de fruit de Clémentine.....	p17
<b>Figure 16</b> : Photo de fruit de Lime Mexicaine ( <i>Citrus aurantifolia</i> ).....	p17
<b>Figure 17</b> : Piqures de la cératite sur la variété Thomson naval.....	p18
<b>Figure 18</b> : Développement d'une Piqures de la cératite sur la variété de Mandarinier.....	p18
<b>Figure 19</b> : Piège McPhail.....	p21
<b>Figure 20</b> : Courbe ombrothermique de la région de Bejaia durant l'année 2015.....	p27
<b>Figure 21</b> : Carte géographique de la zone d'étude.....	p27
<b>Figure 22</b> : Image satellite de la ferme pilote d'Amizour.....	p28
<b>Figure 23</b> : Image satellite du verger Rehmani.....	p29
<b>Figure 24</b> : Image satellite du verger EAC Merkhouf.....	p29
<b>Figure 25</b> : Image satellite du verger EAC n°4.....	p30
<b>Figure 26</b> : Image satellite du verger EAC n°5.....	p31
<b>Figure 27</b> : Image satellite du verger EAC de MerdjOuamane.....	p31
<b>Figure 28</b> : Image satellite du verger Ichikar, ouest Tazmalt.....	p32
<b>Figure 29</b> : Image satellite du verger Ichikar Est, Tazmalt.....	p33
<b>Figure 30</b> : Taux global des fruits piqués et sains.....	p36
<b>Figure 31</b> : Nombre moyen des piqures par fruit dans chaque verger.....	p36
<b>Figure 32</b> : Taux de fruits piqués et sains selon la variété.....	p37
<b>Figure 33</b> : Nombre moyen de piqures/fruit selon la variété d'agrumes.....	p37
<b>Figure 34</b> : Taux de fruits piqués et sains selon l'exposition.....	p38
<b>Figure 35</b> : Nombre moyen de piqures/fruit selon l'exposition.....	p39
<b>Figure 36</b> : Taux de fruits piqués et sains dans les vergers traités et non traités.....	p40
<b>Figure 37</b> : Nombre moyenne des piqures par fruit selon le nombre de traitement chimique.....	p40
<b>Figure 38</b> : Période de récolte des fruits.....	p41
<b>Figure 39</b> : Nombre d'utilisateurs de produits phytosanitaires (P.PH).....	p42
<b>Figure 40</b> : Fréquence d'utilisation des insecticides par les agriculteurs durant l'année.....	p43
<b>Figure 41</b> : Pourcentage d'agricultures ayant bénéficié des conseils sur l'usage des pesticides.....	p43

<b>Tableau I :</b> Répartition et date de la première observation de <i>C. capitata</i> dans les pays endémiques.....	p04
<b>Tableau II :</b> Taux des fruits piqués et sains dans chaque verger.....	p35
<b>Tableau III :</b> Nombre d'agriculteurs distinguant entre les différents ravageurs des agrumes.....	p41



**A.I.E.A** : Agence International d'Énergie Atomique

**AChE** : Acétylcholinestérase

**ANOVA** : **analysis of variance**

**C. capitata** : *Ceratitidis capitata*

**DAS** : Domaine Agricole Socialiste

**ddl** : degré de liberté

**DDT** : Dichlorodiphényltrichloroethane

**EAC** : Exploitation Agricole Collective

**HCB** ou **HCH** : Hexachlorure de benzène

**K-W** : Kruskal –Wallis

**M-W** : Man-Whitney

**NPK** : azote, phosphore, potassium

**OC** : Les organochlorés

**OEPP** : Organisation européenne et méditerranéenne pour la protection des plantes

**OP** : organophosphorés

**POC** : Pesticides organochlorés

**SPSS** : Statistical Package for the Social Sciences

**TEPP** : Tetraethyl pyrophosphate

**TIS** : Technique d'insecte stérile

**USA** : United State of America (État unie d'Amérique)

**X<sup>2</sup> de Persean** : khi-deux de Persean

# INTRODUCTION

Malgré leur rôle primordial dans les écosystèmes, les insectes, qui représentent les trois quarts des espèces animales identifiées, sont encore mal connus. Leur relation avec le règne végétal et l'espèce humaine, que ce soit comme compétiteurs au niveau des cultures ou comme auxiliaires, notamment par la pollinisation, revêt pourtant une importance majeure. (Nicolas Sauvion et *al*, 2013).

Environ 70 espèces de mouches de fruits sont des ravageurs clés des cultures. Plusieurs autres espèces sont plutôt considérées comme des ravageurs secondaires ou potentiels. Parmi lesquelles *Ceratitis capitata* (Wied, 1824) (Diptera : Tephritidae) communément appelée « Mouche méditerranéenne des fruits », est considérée comme étant l'insecte le plus redoutable sur plusieurs plantes (White & Elson-Harris, 1992), et dont la nocivité est la plus conséquente, en raison de sa grande répartition dans le bassin méditerranéen (Lekchiri, 1978 ; Nunez, 1987).

Signalé pour la première fois en Algérie en 1858 (Bodenheimer, 1951), cet insecte a trouvé dans les régions littorales surtout, et dans les oasis, des conditions bioclimatiques favorables à son extension. La cératite est très polyphage, et s'attaque à plus de 350 espèces cultivées qui présentent un intérêt économique considérable (Liquidó et *al*. (1991). Les dégâts provoqués sont de deux sortes : d'une part, nous avons les dommages provoqués par les piqures des femelles causées par les tentatives de pontes qui donnent ainsi aux fruits un mauvais aspect extérieur. D'autre part, nous retenons les dommages provoqués par les larves qui entraînent la pourriture des fruits et ouvrent le chemin pour les moisissures (Cayol et *al*, 1994). Ainsi, la cératite constitue le principal obstacle à la production et à l'exportation des fruits (Oukil et *al*, 2002).

Pour limiter les dégâts occasionnés par ce ravageur, notamment sur les agrumes, on a eu recours à plusieurs procédés de lutte, principalement, la lutte chimique. Cette méthode est efficace lorsqu'elle est bien conduite, mais son inconvénient majeur est son action néfaste sur les équilibres écologiques et sur la santé humaine (CE, 2007 ; Camard, 2010). Des recherches approfondies ont été menées, en vue de substituer aux insecticides d'autres moyens tels que la lutte biologique et la lutte autocide. Cette dernière appelée aussi technique de l'insecte stérile « TIS », l'efficacité de cette méthode au moyen de lâchers de mâles stérilisés aux rayons gamma a été prouvée et a permis de limiter les populations de ce ravageur dans de nombreux pays comme le Maroc, l'Espagne et le Mexique (Oukil, 1995).

En Algérie, la méthode biotechnique n'est pas encore maîtrisée, elle demeure un projet en vue d'éradiquer ce fléau (Anonyme, 2008). La cératite continue à faire des dégâts de plus en plus considérables sur les récoltes ce qui se répercute sur la quantité et la qualité des fruits

commercialisés sur nos marchés. De ce fait, Il parait important d'essayer de quantifier les résultats de la lutte chimique adoptée dans la région de Bejaia en termes de qualité de produits phytosanitaires et de la fréquence de leurs applications. D'autre part, il est indispensable de mettre en lumière toutes les techniques non-chimiques pratiquées par les agriculteurs en vue de réduire l'infestation par la cératite dans les vergers agrumicoles de la wilaya de Bejaia.

L'objectif ce travail est d'estimer la charge de l'infestation par la cératite dans plusieurs vergers de la région de Bejaia. Il est conduit sur quatre variétés d'agrumes dans plusieurs vergers tout en tenant compte si celui a été traité par les pesticides. Un autre aspect également est développé dans le but d'avoir un aperçu sur l'ensemble des pratiques culturales et phytosanitaires suivies par les agrumiculteurs de la wilaya de Bejaia.

Le présent manuscrit est structuré en deux parties essentielles :

- La première est une revue bibliographique sur la bioécologie de *C. capitata*, ses plantes hôtes ainsi que les dégâts occasionnés par ce ravageur et les moyens de lutte.
- La deuxième partie est la partie pratique du manuscrit dans laquelle est présentée la conduite de l'étude et les résultats obtenus. On y trouve successivement la présentation la zone d'étude, la méthodologie de travail sur le terrain et les méthodes d'analyses des données, les résultats interprétés, une discussion de l'ensemble des résultats et enfin conclusion générale qui se termine par des perspectives et des recommandations.

# **PARTIE THÉORIQUE**

## **Chapitre 1**

## 1. La biologie et l'écologie de la *Ceratitis capitata* (Wied, 1824)

### 1.1. Nomenclature et position systématique

L'espèce *Ceratitis capitata* (Wied, 1824) est communément connue sous le nom de Cératite, mouche des fruits ou mouche méditerranéenne des fruits. D'après Seguy (1934) et Dyck *et al.* (2005), *C. capitata* Wied est positionnée comme suit dans la systématique :

- Règne : Animal
- Embranchement : Arthropodes
- Classe : Insectes
- Ordre : Diptères
- Sous ordre : Brachycères
- Division : Cyclorraphes
- Groupe : Schizophores
- Super famille : Trypetidea
- Famille : Tephritidae
- Genre : *Ceratitis*
- Espèce : *Ceratitis capitata*.

### 1.2. Origine et répartition géographique de la cératite

L'aire de répartition de la cératite est très vaste dans le monde (tableau I). Néanmoins, ce n'est qu'en 1858 que l'on a découvert en Algérie pour la première fois (Liquidó *et al.*, 1990 ; Jerraya, 2003). La cératite préfère les climats relativement chauds et secs. Les adultes peuvent se disperser sur environ deux kilomètres à la faveur du vent et ne peuvent jamais migrer ou parcourir de plus longues distances (Buyckx, 1994).

L'Afrique tropicale et plus particulièrement l'Afrique occidentale, où vivaient plusieurs hyménoptères parasites indigènes de la cératite, est probablement l'habitat d'origine de ce diptère. Balachowsky (1950) considère qu'elle est originaire de la région paléarctique Sud-occidentale notamment du sud marocain, dans la région du Souss. *C. capitata* a été signalée pour la première fois en 1817 dans l'aire géographique de l'Océan Indien (Bodenheimer, 1951). Selon Buyckx (1994), son origine est plus précisément l'Afrique sub-saharienne à partir de laquelle elle s'est répandue dans les deux hémisphères à une latitude dépassant parfois 40°. Au-delà de cette latitude, la survie de la cératite est limitée par les températures hivernales très basses (voir annexe 01 : Répartition géographique de *C. capitata*).

**Tableau I** : Répartition et date de la première observation de *C. capitata* dans les pays endémiques (OEPP, 1996)

Amérique centrale	USA	Pacifique	Europe	Afrique	Proche Orient
Brésil 1901 Argentine 1905 Paraguay 1951 Costa-Rica 1955 Pérou 1956 Equateur 1976 Chili 1963 Nicaragua 1961 Panama 1963 Salvador 1975 Guatemala 1975 Mexique 1977	Floride 1929 Texas 1966 Californie 1975 Hawaii 1910	Australie 1898 Tasmanie 1900	Espagne 1842 Malte 1845 Italie 1863 Sicile 1878 France 1900 Turquie 1994 Hongrie 1904	Algérie 1858 Tunisie 1885 A. du Sud 1889 Égypte 1904 Madagascar 1915	Liban 1904 Palestine 1904

### 1.3. Caractéristiques morphologiques

#### 1.3.1. L'œuf :

Il est lisse, brillant et de couleur translucide lorsqu'il est fraîchement pondu puis devient blanc nacré. Sa forme est allongée et arquée en son milieu, convexe du côté dorsal et concave du côté ventral. Sa longueur fait entre 0,9 et 1.1mm et la largeur entre 0,20 à 0,25 mm (Balachowsky et Mensil, 1935 ; Bodenheimer, 1951). (figure01)



**Figure 01** : Œufs de *C. capitata* (www.forestryimages.org)

#### 1.3.2. La larve

La larve communément appelée asticot, est acéphale, apode, lisse et de couleur blanc crème. Elle mesure environ 1mm à l'éclosion et atteint 7 à 8 mm à son troisième et dernier stade. Elle est de forme conique effilée dans sa partie antérieure et sub-cylindrique et tronquée dans sa partie postérieure. Les antennes bien qu'elles existent, sont peu visibles. Les pièces buccales sont réduites à des crochets mandibulaires de couleur noire (figure02). Les trois stades larvaires se différencient par le nombre, la forme et la taille des stigmates ainsi que la morphologie des crochets mandibulaires (Thomas *et al.*, 2001 ; Jerraya, 2003). La larve du 3ème stade est caractérisée par la présence de stigmates postérieurs fortement chitineux. Elle ne rejette pas son exuvie larvaire mais s'en sert pour élaborer un puparium à l'intérieur duquel elle se nymphose (White et Elson-Harris, 1992).



**Figure 02** : larve de troisième stade de *C. capitata*(www.inra.fr).

### 1.3.3. La puppe

Elle a la forme d'un petit tonnelet arrondi (figure 03). Elles mesurent environ 5mm de longueur et 2mm de diamètre, d'une couleur brun clair pour les jeunes pupes et brun foncé pour les pupes âgées (Bodenheimer, 1951 ; Weems,1981).



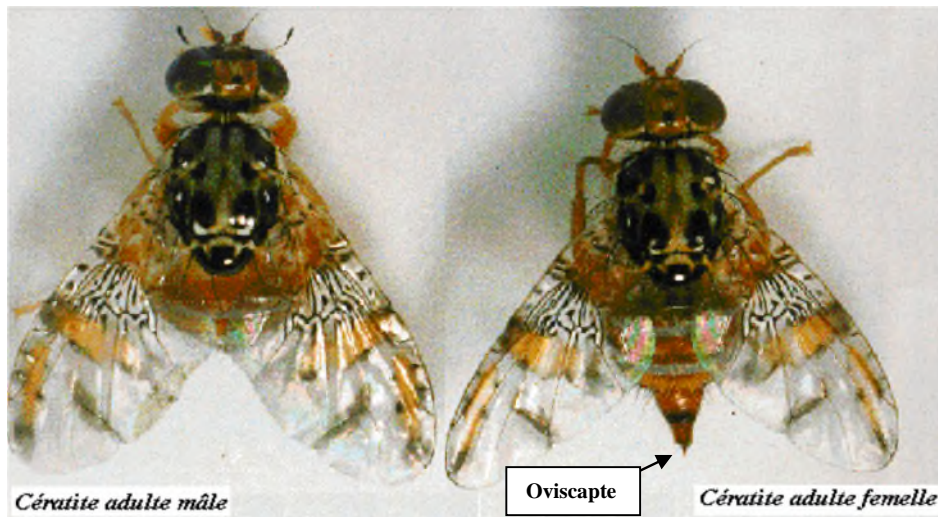
**Figure 03** : Pupes de *C. capitata* (www.inra.fr)

### 1.3.4. L'adulte :

L'imago est une mouche de 4,5 à 6 mm de long. Il est caractérisé par un mesonotum noir luisant, avec quatre bandes grises, une tête d'un blanc jaunâtre avec une bande brune claire entre les deux yeux qui sont pourpres à reflets dorés (Feron,1962 ; White & Elson- Harris,1992). L'abdomen est brun jaunâtre avec des bandes transversales grises. Les ailes sont larges et présentent trois bandes orangées.

Les deux sexes sont facilement distinguables grâce à deux caractéristiques morphologiques ; le mâle est muni de soies céphaliques orbitales noires et aplaties en lamelle à l'apex dont le rôle est inconnu, contrairement à la femelle, qui par ailleurs, possède une tarière de ponte bien visible (oviscapte) (Duyck, 2005). (figure 04)





**Figure 04** : Adulte mâle à gauche, adulte femelle à droite de *C. capitata*  
(analarcher.wordpress.com)

#### 1.4. Cycle de développement de la cératite

Les adultes récemment émergés se nourrissent de substances sucrées présentes sur les arbres fruitiers des sécrétions glandulaires des plantes, du nectar, des exsudations de sève, du miellat des Hémiptères (Djazouli *et al.*, 2004). Les femelles ont, en outre, besoin de protéines afin de réaliser leur maturation sexuelle (dont la durée varie entre 4 et 10 jours) et élaborer leurs œufs (Zuccoloto *et al.*, 2005). Une fois ils ont acquis leur maturité sexuelle (2 à 4 jours après l'émergence), les mâles se rassemblent en groupes sur les plantes et émettent ensemble une phéromone sexuelle attirant les femelles (Zuccoloto *et al.*, 2005). Quand la femelle s'approche, le mâle initie un rituel qui consiste à secouer la tête et à faire vibrer les ailes en avant et en arrière. Si la femelle est réceptive la copulation aura lieu (Féron, 1962 ; Arita et Kaneshiro, 1985, 1989 ; Briceno *et al.*, 1996).

##### 1.4.1. La ponte et le développement des œufs

L'activité de ponte se manifeste à une température supérieure ou égale à 15°C. Les femelles âgées de dix jours entament une phase exploratoire pour choisir le site de ponte (Seguy, 1951). Lors de cette phase, les stimuli visuels sont d'une importance majeure pour la localisation du site de ponte. La période d'attractivité de la plante hôte ainsi que l'intensité de la stimulation procurée par cette dernière sont des facteurs déterminants de l'activité de ponte chez la cératite. Les fruits des cultures hôtes sont réceptifs à la cératite à partir de leur véraison jusqu'à leur maturité. En outre le fruit serait d'autant plus réceptif s'il présente un grand calibre, une surface sèche et une couleur jaunâtre (Féron, 1962). Et les fruits les plus aromatiques (fruits à noyaux, agrumes), de couleur vive proche de la maturation (Delrio, 1985).

Une fois sur le fruit, la femelle l'explore par sa trompe et marque un territoire de ponte. À l'aide de son oviscapte, elle dépose ses œufs sous l'épiderme des fruits à une profondeur de

2 à 5 mm par petits paquets (2 à 10 œufs) dont le nombre varie avec la taille du fruit hôte. Elle profite parfois d'une blessure de l'épiderme ou du trou de ponte d'une autre femelle pour y enfoncer sa tarière et déposer ses œufs. Après la ponte, la femelle dépose autour du point de piqûre une phéromone de marquage (Fletcher, 1989). Cependant, ceci n'empêche pas d'autres femelles de pondre sur le même fruit (Jerraya, 2003),

Durant sa vie, une femelle est capable de pondre entre 300 et 1000 œufs (Donald et Mc Innis, 1985). À des températures allant de 24 à 38°C, les œufs éclosent au bout de 24 à 72 heures d'incubation (Hasnaoui, 1974).

#### **1.4.2. Le développement des larves**

Après l'éclosion des œufs, les larves s'enfoncent dans la pulpe du fruit (Hasnaoui, 1974). La durée du développement larvaire varie selon l'espèce fruitière, le degré de maturité des fruits et leur richesse en protéines ainsi que les conditions climatiques (Carey, 1984 ; Zuccoloto *et al.*, 2005). À titre d'exemple, à des températures comprises entre 22 et 25°C, la durée de vie larvaire est de 20 à 30 jours sur papayes et d'une vingtaine de jours sur oranges mûres (Back et Pemperton, 1918 ; Gahbiche, 1993).

Au terme de leur développement, les asticots quittent le fruit d'une brusque détente pour passer dans le sol à une faible profondeur où elles se transforment en pupe (Smith, 1989). Plus la texture de la terre est grossière plus la pénétration est rapide (Delanoue et Sources, 1953). Bodenheimer (1951) a décrit le saut larvaire de cet insecte ; la larve L3 forme un ressort en se tordant par accrochage de la partie postérieure de son abdomen.

La détente provoque, par la suite, le saut larvaire qui peut atteindre une longueur de 20 cm (Balachowsky et Mensil, 1935 ; Féron, 1962 ; White et Elson Harris, 1992 ; Thomas *et al.*, 2001). Le saut effectué est stimulé par la lumière, il atteint son maximum à l'aube (Hasnaoui, 1974) et se poursuit jusqu'à un peu avant le lever du soleil (Causse, 1974). Néanmoins, son rythme peut être perturbé par les pluies (Féron *et al.*, 1958 ; Smith, 1989).

#### **1.4.3. La pupaison et émergence des adultes**

La pupaison est une phase qui correspond à des transformations profondes. Sa durée varie selon la température et l'humidité du sol (Fletcher, 1989 ; Robacker, 2000). Elle peut s'effectuer en 9 jours comme elle peut s'étendre sur 80 jours (Bodenheimer, 1951). L'émergence des adultes commence à l'aube (Smith, 1989) et dure jusqu'au début de la matinée (Fletcher, 1989).

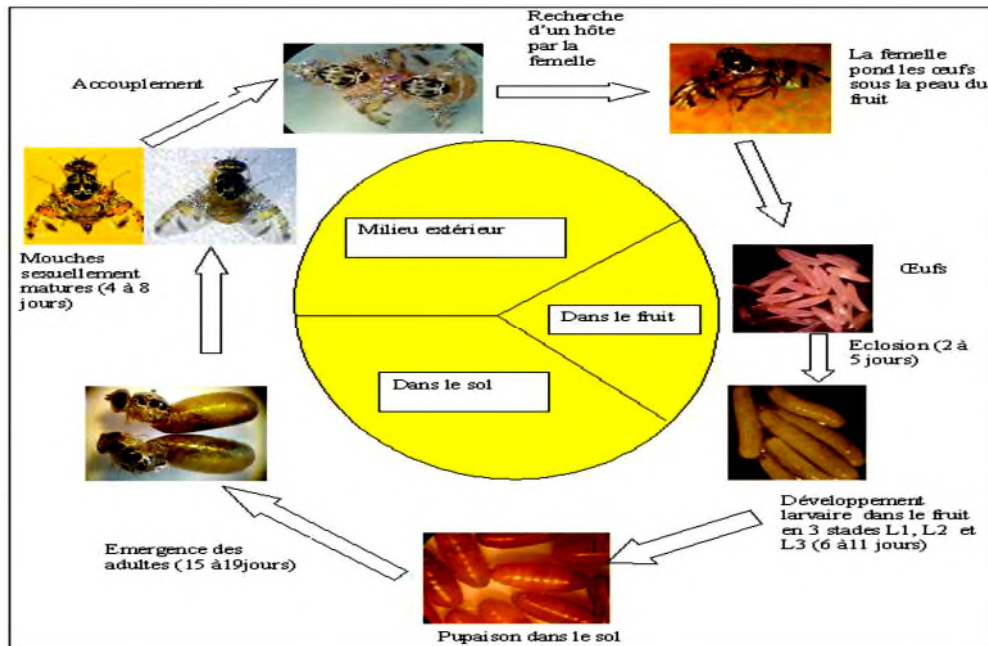


Figure 05 : Cycle de développement de *C. capitata* (Khimoud et Louni, 2008)

### 1.5. Nombre de générations

L'évolution complète de la cératite est très variable pour une même région. Elle dépend des facteurs climatiques, particulièrement la température mais également des espèces fruitières sur lesquelles ont lieu les pontes (Ramade, 2003). Ainsi, on dénombre 12 à 13 générations à Honolulu, 12 à Calcutta, 9 au Caire, 6 à 7 dans le Sud de l'Italie, 5 sur le littoral algérien, 3 ou 4 à Nice et 2 dans la région parisienne (Balachowsky et Mesnil, 1935).

Oukil (1995) a résumé le nombre de générations possibles en Algérie comme suit (annexe02) :

- la première génération qui a lieu en mars- avril ne se trouve que sur les oranges tardives ;
- la deuxième génération est composée d'individus peu nombreux et passe presque inaperçue au cours du mois de mai ;
- la troisième génération apparaît en juillet où on assiste à des pertes sur des fruits à noyaux (pêche, abricot, prune) ;
- la quatrième génération s'étale de la fin août jusqu'au début du mois de septembre ;
- les deux dernières générations se développent sur les agrumes.

### 1.6. Longévité des adultes

La longévité des adultes de la cératite peut être très importante (Balachowsky et Mesnil, 1935). En absence de nourriture, les adultes meurent 2 ou 4 jours après l'émergence. Habituellement 50% des mouches meurent pendant les premiers mois qui suivent l'émergence, quelques adultes peuvent vivre jusqu'à une année ou plus, lorsque la nourriture est disponible et les conditions climatiques sont favorables (Weems, 1981).

## **1.7. L'impact des facteurs écologiques sur la cératite**

### **1.7.1. La température**

D'après Nunez (1987), la cératite a fait preuve d'une grande tolérance à la chaleur et au froid. Elle allonge la durée de son développement larvaire dans les régions tempérées et la raccourcit dans les contrées tropicales. D'après les travaux de Bodenheimer (1951), Nunez (1987) et Duyck et Quilici (2001), la température agit sur toutes les fonctions vitales de la cératite. La fécondité journalière est augmentée en jours ensoleillés ; le nombre de générations s'élève dans les régions chaudes ; les adultes ne supportent pas les fortes températures qui dépassent 45°C ainsi que les basses températures (inférieures à 10°C) surtout si elles sont accompagnées de pluie ; les œufs deviennent infertiles à des températures minimales de 4 à 7°C et il en est de même pour les fortes températures de l'ordre de 35°C. Cependant, les pupes se montrent plus résistantes aux variations thermiques ; elles survivent à des intervalles allant de -6° à 45°C (Delrio, 1985).

### **1.7.2. L'humidité relative**

Les adultes sont inactifs en période de pluie. Cependant, la sécheresse et le manque d'humidité les gênent et les obligent ainsi à se déplacer à la recherche de l'eau (Nunez, 1987). Selon Feron (1957) et Shoukry & Hafez (1979) le taux d'humidité relative de l'air le plus favorable au développement de la cératite se situe entre 60 et 70 %.

### **1.7.3. Les vents**

Les vents chauds et les vents secs gênent l'activité des adultes et peuvent les exterminer (Delrio, 1985). Le vent est un facteur important de dispersion, mais gêne considérablement la mouche qui préfère les plantations denses et les arbres touffus (Soria, 1963).

### **1.7.4. Les facteurs édaphiques**

La pupaison chez la mouche méditerranéenne des fruits se fait dans le sol. Ce dernier joue un rôle prépondérant dans la dynamique des populations de ce ravageur. En effet, en sol à texture fine, la pénétration de la larve est difficile et parfois les pupes se forment en surface ; par contre, en sol à texture grossière, la pénétration est rapide et profonde (Delanoue et Soria, 1954). Medouhes et Kaci (1997) ainsi que Ali Ahmed- Sadoudi (2007) ont démontré que certains sols s'avèrent favorables à la réduction des populations de la cératite.

## **2. Plantes hôtes et dégâts de la cératite**

### **2.1. Généralités sur les relations plantes – insectes**

#### **2.1.1. Mécanisme de localisation de la plante hôte**

De nombreux insectes utilisent des plantes pour se nourrir, se reproduire ou s'abriter. Certains utilisent une large gamme de plantes (polyphages) tandis que d'autres se contentent d'un nombre assez restreint ou d'une seule espèce de plante (oligophages ou monophages). Toutefois dans les relations plantes-insectes, la polyphagie est le type dominant (Jolivet, 1992). Le choix de la plante est déterminé par un certain nombre de mécanismes qui mettent en évidence la vision, l'olfaction, le toucher et la gustation (Dicke et Van Loon, 2000 ; Descoins, 2007). La localisation à distance se fait grâce aux substances volatiles émises par la plante hôte (Ferry, 2007).

Ces composés spécifiques à chaque plante hôte transmettent des informations particulières à des espèces d'insectes spécifiques. Selon Carrière et Roitberg (1995) la spécificité d'un insecte sur une plante hôte aurait alors un fondement génétique. Une fois la plante hôte localisée, sa réceptivité devient fonction de son architecture, de sa phénologie, de sa couleur et de son intensité spectrale (Barbosa et Wagner, 1989 ; Hance, 2001).

#### **2.1.2. Interactions résultant de l'action des phytophages sur les plantes hôtes**

L'utilisation de la plante hôte par un insecte peut engendrer plusieurs autres types d'interactions qui se traduisent par la résistance de la plante hôte, la compétition intra et interspécifique par rapport à l'utilisation de la même ressource ainsi que les interactions Proies prédateurs. Et selon Hance (2001) et Bauce et *al.* (2001), la plante peut résister à un insecte phytophage :

- a) Grâce à sa capacité à supporter les dégâts engendrés par celui-ci (tolérance) ;
- b) Par la production de substances toxiques (antibiose) ;
- c) Par des barrières physiques (non-préférence).

La compétition intra et inter spécifique des phytophages vis-à-vis de la ressource se traduit essentiellement par l'exclusion d'un insecte par un autre de la même espèce ou non. Celle-ci est plus perceptible dans le cas de l'ovipositeur où il y a reconnaissance par une autre femelle d'un fruit préalablement occupé grâce à la présence de phéromone anti-ovipositeur déposée à la surface du fruit par la première (Descoins, 2007).

Enfin l'action d'un phytophage sur une plante hôte peut permettre sa localisation par ses prédateurs. Pour certains auteurs comme Dicke (1999) ce sont les *synomones* (substances chimiques émises par la plante) qui fournissent au prédateur une information très spécifique quant à l'herbivore qui en induit la production. Pour Brévault (1999) et Descoins (2007) par

contre ce sont les *kairomones* émises par le phytophage qui permettent sa détection par son prédateur. Quant à Reddy et al (2002), les prédateurs sont capables de reconnaître à la fois des *kairomones* et des *synomones* au cours de la recherche de leurs proies. Vet et Dicke (1992) précisent que la détection à distance se fait grâce aux *synomones* et la localisation précise de la proie sur la plante par les *kairomones*.

## 2.2. Généralités sur les plantes hôte

Selon Delassus et al., (1931), les Citrus ne sont pas les seules plantes attaquées par la cécidite en Algérie. C'est un ravageur clé des agrumes et des fruits à noyau (Mazouzi, 1992). Les larves de la cécidite sont observées sur une gamme très étendue de fruits non apparentés. Nous citons les pêches (*Prunus persica*), les abricots (*Prunus americana*), les plaquemines (*Diospiros kaki*), les prunes (*Prunus domestica*), les poires (*Pyrus communis*), les pommes (*Malus domestica*), les figues (*Ficus carica*), et également des cultures maraichères, le caféier...

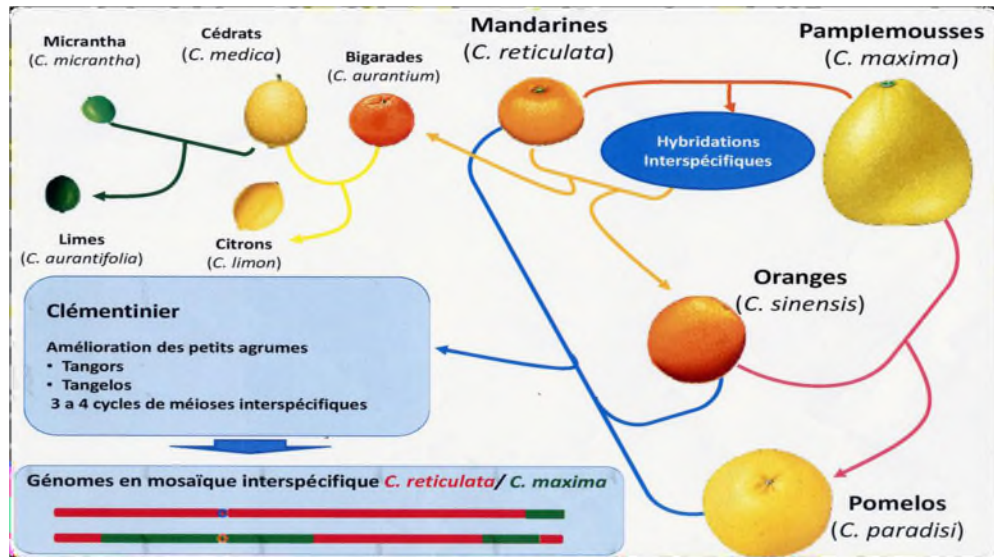
La connaissance des plantes hôtes aide souvent à prévoir celles pouvant être infestées dans le cas d'un pays nouvellement attaqué (Weems, 1981). Selon A.I.E.A (2003), bien que la mouche méditerranéenne des fruits ait été associée à des degrés divers à plus de 350 espèces végétales, seules les espèces hôtes (c'est-à-dire permettant la reproduction de l'insecte) devront figurer dans la liste des espèces devant faire l'objet d'une réglementation (environ 75 espèces) (Annexe 03).

Parmi cet éventail d'espèces fruitières parasitées par la cécidite dans la région de Bejaia, nous retenons les agrumes comme objet de notre étude pour le fait qu'ils sont très touchés par ce ravageur et d'autre part, occupent une surface cultivée non négligeable dans la vallée de la Soummam notamment sur le tronçon allant de Bejaia vers Takriet.

### 2.2.1. Données générales sur les agrumes

Les agrumes appartiennent à la famille des *Rutaceae* et se décomposent en 3 genres principalement cultivés : *Fortunella*, *Poncirus* et *Citrus*. (Swingle, 1943).

Initialement, le genre *Citrus* s'est structuré autour de 4 taxons originaires d'Asie de l'Est : le cédratier (*Citrus medica*), le pamplemoussier (*Citrus maxima*), le mandarinier (*Citrus reticulata*) et *Citrus micrantha* Wester, un proche parent de la lime *Citrus aurantifolia* Swingle (figure 07). La découverte de la variété *Citrus micrantha*, originaire des Philippines, est très récente. Il y a encore quelques années, nous nous basions sur 3 taxons de base dans l'évolution des agrumes, sans connaître précisément l'origine de la lime (Ollitrault et al. 2012).



**Figure 06 :** Origine des formes cultivées d'agrumes (adaptée d'Ollitrault *et al.* 2012).

Au fur à mesure de l'histoire et des mouvements humains, ces 4 groupes de base auraient donné lieu à des recombinaisons génétiques par hybridation, créant ainsi les autres types d'agrumes que l'on peut rencontrer aujourd'hui : orangers, bigaradiers, citronniers, pomelos. Ces 4 groupes sont originaires de zones d'Asie climatiquement différentes. Ainsi, le cédrat et la mandarine sont adaptés à un climat avec alternance de saison sèche et de saison froide (nord de l'Inde, est de la Chine) alors que le pamplemousse et *Citrus micrantha* proviennent tous deux d'un climat plutôt équatorial (Indonésie, Philippines). Cette répartition d'origine permet d'expliquer et de comprendre l'adaptation des autres groupes d'agrumes à diverses zones climatiques, en fonction de leurs liens de parenté avec ces 4 taxons. Ainsi, la Guyane étant sous l'influence d'un climat équatorial, on peut supposer que le pamplemousse et la lime seront davantage adaptés au contexte climatique (Garcia-Lora *et al.* 2013).

### 2.2.2. Caractéristiques des agrumes

Les agrumes sont des petits arbres ou arbustes, dont la taille peut varier de 2 à 10 mètres de haut suivant les espèces. Leur frondaison est généralement dense et leurs feuilles sont persistantes, à l'exception des *poncirus*. Leurs fruits, constitués de quartiers remplis de petites vésicules très juteuses, constituent leur principale originalité. Les botanistes lui ont donné un nom particulier : *hesperidium*, du nom du jardin des Hespérides de la mythologie. On ne connaît pas d'autres fruits ayant cette structure. Toutes les parties de l'arbre contiennent des glandes à essence : écorce, feuilles, branches, fleurs, fruits, le parfum fait partie de l'agrumes. Quant à leur durée de vie, les agrumes centenaires sont légions. (Bénédicte & Michel Bachés 2011).

### 2.2.3. Systématique

La classification des agrumes est selon Adjdîr et Bensnoussi (2009) comme suite :

- Règne : Végétale
- Embranchement : Angiospermes
- Classe : Eudicotes
- Sous classe : Archichlomydeae
- Ordre : Geniales (Rutales)
- Famille : Rutaceae
- Sous famille : Aurantoideae
- Tribu : Citreae
- Sous tribu : Citrineae
- Genre : *Citrus*

Praloran (1971) souligne que la classification systématique des agrumes et des genres voisins est un problème que les spécialistes s'accordent à qualifier de complexe. Des divergences se manifestent entre les opinions de Swingle, Tanaka, Hume, Hodgson et Chapot en matière.

### 2.2.4. Espèces et variétés

D'après Virbel-Alonso (2011) les variétés d'agrumes sont très nombreuses. Elles sont même en augmentation car de nouveaux hybrides apparaissent régulièrement sur les marchés de l'agrumiculture des pays du bassin Méditerranéen est diversifiée (annexe 04).

#### 2.2.4.1. Variétés d'oranger

D'après Rebour (1966) il existe plusieurs variétés cultivées d'Oranger et parmi ses variétés il y a le groupe du navel qui est représenté par Thomson navel (figure 07) et Washington navel, le groupe des blondes sans pépins (pulpe blonde) représenté par différentes variétés comme : Hamlin, Cadenera, Salustiana, Shamouti et Maltaise blonde. Un troisième groupe est celui des sanguines sans pépins comme les variétés Portugaise, double-fine et double-fine améliorée. Le groupe des tardives est représenté surtout par Valencia late et Verna. Pour ce qui est du groupe des communes ont de nombreux pépins et leur qualité varie d'un arbre à l'autre. Enfin le groupe des douces qui sont l'Orange douce, Orange lime, Meski, Doucera et Impérial.





**Figure 07 :** Photo d'un fruit d'orange de la variété Thomson (originale)

#### 2.2.4.2. Variétés de Mandarinier

Loussert (1989) signale que les Mandariniers constituent un ensemble d'espèces que l'on peut différencier comme par exemple les Mandariniers Satsuma (*Citrus unshiu*) (figure 08), les Mandariniers communs (*Citrus deliciosa*), les Clémentiniers (*Citrus clementina*) et les autres Mandariniers (*Citrus reticulata*).



**Figure 08 :** Photo d'un fruit de Satsuma Wase (Jacqmond et *al.*, 2009)

#### 2.2.4.3. Variétés de Citronnier

Selon Rebour (1966) Le Citronnier contient quelques variétés comme Eureka (figure09), Lisbon, Lunari, Villafranca, Meyer et Vernia ou Berna pomelo.



**Figure 09 :** Photographie de fruit de Citron Eureka Frost (Jacqmond et *al.* 2009)

#### 2.2.4.4. Variétés de Bigaradier (*Citrus aurantium*)

Selon Esclapon (1975) le Bigaradier avec ses divers clones est cultivé surtout pour les fleurs, les fruits, les feuilles et les brouts de taille, qui assurent la production (après distillation)

de l'eau de fleur d'oranger, déconfitures (avec les fruits mûrs) et de vins apéritifs avec les fruits verts. C'est un excellent porte-greffe, car il est résistant à la Gommose et accepte les sols calcaires. (figure10).



**Figure 10** : Photo d'un fruit de Bigaradier (Bénédicte., Michel Bachés, 2011).

#### 2.2.4.5. Variétés de Pomelo ou Grappe fruit (*Citrus paradisi*)

Praloron (1971) souligne que c'est la seule espèce des agrumes qui ne soit pas originaire du sud-est Asiatique, puisqu'elle est apparue aux Antilles. Elle provient très certainement d'une mutation de bourgeon ou d'une hybridation du pamplemousse. Le pomelo n'est pas très sensible au froid que l'oranger, mais il a besoin de beaucoup de chaleur pour donner des fruits de bonne qualité. Selon ce même auteur deux types de pomelo existent c'est le pomelo à pulpe blonde (Variété : Duncan, Marsh, Frost Marsh) et le pomelo à pulpe sanguins (Variété : Foster, Redblush, Thompson, Shambar) (figure11).



**Figure 11** : Photo d'un pomelo à pulpe sanguin et à pulpe blonde (Raynaud, 2008).

#### 2.2.4.6. Variétés de Cédratier (*Citrus medica*)

Esclapon (1975) dit que les Cédratiers autrefois sont très cultivés, puis abandonné, semble à la faveur de conditions économiques favorables. Ce fruit intéresse les producteurs de fruits confits et accessoirement ceux de la liqueur "Cédratine". Des essais de greffage réalisés avec des greffons sélectionnés, sur le *Citrus volkameriana*, comme pour le citronnier, donnent des sujets résistants à la gommose est productifs (figure12)



**Figure 12** : Photographie d'un Cédratier (Raynaud, 2008).

#### 2.2.4.7. Variétés de Kumquat (*Fortunellaetnon citrus*)

Les Kumquats font partie des types d'agrumes les plus résistants au froid (figure13), mais les fruits ont la même sensibilité au gel que ceux des autres agrumes (Esclapon, 1975). Selon ce même auteur deux types de Kumquat existent c'est le *Fortunella japonica* appelé Kumquat Maruni (à fruits sphériques) et le *Fortunella crassifolia* appelé Kumquat Nagami (à fruits oblongs), le fruit est très demandé par les industriels pour la confiture ou la vente en frais.



**Figure 13** : Photographie d'un Kumquat (Raynaud, 2008).

#### 2.2.4.8. Variétés de Pamplemoussier (*Citrus grandis*)

Praloran (1971) souligne que bien que cette espèce forme deux espèces différentes, le pamplemoussier et le pomelo sont assez étroitement apparentés et plusieurs auteurs considèrent que le pomelo n'est qu'une sous-espèce ou une variété botanique de *Citrus grandis*. Il se distingue par plusieurs caractères comme de jeune rameau et pétiole pubescents, axe creux, pulpe ferme et croquante, fruits volumineux, saveur très variable et pépin mono-embryons, leur importance commerciale est très limitée (figure14).



**Figure 14** : Photographie des Pamplemousses blanc, rose et sanguin (Raynaud, 2008).

#### 2.2.4.9. Variétés de Clémentinier

Son origine est toujours controversée ; pour certains tels que Trabut (1926) et Rebour (1945), il serait issu d'un croisement au hasard entre le Mandarinier commun et le Bigaradier Granito. Cet hybride a été découvert à Misserghin (Oran) par le Père Clément. Pour d'autres, tels que Tanaka (1961), Chapot (1963) et Weber (1967), il s'agirait d'une variété de mandarinier probablement originaire d'Extrême-Orient du fait de sa ressemblance avec certains mandariniers (Loussert, 1987). (figure15).



Figure 15 : photo de fruit de Clémentine (Jacqemond et al. 2009).

#### 2.2.4.10. Variétés de Limettier

Esclapon (1975) signale que cette variété se cultive dans les sites les moins exposés au gel, on distingue : les Limettiers à gros fruits (*Citrus latifolia*), avec la variété Tahiti moins sensible au gel que les limettiers à petits fruits (*Citrus aurantifolia*) (figure16).



Figure 16 : photo de fruit de Lime Mexicaine (*Citrus aurantifolia*) (Jacqemond et al, 2009)

#### 2.2.5. Les exigences d'un verger d'agrume (Calendrier cultural)

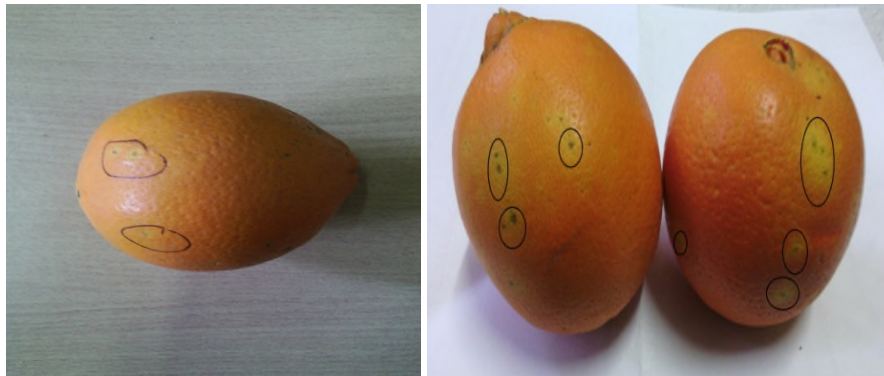
L'agriculture est l'ensemble des travaux qui permettent la production notamment des végétaux. Selon Benedicte et Baches (2002), le calendrier cultural consiste l'application des différentes opérations culturales et des travaux nécessaires pour un bon développement et un meilleur rendement des agrumes. Il englobe un ensemble des pratiques tel que le semis, l'arrosage, La fertilisation, la taille et le désherbage. (annexe 05)

#### 2.3. Les dégâts de la cératite

La cératite, ravageur polyphage, est caractérisée par la ponte dans les fruits après leur véraison jusqu'à la maturité complète. Ceci fait que les époques d'infestation coïncident avec

la chronologie de maturation des espèces (Lachiheb, 2008). (annexe 06)

Les dommages causés par la c eratite sont des piq ures de pontes et des galeries dans les fruits engendrées respectivement par les femelles et les larves. En outre, ces galeries et ces piq ures constituent une voie de pénétration à des champignons et des bact eries qui sont responsables de la décomposition et la chute prématurée des fruits. Ces dégâts constituent un obstacle majeur pour les exportations en raison de la dévalorisation de la marchandise et des mesures de quarantaines imposées par certains pays importateurs. La c eratite s'attaque aux variétés précoces et tardives celles à peau mince (Chouibani et al.2003).



**Figure17** : Piqures de la c eratite sur la variété Thomson naval(Originale).



**Figure18** : Développement d'une Piqures de la c eratite sur la variété de Mandarinier (Originale).

### 3. Moyens de lutte contre la c eratite

La lutte contre la C eratite demeure un problème très préoccupant compte tenu de la gravité et de l'ampleur des dégâts associés à la difficulté d'intervention. Plusieurs techniques ont été mises au point depuis le début du siècle sans arriver à éradiquer ce ravageur très polyphage et multivoltine (Lachiheb, A., 2008).

#### 3.1. Méthodes préventives et culturelles

Elles consistent à éviter l'infestation ou à briser le cycle de la c eratite par des mesures prophylactiques. Dans les régions endémiques, on recommande, lors de la création du verger, d'éviter de mettre en place des cultures hôtes ou variétés à maturité chevauchante. Il est également conseillé d'éviter la présence d'autres plantes hôtes dans les vergers agrumicoles à savoir les néfliers, les bigaradiers, les figuiers de Barbarie, les haies d'*Abelia* et de *Lycium*. Le



ramassage des fruits non commercialisables ainsi que ceux infestés sur et sous les arbres est indispensable. Le ramassage doit se faire aux périodes opportunes avant la sortie des larves des fruits (Bodenheimer, 1951 ; Gahbiche, 1993). De plus, il est conseillé de ne pas laisser les fruits mûrs sur l'arbre. Les fruits ramassés doivent être enfouis dans le sol à une profondeur de 50cm, ou mis dans des sacs en plastique fermés hermétiquement et exposés au soleil pendant deux mois au minimum (Delanoue et Soria, 1962).

### **3.2. Lutte biologique**

La lutte biologique reste la méthode la plus respectueuse de l'environnement. Elle consiste à utiliser des ennemis naturels de l'insecte nuisible afin de minimiser l'effectif des populations du ravageur. De point de vue efficacité, cette méthode pose beaucoup de problèmes concernant les difficultés dans l'élevage de l'insecte ennemi ainsi que la difficulté de la relation Hôte-parasite (Aboussaid et *al.*, 2007).

Il existe plusieurs parasitoïdes pour la cératite comme *Opius concolor*, *Opius incisi*, *Opius kraisi* qui ont pu atténuer l'effectif de la population du ravageur. D'autres parasitoïdes comme *Diachasmimorpha tryoni* et *Fopius arisanus* ont été utilisés en Australie, Hawaï et dans le sud et le centre de l'Amérique et qui ont prouvé une efficacité satisfaisante (Wong et *al.*, 1992).

### **3.3. Lutte biotechnique**

Selon Boller (1983), le principe de la lutte biotechnique consiste à utiliser des stimuli physiques et chimiques ou agents qui agissent sur le comportement ou le développement des insectes nuisibles.

#### **3.3.1. L'anéantissement des mâles**

C'est une méthode basée sur l'utilisation des attractifs sexuels mélangés avec des insecticides. Ces attractifs attirent les mâles et les tuent par contact. En visant sélectivement les mâles, le sexe ratio de la population est perturbé et diminue ainsi le nombre des œufs fécondés. Bien que la théorie montre l'efficacité de cette méthode, les données expérimentales prouvent que cette méthode n'a pas trouvée d'écho favorable envers la cératite (Aboussaid et *al.*, 2007)

#### **3.3.2. Confusion sexuelle**

D'après Carey et Dowell (1989), Le principe de cette méthode consiste à diffuser dans l'atmosphère du verger des quantités importantes de phéromones sexuelles de synthèse pour la désorientation des mâles et empêcher ainsi la rencontre des deux sexes. Cette méthode présente l'inconvénient du coût élevé de phéromones sexuelles.

### 3.3.3. Piégeage massif

À cause des problèmes rencontrés par l'utilisation des insecticides (efficacité, environnement, maintien de la biodiversité...), plusieurs auteurs se sont intéressés à l'étude des facteurs biotiques et abiotiques pouvant affecter les populations de mouches via des perturbations des organes olfactifs et visuels. Le piégeage de masse est une technique largement développée qui permet de réduire les populations, et de capturer un nombre impressionnant d'adultes par l'utilisation d'un ensemble de stimuli par le biais d'un grand nombre de pièges (Warlop F., 2003).

L'utilisation des pièges Mc-Phail (figure 19) appâtés avec des attractifs alimentaires et des chimio-stérilisants réduit significativement l'infestation. Cette technique permet de réduire aussi bien la densité de la population que le taux d'infestation des fruits sous certaines conditions climatiques (température, pluviométrie.). Les pièges appâtés à l'attractif alimentaire et à la phéromone sexuelle capturent plus de femelles que ceux appâtés uniquement à la phéromone. En piégeage de masse, la combinaison des deux types d'attractifs sur le même piège est plus performante (Barclay et Bell 1988).

Le piégeage peut apporter une réponse satisfaisante dans un certain nombre de cas :

- Pression suffisamment faible pour que les captures entraînent une réduction significative des pontes et dégâts.
- Parcelle suffisamment grande pour limiter les « effets de bordure » qui génèrent une attraction forte des populations voisines, et un ré infestation dommageable.
- Parcelle de surface quelconque mais bien isolée de toute autre source d'inoculum.
- Coût de la pose inférieure au coût des pertes : ce coût est lié à plusieurs éléments : coût du matériel, temps de pose, nombre de pièges/ha, nombre de poses annuelles (1 ou 2), temps de retrait des pièges avant récolte... (Warlop, 2003).



**Figure19** : Piège McPhail ([www.biobest.be](http://www.biobest.be))

### 3.3.4. La Technique de l’Insecte Stérile (TIS)

La lutte biologique via l’utilisation de la Technique de l’Insecte Stérile (TIS) s’avère une méthode très respectueuse de l’environnement et efficace (Roessler, 1994). Elle consiste à lâcher d’un nombre important de mâles stériles parmi la population sauvage de la Cératite afin d’impliquer une forte probabilité d’accouplement entre mâles stériles et femelles sauvages de la Cératite. Le principe consiste à traiter des mouches mâles avec de faibles doses d’irradiations (rayons Gamma) qui sont capables de stériliser l’insecte (Knipling, 1995). Les étapes de cette technique sont l’élevage de masse de l’insecte, la stérilisation et la dispersion des insectes stériles dans le champ. Cette technique a été largement utilisée pour la lutte contre la cératite au Costa Rica, en Espagne, aux États –Unis, en Italie, au Mexique, au Nicaragua, au Pérou (Roessler, 1994).

### 3.4. lutte chimique

Les produits utilisés comme pesticides pour lutter contre les insectes ravageurs sont multiples, ils appartiennent également à plusieurs groupes selon leur mode d’action et selon leur composition. Les principales familles d’insecticides utilisées actuellement dans l’agriculture et le domaine de la santé publique sont (Kumar, 1991) :

- Les organochlorés, comme le DDT, le chlordane, l’aldrine, la dieldrine,
- Les organophosphorés, comme le parathion, la TEPP, le diazinon et le malathion
- Les carbamates, comme le Sevin, l’ortho-Bux, l’Elocron et le Baygon
- Les insecticides organiques d’origine végétale, comme le pyrèthre, la roténone...
- Les hormones et les phéromones sont également considérées comme des insecticides.

#### 3.4.1. Les organochlorés (OC)

Les insecticides organochlorés sont les plus anciens pesticides de synthèse, ce sont des molécules qui contiennent au moins une liaison carbone - chlore. Le DDT a été le premier insecticide développé au début de la seconde guerre mondiale (Gbénonchi, 2008). Il s’agit de la famille d’insecticides qui a sans doute été la plus utilisée. Il s’agit de produits assez complexes, stables et de faible volatilité (Kumar, 1991). Ils ont un aspect solide lipophile, très hydrosoluble, très stable et peu biodégradable. Les Pesticides organochlorés (POC) sont des composés organiques, obtenus par la chloration de différents hydrocarbures insaturés (Liliana, 2007).

Les organochlorés sont parmi les insecticides les plus persistants grâce aux résidus que laisse leur activité insecticide prolongée. Leur activité insecticide varie en fonction de la disposition des atomes de chlore dans la molécule. Ce sont toutes des substances de poids



moléculaire élevé (de 290 à 545 g/mol) possédant 6 à 12 substitutions par des atomes de chlore, responsables d'une stabilité chimique très élevée. Ainsi, ces substances ont tendance à persister longtemps dans les sols (plus de 10 ans) qui constituent un milieu d'accumulation privilégié (Bonvallot, 2004). Les familles les plus utilisées pour la protection des cultures sont le DDT, le chlordane, l'hexachlorure de benzène (HCB ou HCH), ils présentent le meilleur rapport cout/efficacité contre les insectes ravageurs (Kumar, 1991).

#### **3.4.1.1. Propriétés toxicologiques**

Les insecticides organochlorés sont des molécules très lipophiles pouvant être absorbées, chez l'homme ou chez l'animal, par toutes les voies. Ils ont généralement une toxicité moyenne vis à vis des mammifères. Ils s'accumulent à l'état de traces dans le corps de plusieurs vertébrés l'homme compris (Kumar, 1991). Leur métabolisme et leur distribution sont différents selon leur famille chimique et selon l'espèce considérée. Tous les organochlorés s'accumulent dans les tissus riches en graisses des organismes vivants (tissu adipeux, foie, système nerveux central) et sont lentement éliminés lorsque toute exposition cesse (Bonvallot, 2004). Le DDT et ses métabolites sont très persistants. Cette persistance confère au DDT toutes les propriétés nécessaires pour se bio-concentrer dans les organismes (Bonvallot, 2004 ; Liliana, 2007).

Comme les métaux lourds et certains métalloïdes auxquels ils peuvent ajouter leurs effets négatifs, Les organochlorés massivement synthétisés par l'Homme et dispersés dans l'environnement (eau, air, sols) sont d'importants contaminants des écosystèmes, du réseau trophique (on les retrouve en particulier très concentrés par les animaux situés en tête de chaîne alimentaire : oiseaux marins prédateurs et cétacés super prédateurs). (Alzieu, Claude et Duguay Raymond, 1978)

#### **3.4.2. Les organophosphorés (OP)**

Les pesticides organophosphorés (OP) constituent une grande classe de substances chimiques organiques avec plus de 50000 congénères (Gaétan et *al.*, 2005). Connus d'être mis au point pendant la deuxième guerre mondiale en tant que gaz neurotrope lorsqu'on cherchait de puissantes armes chimiques. Ils sont des produits très toxiques pour les mammifères (Kumar, 1991). En temps de paix, ces organophosphorés ont servi d'insecticides, de rodenticides, de nématocides et d'herbicides ainsi que de médicaments pour les animaux et les hommes (Gaétan et *al.*, 2005).

Ils sont généralement des esters, des amines ou des sels organiques de l'acide phosphorique ou de ses dérivés (Graziella et *al.*, 2002). Ce sont les insecticides les plus largement utilisés après avoir remplacé les organochlorés à cause de leur durée de vie sur les

plantes qui peut atteindre plusieurs semaines avant d'être dégradés (Kumar, 1991). En général, ils sont des composés solubles dans l'eau. En milieu alcalin, ils sont rapidement hydrolysés et oxydés en acide (thio) phosphorique ou (thio) phosphonique (Graziella et al., 2002).

#### **3.4.2.1. Propriétés toxicologiques**

Les OP sont des substances neurotoxiques qui agissent sur le système nerveux des insectes cibles. Ils constituent des composés très toxiques pour les mammifères ainsi que les insectes. Du fait de leur toxicité importante, ils sont substitués dans les pays développés par d'autres insecticides. Le parathion ( $C_{10}H_{14}NO_5PS$ ) a été interdit en France il y a quelques années. Le Malathion ( $C_{10}H_{19}O_6PS_2$ ) est considéré comme un allergène faible qui peut provoquer des urticaires de contact non immunologiques (Kumar, 1991).

La spécificité de ces pesticides n'est pas encore très connue. Certains auteurs disent que ces insecticides sont extrêmement efficaces contre les insectes suceurs et masticateurs de sève tout en épargnant les autres insectes non visés comme les parasites, les prédateurs et les abeilles mellifères (Kumar, 1991) alors que d'autres disent que leur action n'est pas totalement spécifique aux insectes (Gaétan et al., 2005).

#### **3.4.3. Les Carbamates**

Les insecticides carbamates sont dérivés du N-méthylcarbamate. Ce sont des dérivés de synthèse chimique utilisés généralement comme insecticides, fongicides et herbicides tels que : aldicarbe, carbaryl, carbendazime, carbofuran, carbosulfan, manèbe, méthomyl, zinèbe, thirame, triallate. Caractérisés par une grande liposolubilité, les carbamates diffèrent des OP par le fait qu'ils sont des inhibiteurs réversibles de l'acétylcholinestérase (AChE) : l'activité enzymatique tend à revenir à la normale en moins de 24 heures post exposition (Onil et al., 2007).

##### **3.4.3.1. Propriétés toxicologiques**

Les insecticides carbamates sont des inhibiteurs de l'acétylcholinestérase (AChE). Ils ont peu à peu remplacé les pesticides organochlorés (OC) puisqu'ils possèdent des propriétés insecticides importantes, persistent peu dans l'environnement et n'ont pas tendance à être bioaccumulés dans la chaîne alimentaire (Onil et al, 2007).

#### **3.4.4. Le Spinosad**

Le Spinosad est un bio insecticide dont la découverte a été réalisée grâce à la bactérie vivante dans le sol *Saccharopolyspora spinosa*. Sa découverte a représenté un nouvel outil de gestion des insectes ravageur d'agriculture (Sparks et al, 1989 ; Thompson et al, 1993). En

effet, la découverte et le développement ultérieur de cet organisme a offert au monde une toute nouvelle catégorie de produits de lutte.

Le Spinosad cause chez l'insecte une excitation du système nerveux. Il mène ainsi à un arrêt de l'alimentation, une contraction musculaire involontaire puis à une paralysie. Ces effets sont une conséquence de l'activation des récepteurs nicotiques de l'acétylcholine. En effet, les cellules utilisent des neurotransmetteurs, dont l'acétylcholine qui ne peut remplir son rôle lorsque le Spinosad excite son récepteur nicotinique. Le Spinosad peut également agir sur les récepteurs aminobutyriques, ce qui pourrait augmenter son rendement, mais cet effet n'a pas été évalué. Il agit soit par contact ou par ingestion, ce dernier mode d'action s'avère être 5 à 10 fois plus efficace que par simple contact. Le Spinosad est efficace dans le contrôle des lépidoptères, diptères, thysanoptères et quelques espèces d'orthoptères et de coléoptères (Salgado, 1997 ; Salgado, 1998).

#### **3.4.4.1. Propriétés toxicologiques**

Le spinosad se caractérise par une faible toxicité générale contre les mammifères ; il est considéré comme non mutagène, non cancérigène, non toxique pour la reproduction, non neurotoxique. Sa toxicité orale vis-à-vis des oiseaux est très faible et il présente un faible risque en cas d'exposition prolongée. Il est modérément toxique pour les organismes aquatiques et très peu toxique pour les vers de terre. (Anonyme,2008)

Des analyses en laboratoire ont montré que le Spinosad est très toxique pour les abeilles en application directe ou lorsqu'il est ingéré. Il faut donc éviter l'application directe et les vaporisations près des abeilles et de leurs colonies, ainsi que près des cultures en pleine floraison. Des tests du produit sur le terrain ont toutefois montré que, comme sa persistance est fort brève, une période de dégradation de trois heures suffit à annuler tout effet toxique. Certains essais ont révélé que l'abeille domestique est passablement plus tolérante que la découpeuse de la luzerne ou l'abeille des terrains alcalins. Tant pour les abeilles domestiques que pour les bourdons, il pourrait y avoir un effet transitoire sur le développement durant les quelques premiers jours suivant l'application. Cela ne serait pas dû à l'exposition à des résidus séchés, mais au pollen et au nectar provenant des plantes arrosées. (Salgado, 1998).

#### **3.4.5. La Résistance aux insecticides**

Au début des années soixante, l'intervention de Rachel Carson (1962) a fait prendre conscience des effets pervers des pesticides de synthèse et a obligé les gouvernements à se préoccuper des problèmes de l'environnement associés à l'utilisation des pesticides (Regnault-Roger et *al.*,2005).

Il aura fallu moins d'un demi-siècle pour que les insectes phytophages s'attaquant aux plantes cultivées, et les insectes vecteurs des maladies, fassent une démonstration darwinienne de leur capacité à résister à la pression des pesticides. Une grande variété de formulations des produits inorganiques ou organiques (organochlorés, organophosphorés, carbamates), et même certains dérivés d'insecticides d'origine végétale (pyrethrinoides), ont contribué à la sélection d'espèces résistantes et doivent être utilisés à des concentrations de plus en plus fortes, entre 1948 et 1990, le nombre des cas de résistance chez les insectes est en constante progression : 14 espèces en 1948, 224 en 1969 et plus de 500 en 1990 (Mouchès et *al.*, 1990).

Cette capacité des insectes à résister à la toxicité des insecticides de synthèse est une conséquence logique de l'incessante coévolution des êtres vivants et, dans ce cas précis, des mécanismes de coadaptation entre les plants et les organismes qui se développent à leurs dépens, ainsi, pendant des millions d'années, un demi-million d'insectes phytophages ont réussi à se maintenir sur un quart de million de plantes diverses, sous tous les climats. Alcaloïdes, substances phénoliques et autres terpènes n'ont pas réussi à éliminer les lépidoptères, coléoptères et autres hémiptères qui se sont révélés capables de détoxifier et même d'exploiter ces substances pour s'en prémunir, en fait, ces composés phytochimiques biosynthétisés ont tout simplement préparé les insectes phytophages, par le jeu de la sélection naturelle, à contrecarrer l'action des produits synthétiques de XX<sup>e</sup> siècle (Philogène, 1972 ; Philogène et Arnason, 1996).

Les phénomènes de résistance des insectes aux insecticides organiques de synthèse ont conduit à utiliser des concentrations de plus en plus fortes de substances actives pour obtenir des résultats similaires à ceux du passé. Cette augmentation s'est révélée source de plusieurs désordres écologiques qui ont été qualifiés d'« effets 4R » pour résistance, rémanents, résurgence et rupture des chaînes trophiques (Regnault-Roger, 2002). La biodégradabilité des pesticides est variable d'un composé à l'autre. Les premiers utilisés, les organochlorés, sont particulièrement rémanents dans la biosphère et leur diffusion à travers ses différents compartiments, va provoquer des contaminations qui ne sont pas sans conséquence. Les risques provoqués par l'accumulation de leurs résidus se sont accrus : fragilisation des écosystèmes, impact sur la reproduction (particulièrement pour les espèces qui sont en haut de la pyramide alimentaire) ainsi que sur la santé humaine. Ces effets non intentionnels touchent également les insectes auxiliaires. Les phénomènes de résistance aux insecticides observés chez les insectes sont également apparus chez les champignons, vis-à-vis des fongicides mais aussi chez les adventices pour les herbicides. C'est donc l'ensemble de la biocénose qui est affectée (Regnault-Roger et *al.*, 2005).

# PARTIE PRATIQUE

# **Chapitre II**

## **Matériels et méthodes**

## II. Matériels et méthodes

Dans cette partie, la première étape consiste à la présentation des caractéristiques climatiques de la zone d'étude, ensuite la description des différents vergers d'études grâce à la partie initiale de la fiche de terrain (annexe 07), puis l'explication de la technique d'échantillonnage des données sur l'infestation de la cératite à l'aide d'une fiche d'inventaire des piqûres sur les fruits (annexe 08) et une présentation des moyens de luttés contre la cératite dans les vergers étudiés par la deuxième partie du fiche de terrain sous forme d'un questionnaire destinés aux agriculteurs, et enfin un aperçu sur la méthode d'analyse des données recueillies.

### 1. Caractéristique climatique de la zone d'étude

Notre région d'étude est située dans le territoire de la vallée de la Sommam qui caractérisé par un climat de type méditerranéen.

Du littoral vers les zones d'intérieur, trois étages bioclimatique ont été distingués (Benhamiche, 1997) :

- Étage humide, sur le bassin versant nord avec des précipitations supérieures à 900 mm/an,
- Étage sub-humide entre El Kseur et Sidi Aich, avec une pluviométrie moyenne de 600 à 900 mm/an,
- Étage semi-aride, le long de la vallée de Sidi Aich à Tazmalt, avec une pluviométrie relativement faible allant de 400 à 600 mm/an et des températures légèrement plus élevées allant de 26 à 30°C.

#### 1.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson

Ce diagramme permet de découvrir au cours de l'année, la distribution saisonnière des précipitations et la période de sécheresse des mois considérés comme « secs ». Ils proposent de considérer qu'il y a sécheresse quand le total des précipitations exprimé en (mm) est inférieur au double de la température exprimée en degré Celsius (°c). C'est par une représentation graphique que Bagnouls et Gausson (1953) déterminent la période sèche en portant les mois de l'année en abscisse, en ordonnées les températures moyennes mensuelles (T) à droite, et les précipitations mensuelles à gauche. Ils prennent comme échelle  $P = 2T$ .

Il y'a sécheresse lorsque la courbe des précipitations rencontre celle des températures et passe en dessous. Ainsi, le digramme établi avec les données de l'année 2015 dans la wilaya de Bejaia, montre que cette zone traverse deux périodes climatiques principales :

- Une période humide d'environ 4 mois, allant de mois de janvier à mi-avril 2015.

- Une période sèche d'environ 7 mois, qui s'étend globalement de la mi-avril au fin décembre, cette période a été interrompue par une période humide entre la mi-octobre et la fin de novembre.

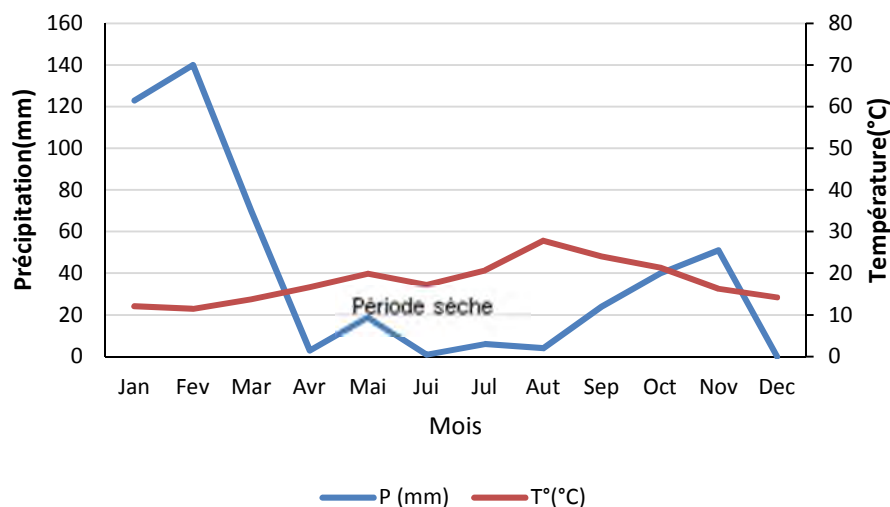


Figure 20 : Courbe ombrothermique de la région de Bejaia durant l'année 2015.

## 2. Présentation des différents vergers d'études

Le travail a été effectué dans huit vergers différents, situés dans la wilaya de Bejaia, dont sept appartenant au secteur privé et un appartient au secteur étatique.

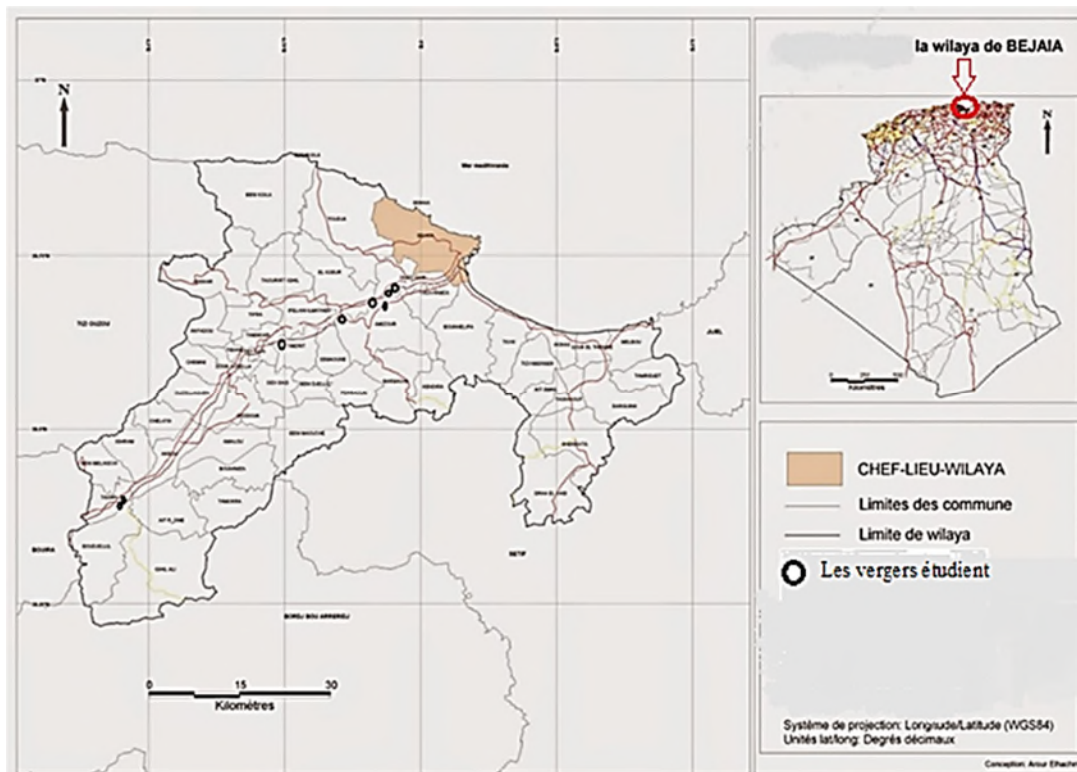
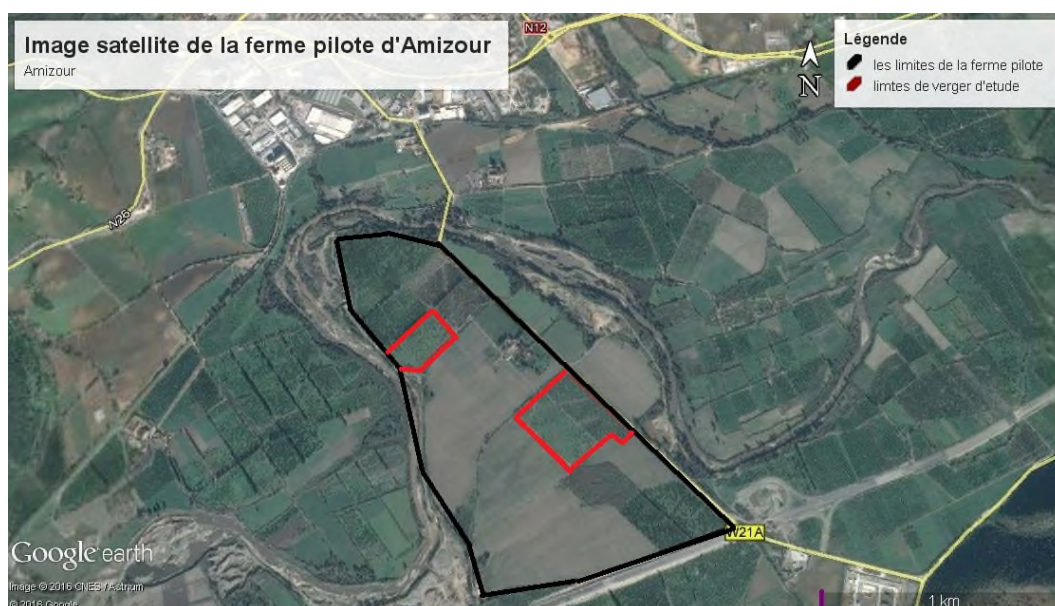


Figure 21 : Carte géographique de la zone d'étude.  
([www.decoupageadministratifalgerie.blogspot.com](http://www.decoupageadministratifalgerie.blogspot.com))



## 2.1. La ferme pilote d'Amizour

A été créée par le décret n° 82-19 en mai 1982, portant création des fermes d'état et fixant leur statut type, Située au sud-ouest de la wilaya de Bejaia dans la commune d'Amizour, elle est limitée au nord, l'est et ouest par l'oued Soummam et sud par le domaine Maouchi Ahmed( champ de culture), la superficie totale de la ferme est d'environ 110 Ha, dont 55Ha de l'agrumiculture et le reste est réservé à céréaliculture, les espèces d'agrumes présents dans la ferme sont le Thomson Navel, Clémentine, Sanguine et Double fine(36 Ha),Valencia late (15 Ha) et Mandarinier Wilking (4 Ha) ; l'âge des arbres est estimé de 40ans. L'entretien apporté au verger s'est limité au désherbage mécanique par labours superficiels, à la taille des arbres, à une irrigation irrégulière et utilisation des engrais par épandage durant l'année : NPK (15% ,15%,15%), fumure azotée 4qx/ha d'ammonitrate à 33% et urée 46%, mais les traitements phytosanitaires ne sont pas réalisés cette année.



**Figure 22** : Image satellite de la ferme pilote d' Amizour (Google Earth, 2016).

## 2.2. Verger Rehmani

C'est une exploitation familiale d'agrumiculture d'une superficie de 2.5 hectares, situé dans le village Lotta ; la commune de Timzrit. Elle est limitée au nord et l'est par des champs de culture, à l'ouest par oued Soumam et au sud par des habitations. Les variétés d'agrumes cultivés sont le Thomson Navel (600 arbres), L'hamlin (40 arbres) et la Clémentine (10 arbres) ; l'âge des arbres est de 27 ans. L'entretien apporté au verger a consisté en un désherbage mécanique, la taille des arbres et une irrigation irrégulière et épandage d'engrais NPK, ainsi que le traitement phytosanitaire.



**Figure 23** : Image satellite du verger Rehmani (Google Earth, 2016).

### 2.3. Verger EAC (Exploitations Agricoles Collective) Merkhouf

C'est un verger agrumicole d'environ 2.5 hectares, Situé au sud-ouest de la wilaya de Bejaia dans l'ex DAS frères Merkhouf, la commune d'Oued Ghir. Il est limité au nord par un champ de culture, à l'est par Oued Soummam, à l'ouest par la route national n°12 et au sud par un verger d'agrumes. Les espèces fruitières cultivées dans ce verger se limitent à l'oranger variété Thomson et la Valencia Late (environ 360 arbres). L'âge des arbres est dépassé 55 ans. L'entretien apporté au verger a consisté en un désherbage mécanique, la taille des arbres et une irrigation régulière, les traitements phytosanitaires et épandage des fertilisant NPK (15% ,15% ,15%), PK (20%,25%).



**Figure 24** : Image satellite du verger EAC Merkhouf (Google Earth, 2016).



## 2.4. Verger EAC n°04

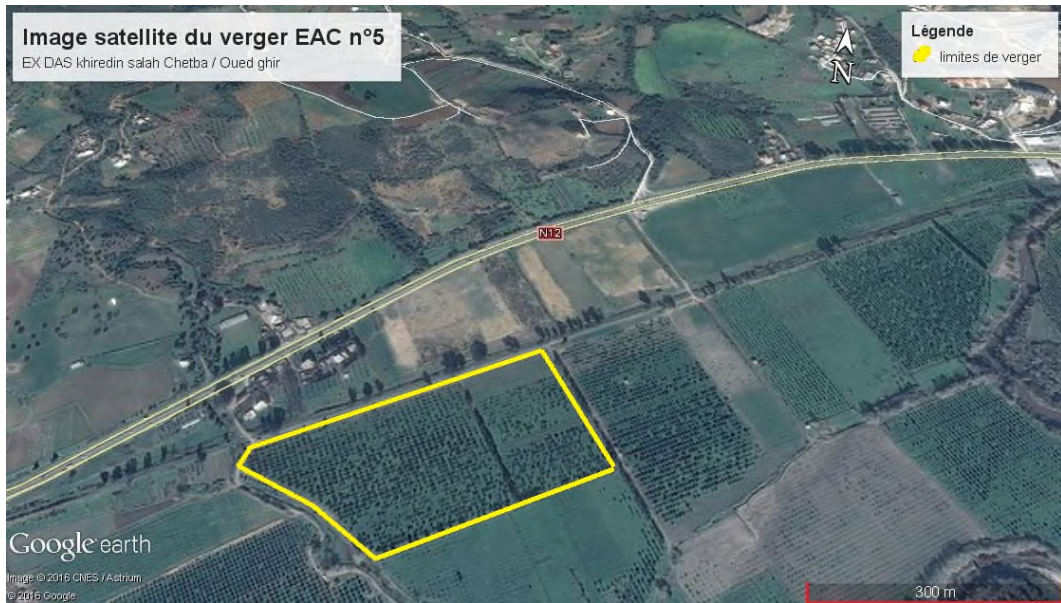
Ce verger est situé à Ex DAS Khair-Eddine Salah, village Chetba la commune d'Oued Ghir au sud-ouest de wilaya de Bejaia il est limiter au nord par le verger EAC n°02 et à l'est par EAC n°5 et sur le sud par l'Oued Sommam et à l'ouest on trouve la route nationale n°12, il s'étend sur une superficie de 11 ha des agrumes, il contient environ 9 ha agrumes de Thomson et 2 ha de l'hamlin, où l'âge des arbres est de 28 ans. Les travaux d'entretien ont consisté en une irrigation régulière et la taille des arbres avec le désherbage et malgré ça le verger est très ombragé et étouffe par les mauvaises herbes. Les traitements chimiques sont effectués cette année, et un apport en engrais de formules N.P.K (15x15x15).



**Figure 25 :** Image satellite du verger EAC n°4(Google Earth, 2016).

## 2.5. Verger EAC n°05

C'est un verger existe depuis la colonisation française, où l'âge des arbres est plus de 58 ans, situé dans Ex DAS Khair-Eddine Salah, village Chatba, la commune de Oued Ghir. Il est limité au nord par le verger EAC n° 4, à l'est par un champ de culture, au sud par un autre verger d'agrumes et un champ de culture, et à l'ouest par la route nationale n°12 et des habitations. On trouve dans ce verger les variétés suivantes : Thomson, l'hamlin, quelque mandarinier, la sanguine et des citronniers. L'entretien apporte au verger a consisté en une taille des arbres et une irrigation irrégulière. Le verger est très ombragé et étouffe par les mauvaises herbes et les fruits tombes sur terre ne sont pas ramasses. Les traitements phytosanitaires ne sont pas réalisés.



**Figure 26** : Image satellite du verger EAC n°5(Google Earth, 2016).

## 2.6. Verger EAC de Merdj Ouamane

Ce verger est situé à MerdjOuamane d'Amizour à 22 km de Bejaia. Sur une superficie de 14 ha. Délimitée à l'ouest et au nord par l'Oued Soumam, à l'est par un autre verger et la route nationale n°75, et au sud par le verger d'agrumes Domaine El Aifa. Il comprend la Thomson (1200 arbres), l'Hamlin (100 arbres), la valencia late (300 arbres), l'âge des arbres est plus de 60 ans. L'entretien apporté à ce verger est basé sur la taille des arbres et une irrigation. Les traitements phytosanitaires sont réalisés, et un apport des engrais de formule N.P.K (15x15x15), d'ammonitrate à 33% et P.K (20%,25%).



**Figure 27** : Image satellite du verger EAC de MerdjOuamane (Google Earth, 2016).



### 2.7. Verger Ichikar Ouest

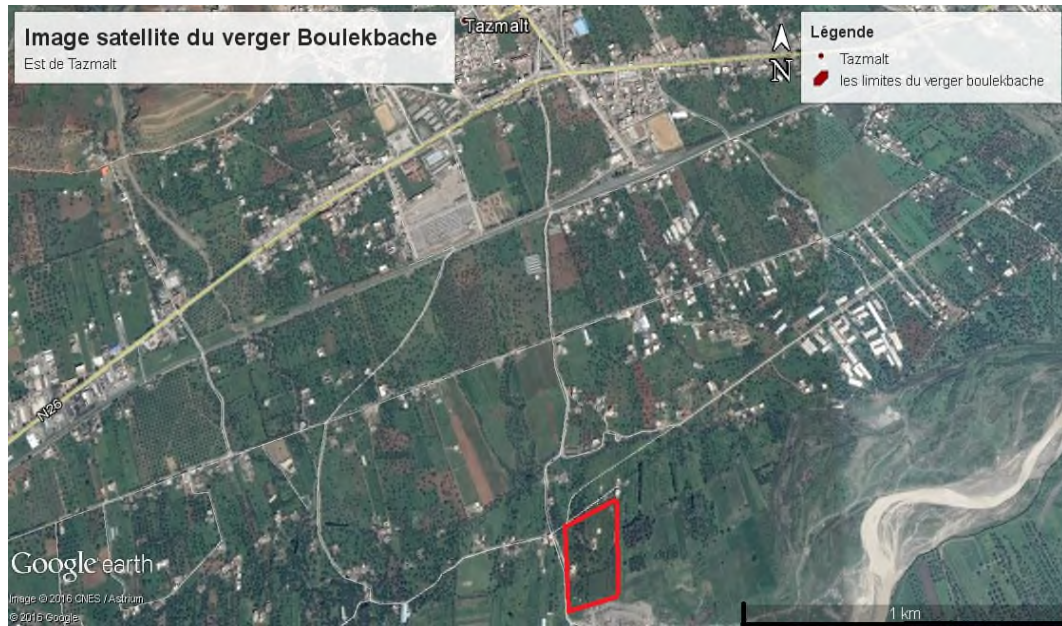
Ce verger est d'environ 05 hectares, appartient au secteur privé et se trouve dans le village Ichikar, Ouest de la commune de Tazmalt à 80 km au sud de la wilaya de Bejaia. Il est délimité au sud par oued sahel, au nord, l'est et ouest par des vergers multi variété fruitière. Ce verger est à polyculture fruitière, on y compte la pêche, la figue, la pomme, la poire, l'olive, la nectarine, la grenade, la prune, la mandarine et la clémentine. Les travaux d'entretien ont consisté en un désherbage et travail de la terre (labour), et l'utilisation des engrais de formule N.P.K (15x15x15) et urée 46% mais les traitements phytosanitaires ne sont pas faits.



**Figure 28** : Image satellite du verger Ichikar, ouest Tazmalt (Google Earth, 2016).

### 2.8. Verger Ichikar Est

Ce verger est situé au village Ichikar, Est de la commune de Tazmalt, Il délimité au Nord et Est par le domaine frère Redjdal, au Sud par Oued Sahel et décharge publique de Tazmalt, et l'Ouest par la route communal tazmalt-boudjlil. Ce verger est à polyculture fruitière, on y compte plusieurs variétés d'agrumes (Washington, thomson, double fine, mandarinier, orange sanguine et quelques pieds de bigardier), la grenade et l'olive. Les travaux d'entretien sont limités sur l'arrosage régulier et des apports d'engrais (urée 46%).



**Figure 29** : Image satellite du verger Ichikar Est (boulekbache), Tazmalt (Google Earth, 2016).

### 3. La méthodologie

#### 3.1. La technique d'échantillonnage des données sur l'infestation par la cératite

Les agrumes échantillonnés sont : Thomson navel, l'hamlin, valencia late et la mandarine (wilking), sa dépend de chaque verger et les variétés disponibles. Cette méthode consiste à prélever d'une manière aléatoire 10 fruits par arbre, deux de chaque côté cardinal de l'arbre (Est, Ouest, Nord et Sud) et les deux qui restent au centre. Où les 10 arbres choisis sont répartis sur les différentes directions dans la parcelle. Au total, 100 fruits sont prélevés par variété dans chaque verger. L'étude de l'infestation des fruits a été effectuée sur place à l'aide d'une fiche d'inventaire des piqures de la cératite pour déterminer si les fruits sont infestés ou non, et recenser le nombre de piqures causées par la cératite des agrumes.

Les dates d'échantillonnage des différentes variétés d'agrumes dans les différents vergers expérimentaux sont présentées dans l'annexe 11.

#### 3.1. Les paramètres étudiés

Nous avons procédé au dénombrement des piqures de la cératite à l'œil nu, Ceci dans le but d'estimer :

1. L'ampleur des dégâts causés par la cératite sur les agrumes, en fonction de taux de fruit piqués dans les vergers, la charge des piqures par verger et l'effet attractif des variétés d'agrumes sur la cératite, ainsi que l'influence de l'exposition du fruit sur l'attraction de la cératite.
2. L'efficacité de la lutte chimique adoptée contre la cératite, sur la réduction de l'infestation et la limitation de la charge des piqures dans les vergers.

## 3.2. Établissement du questionnaire

Dans le cadre de recueillir des données fiables et de bien mener la recherche sur la cératite et les moyens de lutte dans la région de Bejaia, il a été nécessaire d'établir un questionnaire dispatché sur 22 agriculteurs.

### 3.2.1. Structure du questionnaire

Le questionnaire est orienté principalement vers l'états des connaissances des ravageurs et les techniques de lutte alternatives dans la région de Bejaia (Annexe07). Ces questions sont réparties en 04 thèmes :

1. Les pratiques culturales.
2. La connaissance des ravageurs des agrumes.
3. L'application des produits phytosanitaire contre la cératite.
4. Les techniques alternatives de lutte contre la cératite.

### 3.3. Analyse statistique

Les données de dénombrement des piqûres de la cératite sont soumises à des analyses de la variance dans le but de déterminer s'il existe des différences significatives entre les différentes modalités considérées (variété, exposition, vergers, lutte chimique...). La validation de toute hypothèse nulle ( $H_0$ ), lors d'une analyse statistique, repose sur le risque de première espèce de 5%. Si la probabilité du test effectué est inférieure au risque alors l'hypothèse de départ est rejetée.

Vu que les conditions d'application d'une anova paramétrique ne sont pas satisfaites (condition d'homoscédasticité : test Levene significatif), des anova non-paramétriques de Kruskal -Wallis (K-W,  $\alpha=5\%$ ) sont appliquées pour élucider s'il y a des différences entre l'ensemble des modalités. Dans le cas où celui-ci est significatif, un test par paire de Man-Whitney (U-MW) est réalisé après avoir effectué une correction séquentielle de Bonferroni. Ce test est effectué pour l'ensemble des combinaisons possibles.

Les données collectées par le questionnaire sont traitées moyennant les statistiques descriptives à l'aide du logiciel SPSS v.23 (Statistical Package for the Social Sciences), ainsi que l'ensemble des analyses statistiques effectuées, et les illustrations graphiques sont réalisées avec le tableur Excel 2016.

# **Chapitre III**

## **Résultats**



### III. Résultats

#### 1. Estimation de l'ampleur des dégâts causés par la cératite sur les agrumes

##### 1.1. Le taux de fruit piqués dans les vergers

La cératite cause des dégâts considérables qui peuvent engendrer, dans le cas de forte attaque, l'anéantissement de la quasi-totalité de la récolte. Les dommages causés par la cératite sont des piqûres de pontes et des galeries dans les fruits, engendrées respectivement par des femelles et des larves, qui constituent une voie de pénétration des champignons et bactéries responsables de la décomposition et la chute prématurée des fruits. Ceux-ci sont des porteurs du ravageur et devrait être considérés comme impropre à la commercialisation. De ce fait, les fruits contenant les larves de la cératite devraient être détruits de telle sorte à briser le cycle de reproduction du ravageur.

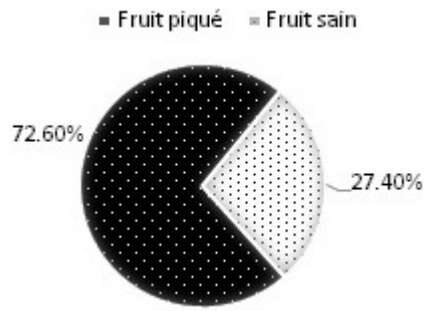
Le tableau et la figure ci-dessous mettent en évidence l'ampleur des dégâts sur les fruits causés par la cératite à un instant donné (T). En d'autre terme, c'est l'image des dégâts subis par la production agrumicole dans quelques vergers de la wilaya au moment de l'échantillonnage (Janvier-février) qui coïncide avec la fin de la maturation des fruits pour la plupart des variétés.

**Tableau II :** Taux des fruits piqués et sains dans chaque verger.

Etat du fruit	Vergers d'agrumes							
	Merdj Ouaman	EAC Merkhouf	EAC N°4	EAC N°5	Verger Rahmani	Ferme Pilote	Ichikar Ouest	Ichikar Est
<b>Fruit piqué</b>	54.7%	59.0%	75.0%	80.0%	63.5%	86.5%	99.0%	98.0%
<b>Fruit sain</b>	45.3%	41.0%	25.0%	20.0%	36.5%	13.5%	1.0%	2.0%

En effet, les résultats montrent qu'il y a une forte charge de cératite dans les champs des agrumes visités, qu'il soit traité chimiquement ou non, ce qui se voit par le taux global d'infestation considérable (72.6%). Le taux de fruits piqués est significativement important par rapport à ce qui reste en état sain ( $X^2$  de Persean=168.4 ; ddl= 7 ;  $p < 10^{-32}$ ). Dans tous les vergers et pour toutes les variétés confondues, il y a au moins 54.7% de fruits piqués ce qui peut aller même à l'anéantissement total de la récolte dans les vergers non traités (99%).

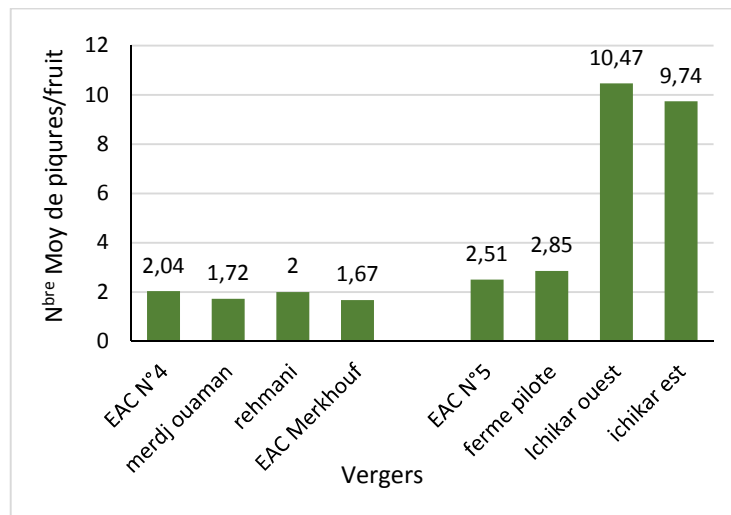
Sachant que ces résultats ne sont qu'un dénombrement effectué dans laps de temps très court, et non pas un suivi dans le temps depuis le début de la maturation jusqu'à la récolte des fruits. Dans ce cas, le taux global de fruit touchés par la cératite dépasserait largement les 72.6%.



**Figure 30 :** Taux global des fruits piqués et sains.

### 1.2. Quantification de la charge des piqures par fruit

La densité de populations de *C. capitata* se traduit par le nombre de piqures sur les plantes hôtes. Les résultats de dénombrement de piqures de la cératite, permettent de calculer le nombre moyen de piqure par fruit dans chaque verger et les résultats sont représentés par la figure 31.



**Figure 31 :** Nombre moyen des piqures par fruit dans chaque verger.

Le graphique montre, qu'au niveau de tous les vergers échantillonnés, la charge de la cératite est importante. Le nombre moyen de piqures le plus faible est recensé dans le verger EAC Merkhouf, qui est tout du même assez important de fait que plus d'une femelle pond sur un même fruit.

Une charge extrêmement élevée est observée dans les vergers situés plutôt vers l'intérieur de Bejaia (Ichikar) où celle-ci avoisine 11 piqures/fruit en moyenne. Sachant que dans ces mêmes vergers, plusieurs fruits inspectés ont encaissé plus d'une vingtaine de piqures.

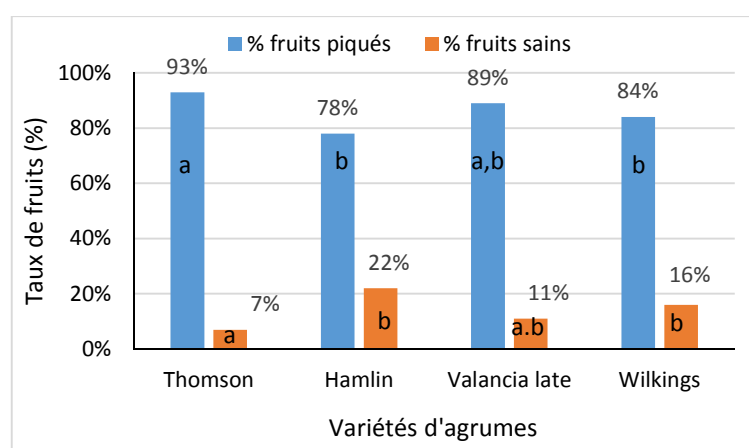
### 1.3. L'effet attractif des variétés d'agrumes sur la cératite

La cératite semble manifester une préférence pour certaines variétés. Des analyses statistiques et descriptives sont réalisées sur les données obtenues afin de révéler la variété la

plus attractif vis-à-vis de cette mouche dans les vergers étudiés. Les résultats sont présentés ci-dessous en deux parties.

### 1.3.1. Taux d'infestation selon la variété

Pratiquement tous les agrumes sont attaqués par les femelles de la mouche des fruits. Les quatre cultivars inspectés présentent des taux d'infestation extrêmement élevés, qui dépassent les 78%. Dans certains vergers, ils se rapprochent de 100% de fruits piqués (annexe12). Le potentiel attractif des variétés vis-à-vis de la cératite ne se manifeste pas d'une manière extrême, bien qu'une différence significative a été observée ( $\chi^2$  de Persean=16.56 ; ddl= 3 ;  $p < 0.0004$ ) entre les sous-ensembles Thomson-Valencia late d'un côté et Hamlin-Wilkins de l'autre côté (figure 32).

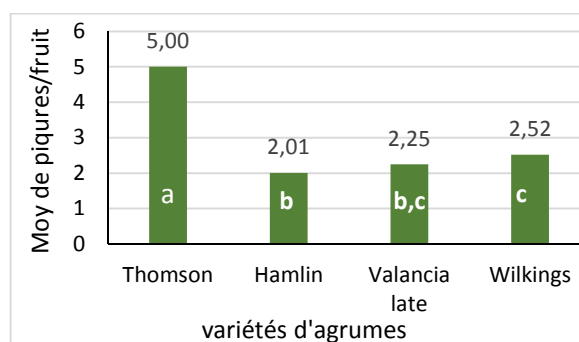


**Figure 32 :** Taux de fruits piqués et sains selon la variété.

(Chaque lettre indique un sous-ensemble de variétés dont les proportions ne diffèrent pas de manière significative les unes des autres,  $\alpha < 0.05$ ).

### 1.3.2. Charge de piqûres selon la variété

Pour mieux déterminer la variété la plus touchée, une autre analyse a été réalisée selon le nombre moyen des piqûres. Les résultats sont illustrés sur la figure 33.



**Figure 33 :** Nombre moyen de piqûres/fruit selon la variété d'agrumes.

(Les variétés partageants la même lettre ne diffèrent pas de manière significative les unes des autres, après correction séquentielle de Bonferroni  $\alpha_1 < 0.0084$ ).

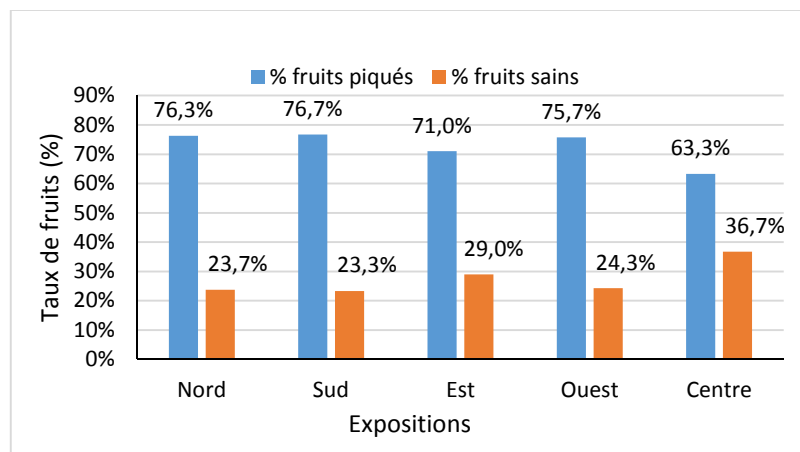
L'étude de l'infestation des agrumes en fonction de nombre moyen de piqûres révèle que la variété la plus touchée par la cécidomyie est la variété Thomson avec une moyenne de 5 piqûres/ fruit, suivi par la variété Wilkings avec une moyenne de 2.52 piqûres par fruit, et en dernier les variétés Valencia late et Hamlin avec des moyennes 2.25 et 2.01 piqûres par fruit respectivement.

Le test de Kruskal Wallis révèle en effet une différence significative ( $X^2$  de Persean=145.25 ; ddl= 3 ;  $p < 10^{-30}$ ) entre les charges de piqûres subites par les quatre variétés étudiées. Celui-ci est suivi par un test post-hoc *U-MW* (annexe 13) qui mis en évidence que l'orange Thomson subit plus d'attaque de femelle cécidomyie que les autres variétés ( $P \approx 0$ ). Ce qui signifie que la variété Thomson est l'hôte préférentiel pour cette mouche.

#### 1.4. L'influence de l'exposition du fruit sur l'attraction de la cécidomyie

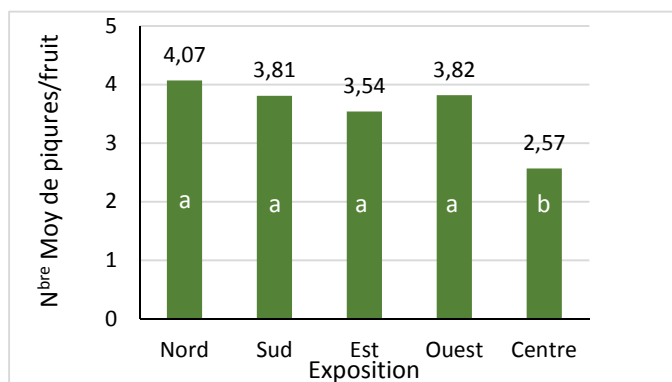
Plusieurs facteurs environnementaux peuvent influencer la distribution et la démographie des populations des ravageurs, en affectant directement ou indirectement la survie et le taux de développement des différents stades de vie. Dans cette section nous allons tenter de voir si l'exposition du fruit joue un rôle dans l'attraction des femelles de la mouche.

Les fruits prélevés au centre de l'arbre présentent un taux d'infestation le plus faible (63%) par rapport aux autres expositions qui dépassent les 70% (figure 34 et annexe 14).



**Figure 34 :** Taux de fruits piqués et sains selon l'exposition.

Il est important de noter que, globalement, tous les fruits prélevés sur les différentes expositions sont très touchés par la cécidomyie au point d'engendrer une compétition pour un même habitat (figure 35).



**Figure 35 :** Nombre moyen de piqures/fruit selon l'exposition.

(Les expositions partageants la même lettre ne diffèrent pas de manière significative les unes des autres, après correction séquentielle de Bonferroni  $\alpha_1 < 0.0062$ ).

Le test de K-W montre effectivement qu'il existe une différence significative ( $X^2$  de Persean=31.2 ; ddl= 4 ;  $p < 0.00003$ ) entre le nombre moyen des piqures pour les différentes expositions. Les comparaisons bilatérales par paires (annexe 15 : test U-MW) révèlent en effet que les fruits situés au centre de l'arbre sont plus épargnés que les fruits qui sont plutôt apparents ou situés vers l'extérieur de l'arbre (4 paires comparées :  $p \approx 0$ ). En revanche, aucune différence notable n'a été observée en comparant la charge des piqures subite par les fruits situés sur les quatre points cardinaux.

## 2. Estimation de l'efficacité de la lutte chimique adoptée contre la cératite

Il existe différentes méthodes de lutte pour limiter les populations de mouches du fruit, et à chaque de ces méthode un seuil d'efficacité jugé par le taux d'infestation. Parmi ces méthodes le plus utilisé dans la région de Bejaïa le procédé chimique. Les produits phytosanitaires utilisés sont : Décis, Ultracide, karaté, Alphythrine.

Les résultats présentés ci-dessous montrent la différence du taux d'infestation entre les vergers traités et non traités, et l'importance de nombre de traitements chimiques sur la réduction des populations du ravageur.

### 2.1. Effet de la lutte chimique sur la réduction de l'infestation

La comparaison effectuée entre les vergers traités chimiquement et ceux non traités montre en effet que le taux d'infestation est significativement différent ( $X^2$  de Persean=168.4 ; ddl= 7 ;  $p < 10^{-32}$ ). Dans les vergers ayant subis une intervention chimique, le taux global de fruits piqués est de 63% contrairement aux vergers non traités où il est beaucoup plus élevé (91%). Bien que la différence entre ces deux catégories de vergers soit remarquable, l'efficacité de l'intervention chimique s'avère limiter du moment que le taux de fruits piqués reste considérable, qui est de 26% au minimum et se rapprochant de 50% dans les vergers Merdj Ouamen (figure 36).

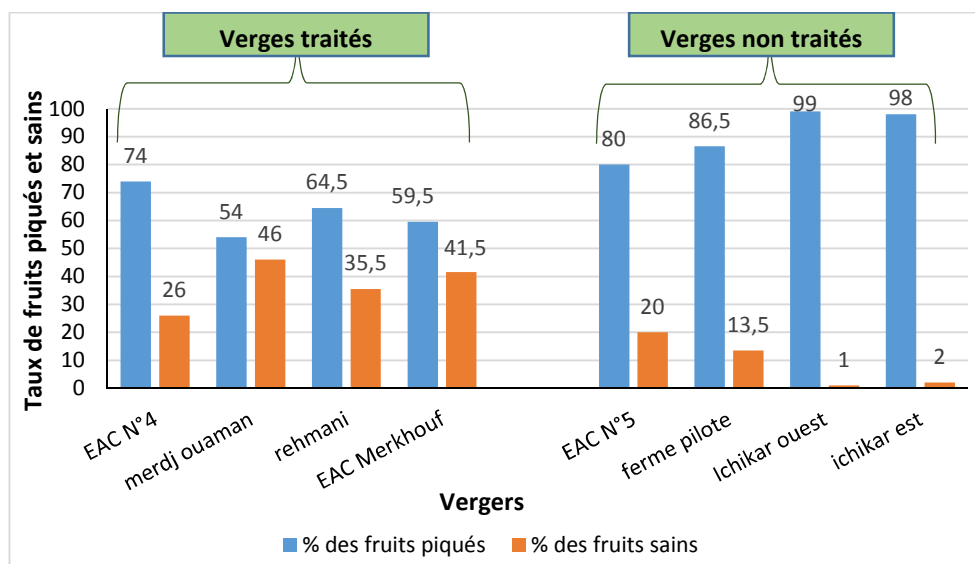


Figure 36 : Taux de fruits piqués et sains dans les vergers traités et non traités.

### 2.2. Effet des traitements chimiques sur la limitation de la charge des piques

Les fortes pullulations de la mouche méditerranéenne dans les vergers induit une compétition sur les sites de ponte de femelles. À un certain seuil, la compétition se manifeste par des attaques d'un fruit par plusieurs femelles.

L'intervention chimique a permis, en effet, de réduire la charge des piques sur le même fruit (figure 37). Certes la différence est significative entre les vergers ayant reçus des traitements chimiques et ceux non-traités ( $p < 10^{-40}$ ), mais pas au point d'éliminer complètement le ravageur. Sur le terrain ; il a été constaté que même après 3 interventions chimique, voire cinq dans quelques vergers, le taux d'infestation reste considérable et la charge des piques élevée ( $\approx 2$  piques/fruit).

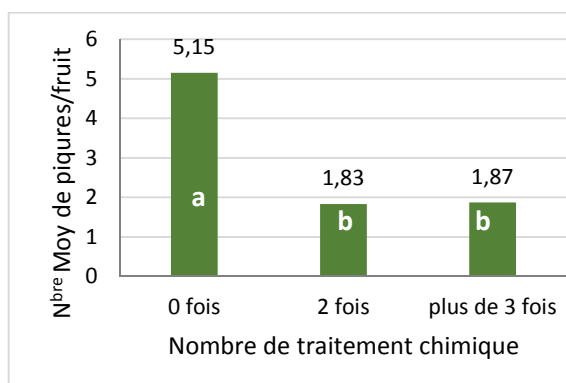


Figure 37 : Nombre moyenne des piques par fruit selon le nombre de traitement chimique. (Les catégories qui ont la même lettre ne diffèrent pas significativement l'une de l'autre, après correction séquentielle de Bonferroni  $\alpha_1 < 0.0016$ )

### 3. État des connaissances sur les ravageurs des agrumes et les techniques culturales et phytosanitaires utilisées dans la région de Bejaia

#### 3.1. Les pratiques culturales

- ✓ *Quels sont les conditions favorables (exigences) et les méthodes appliquées visant à améliorer la santé et la productivité des agrumes ? (Question ouverte)*

Les réponses des agriculteurs à cette question sont autour :

- L'irrigation régulière (Avoir un périmètre irrigué).
- La bonne conduite des travaux d'entretien de verger : taille et désherbage.
- L'utilisation des engrais de fertilisation pour l'entretien de sol (NPK 3×15 %, PK 20-25%, Urée 33% ou 46%.
- L'utilisation des produits phytosanitaires disponible sur le marché local par pulvérisation comme Décis, Karaté, Alphythrine, Ultracide et l'huile blanche.

#### 3.2. La connaissance des ravageurs des agrumes

- ✓ *Connaissez-vous des ravageurs des agrumes, responsables de la perte de rendement et la dévalorisation du fruit ? (Diminution de la qualité et la quantité des fruits).*

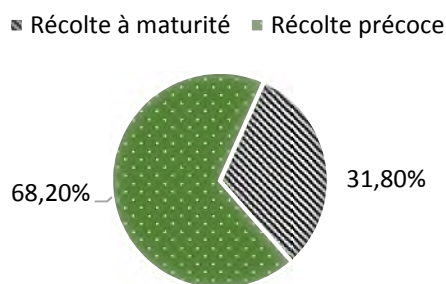
La majorité des agriculteurs interrogés connaissent les plus importants ravageurs des agrumes, responsables de la diminution du volume de production et de la qualité du fruit. Le ravageur le plus connu est la mouche méditerranéenne des fruits, appelée arbitrairement par certains « la mouche piqueuse ». Les résultats des réponses sont présentés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau III** : Nombre d'agriculteurs distinguant entre les différents ravageurs des agrumes.

Le ravageur	Réponse positive	pourcentage %
Cératite	17	77.2
Cochenille	14	63.6
Mineuse	10	45.5
Fumagine	9	40.9
Puceron	12	54.5
Autre	0	00

- ✓ *Est-ce que vous récoltez les fruits précocement pour éviter qu'ils subissent plus de dégâts ? Si oui, ils sont dus à quel ravageur ?*

La majorité des agriculteurs (68.2 %) optent pour une récolte très précoce des fruits. Celle-ci est effectuée souvent avant maturation complète du fruit par soucis de sauver le plus possible de leur récolte. Une récolte tardive serait désastreuse et affecterait ainsi le volume et qualité de la production. Ils déclarent que l'agent responsable de ces dommages est bien la mouche méditerranéenne des fruits (figure 38).

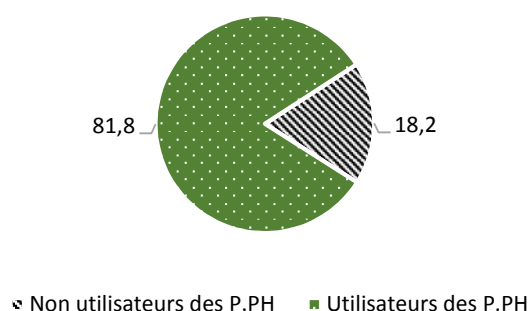


**Figure 38 :** Période de récolte des fruits.

### 3.3. L'application des produits phytosanitaire contre la cératite

- ✓ *Utilisez-vous des produits phytosanitaires ? Si oui lesquels sont utilisés pour contrôler la cératite ?*

La lutte chimique contre la cératite est largement adoptée par la majorité (81.8%) des producteurs d'agrumes dans la région de Bejaia. Ils s'approvisionnent en pesticides selon leurs disponibilités sur le marché local. Les produits couramment utilisés sont : Décis, karaté, Alphythrine, ultracide ainsi que l'huile blanche.



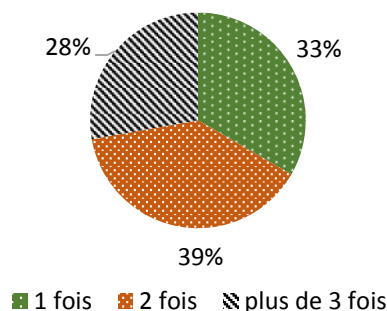
**Figure 39 :** Nombre d'utilisateurs de produits phytosanitaires (P.PH).

- ✓ *Combien de fois vous utilisez les insecticides durant l'année ?*

Des réponses à cette question ne ressort pas une stratégie de lutte bien élaborée dans le but de limiter significativement le ravageur. Certains agriculteurs se contentent d'une seule application, ce qui serait sûrement insuffisant pour arriver à bout de tous les différents stades du cycle évolutif de l'insecte.

Quelques agriculteurs (33%), par contre, optent pour au moins trois traitements, voire cinq, ce qui donnerait des résultats intéressants quand l'application débute dès l'apparition des premiers individus.





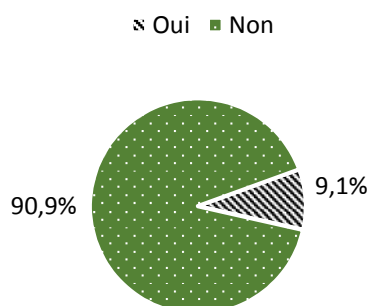
**Figure 40** : Fréquence d'utilisation des insecticides par les agriculteurs durant l'année.

- ✓ *Choisissez-vous les pesticides sélectifs pour épargner l'entomofaune utile (auxiliaires des cultures : coccinelles, syrphes, abeilles...)?*

La totalité des agriculteurs ne choisissent malheureusement pas des pesticides sélectifs pour épargner du moins l'entomofaune utile. Ceci s'explique par la rareté, voire l'absence, de cette catégorie de produits phytosanitaire et également par le manque d'information et de sensibilisation des agriculteurs sur les dangers des pesticides non sélectifs sur la biodiversité en générale.

- ✓ *Avez-vous bénéficié de conseils de la part des services agricoles sur l'utilisation des pesticides?*

La quasi-totalité des agriculteurs (90,9%) n'ont pas reçu des formations concernant les bonnes pratiques d'utilisation des pesticides. Seulement deux agriculteurs ont déclaré avoir été reçu et conseillé par les services agricoles de la commune d'Amizour.



**Figure 41** : Pourcentage d'agricultures ayant bénéficié des conseils sur l'usage des pesticides.

### 3.4. Les techniques alternatives de lutte contre la cératite

- ✓ *Utilisez-vous d'autres stratégies de lutte contre la cératite?*

La totalité des agriculteurs ne font pas usage d'autres techniques de lutte contre la cératite, plus respectueuses de l'environnement et moins nocives pour la santé humaine. Donc les traitements phytosanitaires se limitent à l'application des molécules actives de synthèse.

Toutes les questions suivantes sur le piégeage de la mouche ont des résultats négatifs.

# Chapitre IV

## Discussion

## IV. Discussion

### 1. Estimation de l'ampleur des dégâts causés par la cératite sur les agrumes

La mouche méditerranéenne des fruits s'attaque à un grand nombre d'espèces fruitières dont la production s'étale sur toute l'année (Mazih, 1992) et cause ainsi des dégâts considérables qui peuvent aller jusqu'à la destruction totale de la production.

Dans tous les vergers échantillonnés la densité des populations de *Ceratitis capitata* est très importante, ce qui se manifeste par un taux global d'infestation des fruits considérable (72.6%). Cette forte pullulation du ravageur est accentuée par les conditions climatiques favorables pour sa reproduction, notamment les températures relativement élevées et la rareté de précipitations durant l'année 2015, et précisément durant la période qui coïncide avec la maturation des agrumes. Dans ces conditions optimales associées à la présence des hôtes, la mouche du fruit se reproduit d'une manière continue enchainant ainsi génération après génération. En revanche les basses températures et spécialement si elles sont associées aux grandes pluies, augmentent considérablement la mortalité des adultes (Abdelli, 1996), et même les œufs deviennent infertiles pour des températures minimales allant de 4 à 7°C (Delrio, 1985), réduisant ainsi la prolifération du ravageur.

D'autre part, les résultats sur la charge de la cératite dans les vergers montrent que les agrumes ont subi des attaques assez importantes et répétées par cette mouche (plusieurs piques sur le même fruit), contrairement aux résultats de Descoins (2007) qui indiquent qu'il y a reconnaissance par une autre femelle d'un fruit préalablement occupé grâce à la présence de phéromone anti-ovipositeur déposée à la surface du fruit par la première, qui empêche les autres femelles de pondre sur le même fruit. En effet une telle situation pourrait s'expliquer par la charge importante de la cératite dans les vergers inspectés induisant ainsi une compétition des femelles sur les sites de ponte. À un certain seuil de densité, la compétition se manifeste par des attaques de plusieurs femelles à la fois sur un même fruit.

L'effet attractif des variétés d'agrumes ainsi que l'influence de l'exposition du fruit ont révélé que la cératite manifeste une préférence pour certaines variétés et expositions. La variété Thomson présente le nombre le plus élevé de piqûres avec une moyenne de 5 piques par fruit. Elle est suivie par les variétés Wilkings, Valencia late et Hamlin avec 2.52, 2.25, 2.01 piques par fruit respectivement, Ceci envisage que la variété Thomson est l'hôte préférentiel de la cératite (Abdelli, 1996 ; Smail et Keddouci, 2000 ; Dekhli, 2006). La mouche méditerranéenne des fruits est attirée plus par les fruits les plus volumineux (Katsoyanos, 1986 ; Katsoyannos et al., 1997 ; Papadopoulos et al, 2001) qui présentent une surface sèche et une couleur jaunâtre (Féron, 1962), comme elle s'attaque aux variétés précoces et tardives celles à peau mince

(Chouibani et *al.*, 2003). Au sein de la même espèce d'agrumes, la cératite manifeste une préférence pour les fruits à degrés de maturité avancée (Ali Ahmed-Sadoudi, 2007), et particulièrement pour les cultivars ayant une texture huileuse de l'écorce de leur fruit (Delanoue et Soria, 1962).

Les fruits qui se trouvent à l'intérieur de l'arbre, moins éclairés, présentent une charge de piqures assez faible (2 piqures/fruit) comparativement aux autres fruits localisés à l'extérieur de l'arbre (3.5-4.07 piqures/fruit). Cela signifie que la cératite manifeste une préférence pour les fruits mieux exposés, donc plus ensoleillés (Bodenheimer, 1951 ; Epsky et Heath, 1998). En d'autre terme l'intensité lumineuse et de la qualité de la lumière peuvent provoquer des réponses variables quant au choix du site de ponte, ainsi que la brillance du site d'oviposition, plutôt que sa couleur, a une influence majeure sur le dépôt des œufs (Feron, 1962).

## **2. Estimation de l'efficacité de la lutte chimique adoptée contre la cératite**

Les traitements chimiques adoptés contre la cératite, par les agriculteurs de la région de Bejaia, montre un effet visible sur la réduction de l'infestation des agrumes. Les résultats présentés précédemment montrent que les fruits des vergers qui ne sont pas traités chimiquement présentent une moyenne de piqure de 5.15 piqures/fruit par contre dans les vergers traités, la charge de piqures est inférieure à 2 par fruit. En d'autres termes, le taux d'infestation dans les vergers non traités est significativement élevé (80 à 99%) par rapport aux vergers traités où il varie de 54 à 74% de fruit infestés. En revanche, la stratégie de lutte chimique adoptée montre ses limites du moment qu'elle n'arrive pas à éliminer, voire éradiquer complètement ce ravageur dans les vergers. Même après 5 applications de pesticides, le taux d'infestation reste très élevé et dépasse les 50%. Sachant que ces résultats ne sont que l'image des taux d'infestation au moment de l'échantillonnage, donc un suivi dans le temps, depuis le début de la maturation jusqu'à la récolte des fruits, r v lerait certainement des taux d'infestations beaucoup plus élevés.

Une lutte chimique inappropriée aboutirait certainement à des résultats insatisfaisants, ne réduisant pas ainsi les populations de la cératite d'une manière significative. D'un autre côté, elle conduit inévitablement à la sélection d'individus résistants, ce qui aura comme conséquence l'émergence de populations de résistants en modifiant la structure génétique des populations du ravageur. Ces phénomènes de résistance des insectes aux insecticides organiques de synthèse ont conduit à utiliser des concentrations de plus en plus fortes de substances actives pour obtenir des résultats similaires à ceux du passé (Regnault-Roger, 2002). En outre, l'utilisation systématique des pesticides chimiques n'est pas sans conséquence sur toutes les composantes de la biosphère ; notamment sur les organismes non cibles et les

ressources hydriques (Auberto et *al.*, 2005 ; CE, 2007) et également la présence de leurs résidus dans les eaux et l'alimentation posent un réel problème de santé publique (Camard, 2010).

La lutte chimique contre la cératite devrait être abordée d'une manière raisonnée pour éviter l'usage abusif et irrationnel de ces molécules chimiques et optimiser ainsi leur efficacité. La déficience observée de la piste contrôle des populations de la cératite dans la région de Bejaia serait dû certainement aux mauvaises pratiques de lutte, d'autant plus que la cératite est difficile à éradiquer le fait que les adultes sont très mobiles, les femelles ont une fécondité très importante (200-300 pontes possibles/femelle), les larves sont en permanence dans le fruit et les nymphes se cache dans le sol, ce qui les rend peu exposé aux attaques extérieures et aux insecticides (Warlop, 2003).

D'autres part, la situation géographique des vergers par rapport aux vergers voisins peut avoir un effet sur le succès de la lutte ; étant donné que tout verger négligé au milieu de vergers traités et soignés, sert de foyer de réinfestation. Comme également la diversité des espèces fruitière au sein d'un verger favorise la dynamique des populations de la cératite durant l'année dans plusieurs hôtes, donc il est conseillé d'éviter la présence d'autres plantes hôtes dans les vergers agrumicoles à savoir les néfliers, les abricotiers, les pommiers, les pêchers, les bigaradiers, les figuiers, les figuiers de Barbarie, les haies d'*Abelia* et de *Lycium* (Bodenheimer, 1951).

### **3. État des connaissances sur les ravageurs des agrumes et les techniques culturales et phytosanitaires utilisées dans la région de Bejaia**

Les pratiques culturales dans les vergers peuvent avoir une influence dans la répartition qualitative et quantitative des phytopathologies qui touchent la santé et la productivité des agrumes. La plupart des agriculteurs enquêtés n'appliquent pas des mesures prophylactiques visant à réduire les infestations de leur verger. Premièrement, le ramassage et la destruction des fruits piqués par la cératite est l'une des actions permettant de briser le cycle de développement du ravageur. Également, le bon désherbage régulier et de façon concertée dans les vergers et de leurs alentours permettra aux producteurs d'une zone donnée de réduire le taux d'inoculum dans les vergers, de mieux contrôler les populations de ravageurs. L'application de la taille d'entretien est considérée comme une technique d'entretien des vergers qui permettra de débarrasser l'arbre de ses parties malades ou affaiblies qui sont propices aux infections secondaire.

Les résultats d'étude rapportent que la majorité des agriculteurs enquêtés connaissent les principaux ravageurs des agrumes (mouche méditerranéenne des fruits ou cératite, cochenille, mineuse, fumagine, puceron) qui causent des pertes de leur production. La cératite est le ravageur qui cause plus des dégâts, c'est pourquoi 62.5% des enquêtés récoltent la

production précocement avant la maturation totale du fruit pour éviter qu'ils subissent plus de dégâts.

La totalité des agriculteurs enquêtés ne choisit pas des pesticides moins nocifs mais une gamme très variée des pesticides disponible sur le marché national (Décis, Ultracide, karaté, Alphythrine et l'huile blanche) qui présente des dangers sur la santé humaine et l'environnement. Ainsi que la majorité de ces agricultures n'ont jamais reçus formation de la part des services agricoles sur les bonnes pratiques de l'usage des substances chimiques, et par conséquence les traitements effectués s'avèrent inefficaces ce qui a maintenu l'infestation à un niveau très important.

Cette étude a dévoilé que tous les agriculteurs enquêtés n'optent pas pour des stratégies de lutte non chimique (lutte intégrée, lutte biologique, techniques de piégeage...). Cette situation est due à l'ignorance de l'existence de nouvelles méthodes de lutte biotechniques dont l'efficacité est bien démontrée dans plusieurs pays, notamment dans les pays voisins (Maroc, Tunisie). Et pourtant durant les dernières décennies, un grand intérêt a été alloué aux méthodes biologiques de lutte contre les insectes nuisibles en vue du remplacement des procédés chimiques. Les pratiques culturales ont été essayé comme méthode de lutte contre la cératite depuis longtemps (Turica et al., 1971), et constituent une composante majeure dans les programmes de lutte intégrée, principalement d'éviter d'associer des cultures hôtes ou variétés à maturité chevauchante. Le piégeage de masse basé sur l'usage de plusieurs appâts et attractifs à donner des résultats satisfaisants concernant la réduction de l'infestation et le taux de piques (Mediouni Ben Jemâa et al., 2010 ; Mediouni Ben Jemâa et al., 2013), et également un autre type de piège à phéromones basé sur la confusion sexuelle d'éviter ainsi la rencontre des deux sexes. La lutte biologique par les lâchers de parasitoïdes comme *Opius concolor*, *Opius incisi*, *Opius kraisi* qui ont pu atténuer l'effectif de la population du ravageur. D'autres parasitoïdes comme *Diachasmimorpha tryoni* et *Fopius arisanus* ont été utilisé en Australie, Hawaï et dans le sud et le centre de l'Amérique et qui ont prouvé une efficacité satisfaisante (Wong et al., 1992). La technique de stérilisation des mouches avec le chemosterilisant « lufenuron » ou en les exposant à de faibles doses d'irradiations s'avère très respectueuse de l'environnement et efficace a donné des résultats satisfaisants (Roessler et al., 1994 ; Bachrouch et al., 2008). Cette technique de lâcher de mâles stériles a été appliquée avec succès notamment au sud de Mexique où elle a permis de réduire les populations de cette mouche (Riba et Silvy, 1989).

# CONCLUSION

L'étude conduite sur quelques vergers agrumicoles de la région de Bejaia a révélé une infestation de grande ampleur par la mouche méditerranéenne des fruits. En effet, il en ressort une forte charge de cératite dans les vergers visités, qu'il soit traité chimiquement ou non, ce qui est reflété par le taux global d'infestation des fruits considérable (72.6%). La pullulation de ce ravageur est certainement accentuée par les conditions climatiques de l'année 2015 et début de l'année 2016 ; températures relativement élevées et rareté de précipitations. D'autre part, elle serait due à l'absence d'une stratégie de lutte intégrée et adéquate pour contenir l'expansion de l'insecte.

Les quatre variétés d'agrumes échantillonnées sont fortement infestées, et les taux recensés dépassent largement les 78% de fruits piqués. Toutefois la variété Thomson semble la plus attractive vis-à-vis de la cératite avec un taux d'infestation de 93%, suivie par la variété Valencia late avec un taux légèrement inférieur (89%). La charge de piqures sur un fruit est également plus importante sur les Thomson avec une moyenne de 5 piqures/fruit suivi par la Wilkings avec une moyenne de 2.52 piqures/fruit.

D'autre part, l'exposition du fruit joue un rôle dans l'attraction des femelles. En effet, les fruits plus exposés au soleil, donc plus brillants, sont facilement perceptibles et mieux choisis sites de pontes par la cératite. En conséquence, les fruits cachés à l'intérieur de l'arbre sont moins infestés que les fruits se trouvant vers l'extérieur, donc mieux exposés.

L'application des pesticides révèle un effet notable sur la réduction de la charge de la cératite. En effet les vergers traités le taux d'infestation varié de 54 à 74 % comparativement à ceux non-traités où l'infestation va de 80 à 99 %. Une lecture de ces résultats montre la limite de lutte chimique adoptée du moment qu'elle n'arrive pas éradiquer le ravageur dans les vergers traités. À cela s'ajoute les facteurs intrinsèques liés au verger ; la présence d'autres plantes hôtes qui peuvent servir de relais aux différentes générations de la cératite et également de fermes voisines, s'ils ne sont pas traités et bien entretenus, peuvent être des foyers potentiels du ravageur

L'enquête réalisée au prêt de 22 agriculteurs montre les principaux ravageurs des agrumes sont assez connus et identifiés. En revanche, il est à déploré le manque de suivi de bonne pratiques culturales et mesures prophylactiques visant à briser le cycle de développement du ravageur notamment par le ramassage et la destruction des fruits tombés dans les vergers ainsi que les travaux d'entretien essentiel (labour superficiel de verger, la taille d'entretien et désherbage...). Le seul recours des agriculteurs est les produits pesticides pour contenir les principaux ravageurs pouvant nuire à la production, principalement la cératite. Aucune autre technique alternative à la lutte chimique n'a été utilisée dans la région de Bejaia, bien qu'il



existe d'autres techniques plus respectueuses de l'environnement et moins nocives pour la santé humaine et qui ont montré leur efficacité dans plusieurs pays. L'usage abusif et non raisonné de pesticides conduirait à la modification de la structure génétique des populations de la cératite par la sélection de souches résistantes à priori aux molécules chimiques utilisées.

Au terme de travail, il nous paraît très important d'étendre cette étude sur d'autres essences fruitières et suivre ainsi la dynamique des populations de la cératite dès l'arrivée des premiers fruits de l'année jusqu'à la récolte de la variété d'agrumes la plus tardive.

Également, il serait indispensable de quantifier l'efficacité des pesticides présents sur le marché sur les populations actuelles de la cératite.

Comme il est évident de travailler dans le sens de proposer une stratégie de lutte intégrée, favorisant les techniques culturales, lutte biologique et dispositifs de piégeage en masse plus respectueux des équilibres écologiques, en vue d'arriver à bout de ce ravageur qui anéanti pratiquement la quasi-totalité de la production fruitière en Algérie.

## Recommandations

Au terme de ce travail, nous préconisons quelques recommandations à des niveaux différents pour lutter contre la cératite.

### ✓ **Au niveau local :**

- Encourager les bonnes pratiques culturales visé à briser le cycle de développement de ce ravageur (détruire les fruits infestés, désherbage et travail du sol régulier).
- La surveillance de la cératite pour réduire l'utilisation des pesticides et déterminer le moment opportun de traitement à l'aide des pièges à phéromones.
- L'installation des piégeages en masse basé sur un attractif alimentaire spécifique aux femelles pour une réduction importante des populations de *C. capitata*.

### ✓ **Au niveau régional :**

- L'action collective dans l'application des mesures de lutte dans tous les vergers de la région et surtout dans la vallée de la Soummam où se concentre la majorité des agrumicultures.
- Alternier régulièrement les pesticides à appliquer pour éviter le phénomène de résistance des insectes.
- Effectuer des sessions de formation pour les agriculteurs afin de les préparer à mieux gérer leurs interventions contre les ravageurs notamment la cératite et à utiliser raisonnablement la lutte chimique.

✓ **Au niveau national :**

- Adopter la méthode de lutte autocide par des lâchers des mouches mâles stériles ainsi que la lutte biologique par des lâchers de parasitoïdes naturels (*Fopius arisanus* et *Diachasmimorpha longicaudata*).
- Développer l'utilisation de biopesticides.
- Encourager la lutte intégrée.

# RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- A.I.E.A., 2003.** *Product quality control, irradiation and shipping procedures for mass-reared Tephritid fruit flies for sterile insect release programmes.* Version 5.0, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- Aboussaid, H., Oufdou, K., Messoussi, S., 2007.** *Rôle de Bacillus thuringiensis dans la protection de la forêt d'arganier contre la mouche méditerranéenne, Ceratitis capitata (Wied) ;* IVème journées nationales de biodiversité. Tétouan, Maroc, 262 p.
- Abdelli, O., 1996.** *Étude de quelques aspects de la bioécologie de la mouche méditerranéenne des fruits Ceratitis capitata (wiedemann, 1824), (Diptera, Tryphrétidae) dans le parc de Chaib.* Mem.Mag : Inst. Sc. Nat. Uni. Tizi-ouzou. 76p.
- Adjdir, Z., Bensnoui, A., 2009.** *Bilan d'une Agrumeraie, cas de la ferme pilote Moussadek Abdalkader (Remchi Wilaya de Tlemcen).* Mém. Ing : Univ. Tlemcen. 81 p.
- Ali Ahmed- Sadoudi, D., 2007.** *Bioécologie de la mouche méditerranéenne des fruits Ceratitis capitata Wiedemann, 1824 (Diptera : Trypetidae) dans quelques vergers de la Kabylie.* Thèse Doctorat : Uni. Mouloud Mammeri. T O. 197p.
- Alzieu, C., Duguay, R., 1979.** *Teneurs en composés organochlorés chez les cétacés et pinnipèdes fréquentant les côtes françaises,* (en ligne). oceanologica acta, 2(1) :107-120. (consulté le 05/04 /2016).[www.archimar.ifremer.fr/doc/00122/23322/21145.pdf](http://www.archimar.ifremer.fr/doc/00122/23322/21145.pdf).
- Anonyme, 2008.** *Spinosad un biopesticide hautement compatible dans les systèmes de lutte intégrée.* Texte reproduit des Dossiers Biocontrôle, numéro 11, septembre 2008. (Consulté le 23/04/2016). <[www.agrireseau.net/documents/73056?r=spinosad](http://www.agrireseau.net/documents/73056?r=spinosad)>.
- Arita L.H., Kaneshiro K.Y., 1985.** The dynamics of the lek system and mating success in males of the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Wied). *Proc. Hawaii. Entomol. Soc.*, 25 : 39-48.
- Aubertot, J.N. Barbier., J.M. Carpentier, A., Gril, J.J., Guichard, L., Lucas, P., Savary, S., Savini, I., Voltz, M., 2005.** Pesticides agriculture et environnement : réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux. Expertise scientifique collective, Synthèse de rapport, Inra et Cemagref (France).3p. ISBN : 2-7380-1221-3.
- Bachi, k., 2012.** *Etude de l'infestation de différentes variétés de figuier (Ficus carica L.) par la mouche méditerranéenne des fruits, Ceratitis capitata (Diptera, Trypetidae). Effets des huiles essentielles sur la longévité des adultes.* Mémoire de magister, écologie animale : Université de Tizi ouzou. 114p.
- Bachrouch, O., Mediouni-BenJemâa, J., Alimi, E., Skillman, S., Kabadou, T., Kerber, E., 2008.** Efficacy of the Lufenuron bait station technique to control Mediterranean fruit Fly (Medfly) *Ceratitis capitata* in citrus orchards in northern Tunisia. *Tunisian Journal of Plant Protection.* 3: 35-45.
- Back, E.A., Pemperton, C.E., 1918.** *The Mediterranean fruit fly.* USDA Bulletin. 640 p.
- Bagnouls, F., Gaussen, h., 1953.** Saison sèche et indice xérothermique. *Bull. Soc. Hist. Nat.* Toulouse, 3 : 193-239.
- Balachowsky, A., Mensil, L., 1935.** *Les insectes nuisibles aux plantes cultivées. Leurs mœurs, leur distribution. Insectes nuisibles aux arbres fruitiers, à la vigne, aux céréales et aux graminées de prairies.* Paris. Imprimé sur les presses des établissements Busson. : 242-253.
- Balachowsky, A., 1950.** *Sur l'origine de la mouche des fruits.* Acad. Agric. France: p 12.
- Barbosa, P., Wagner, M.R., 1989.** *Introduction to forest and shade tree insects.* Academie Press. San Diego, California: 639 p.
- Barclay, R.M., Bell, G.P., 1988.** *Marking and observational techniques.* Dans: Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats (dir. T.H. Kunz): p59.
- Bauce, E., Carisey, N., Dupont, A., 2001.** *Implication des relations plante-insecte dans la lutte contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette,* Edition paris : 52 p.
- Bénédicté., Michel, B., 2011.** *Agrumes, comment les choisir et les cultiver facilement.* Édition Eugen Ulmer, 8 rue Blache, 75009 paris : 9P.
- Benediste, A., Baches, M., 2002.** *Agrumes.* n°132.Ed. Ugen Ulmer, Paris : 96 p.
- Benhamiche, N., 1997.** *Modélisation de la relation pluie-relief par l'analyse en composantes principales (ACP) en vue de cartographie par Krigeage. Application au bassinversant de la Soummam.* Thèse de Magister en sciences agronomiques, hydroliques. Option : Aménagement et mise en valeur, INA.EL-HARACH, Algérie, 153p.
- Bodenheimer, F.S., 1951.** *Citrus entomology in the Middle East with special references to Egypt, Iran, Irak, Palestine, Syria, Turkey:* 87-161.

- Bodenheimer, F.S., 1951.** *Citrus entomology*. Ed. Dio. Junk. Denhang: 663p.
- Boller, E. F., 1983.** *Biotechnical methods for the management of fruit fly populations*. In: Cavalloro R. (Ed.) *Fruit flies of economic importance*. Proc. CECIOBOC Int. Symp., Athens, Greece. 16-19 Nov. 1982. Balkema, Rotterdam. 642p.
- Bonvallot, N., 2004.** *Insecticides organochlorés aux Antilles : identification des dangers et valeurs toxicologiques de référence (VTR). Etat des connaissances*. Saint-Maurice Institut de veille sanitaire : 52 p.
- Brévault, T., 1999.** *Mécanismes de localisation de l'hôte chez la mouche de la tomate, Neoceratitis cyanescens (Bezzi) (Diptera : Tephritidae)*. Thèse de doctorat, Biologie de L'évolution et écologie : Montpellier, ENSA. 139 p.
- Briceno, R.D., Ramos, D., Eberhard, W.G., 1996.** Courtship behavior of *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) in captivity. *Florida. Entomol.* 79: 130-143.
- Buyckx, E.J., 1994.** *Unfecundated dates, host of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in the oases of Tozeur*. Proceeding of IOBC/WPRS Int. Open Meet. Working group fruit flies of economic importance, Lisbon, Portugal. 14-16 Oct. 1993. IOBC/WPRS Bull., 17 (6): 25-37.
- Camard, J.P., 2010.** *Produits phytosanitaires, risques pour l'environnement et la santé*. Institut d'aménagement et d'urbanisme Paris. 5p. ISBN 978-27371-1730-5.
- Carey, J. R., Dowel, R. V., 1989.** *Exotic fruit fly pests and California agriculture Calif. Agr.* May-June 1989.
- Carey, J.R., 1984.** Host specific demographic studies of mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata*. *Journal of Economic Entomology*, 9: 261-270.
- Carrière, Y., Roitberg, B.D., 1995.** Evolution of host selection behaviour in insect herbivores: genetic variation and covariation in host acceptance between population of *Choristoneura rosaceana* (Family: Tortricidae), *the obliquebanded leafroller*. *Heridity*. 74 :357-368.
- Causse, R., 1974.** Etude d'un rythme cicadien du comportement de prénymphe chez *Ceratitidis capitata* (Diptère, Trypetidae). *Annale de zoologie, Ecologie animale*, 6 : 475-498.
- Cayol, J.P., Causse R., Louis, C., Barthes, J., 1994.** Med Fly *Ceratitidis capitata* as a not victor in laboratory condition. *Journal of applied Entomology*, 117 : 338 - 343.
- Chapot, H., 1963.** *Clementines avec ou sans pepins*. *Fruits*, 18 (5) : 259 - 261.
- Commission européenne., 2007.** *Politique de l'UE pour une utilisation durable des pesticides : Historique de la stratégie*. Luxembourg : Office des publications officielles des Communautés européennes. 9-10p. ISBN 92-79-03221-6.
- Chouibani, M., Ouizbouben, A., Kaack, H., 2003.** *Protection intégrée des agrumes*. Ed. Ouvrage réalisé par la Direction de la Protection des Végétaux, des Contrôles Technique et de la Répression des Fraudes en coopération avec la GTZ (Projet Contrôle Phytosanitaire) : 13p.
- Debouzie, D., 1977.** Etude de la compétition larvaire chez *Ceratitidis capitata* (Diptera, Trypetidae). *Arch. Zool. Exp. Gén.*T.118, Fac c 3, p: 316 – 334.
- Dekhli, L., 2006.** *Estimation de l'infestation par Ceratitidis capitata (Wied. 1824) et suivi de la dynamique de ses populations sur différentes espèces et variétés fruitières à Tizi-ouzou et Boumerdes*. Mém Ingé. Faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques : Uni de Tizi-Ouzou. 90p.
- Delanoue, P., Soria, F., 1962.** Au sujet de l'avortement de l'évolution de *Ceratitidis capitata* Wied dans certains agrumes de Tunisie. *Annale de l'INRAT*. 35 : 73-96.
- Delanoue, P., Sources, F., 1953.** *Contribution à l'étude biologique de la mouche méditerranéenne des fruits Ceratitidis capitata Wied. Comportement de la larve et de la pupe en fonction de la nature physique des sols en été*. Académie d'agriculture de France. Extrait de procès-verbal de la séance du 14 janvier 1953 : 63-66.
- Delanoue, P., 1951.** *Encore la cératite*. Extrait de la feuille d'information viticole de Tunisie. 24 : 8-18.
- Delassus, M., Brichet, J., Balachowsky, A., Lepigneau, 1931.** *Les ennemis des cultures fruitières en Algérie et les moyens pratiques de la combattre*. Ed. Recher. Agro.Algérie: 53-62.
- Delrio, G., 1985.** *Tephritid pests in citriculture*. CEC/Proc. Experts meting. Acireal; Balkema. Rotterdam. Integrated pest control in citrus. Ed. Recher. CAVALORO and DIMARTINO : 135-149.
- Descoins, C., 2007.** *Introduction à l'écologie*. DAA Protection des Plantes et Environnement : 42p.
- Dicke, M., 1999.** Are herbivore-induced plant volatiles reliable indicators of herbivore identity to foraging carnivorous arthropods? *Entomol. Exp. Appl.* 91(1): 131-142.

- Dicke, M.d., Van Loon, J.J.A., 2000.** Multitrophic effects of herbivore-induced plant volatiles in an evolutionary context. *Entomol. Exp. Appl.*, 97(3) : 237-249.
- Djazouli, Z.E., Doumandji-Mitiche, B., Chaichi, R., 2004.** Incidence des traitements phytosanitaires sur la dynamique des populations de *Ceratitis capitata* (Diptera : Trypetidae), *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Graciilaridae) et *Aleurotrexus flocosus* (Homoptera: Aleurodidae) dans un verger de clémentinier en Mitidja (Algérie). Quantification des résidus de l'huile blanche 76%, d'Ultracide 40 et du Dursban 4 au niveau du fruit. *Journal of Economic Entomology*, 14: 260-278
- Donald, P.T., McInnis, P.O., 1985.** *Ceratitis capitata*: effect of host fruit size on the numbers of eggs per clutch. *Entomol. Experim. Appl.* 37 : 207-213.
- Duyck, P.F., Quilici, S., 2001.** Etude comparee de la biologie du developpement chez trois especes de mouches des fruits (*Ceratitis Spp.*) (Diptera : Tephritidae), nuisibles aux cultures fruitiers à la Reunion. AMAS : *Food and Agricultural Research Council, Reduit, Mauritius* : 105-113.
- Duyck, P.F., 2005.** *Compétitions interspécifique et capacités invasives. Le cas des Tephritidae de l'île de La Reunion.* Thèse Doctorat en Biologie Animale : Université de la Reunion. 93p.
- Dyck, V.A., Hendrichs, J., Robinson, A.S., 2005.** *Sterilizing insects with ionizing radiation. Stérile Insect Technique, principales and practice in Area-wide integrated pest management: Joint FAO/IAEA programme.* Vienna, Austria, 431: 250-253.
- Epsky, N.D., Heath, R.R., 1998.** Exploiting the interactions of chemical and visual cues in behavioral control measures from pest tephritid fruit flies. *Florida-Entomol.*81(3) : 273-282.
- Esclapong, D.R., 1975.** *Les agrumes.* 68. Ed. La Somivac, Corse : 12 p.
- Feron, M., 1962.** L'instinct de reproduction chez la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* Wied. Comportement sexuel, comportement de ponte. *Rev. Pathol. veget. Entomol. Agri.* Fr. 41 : 1- 129.
- Féron, M., Soria, F., Delanoue, P., 1958.** L'élevage massif artificiel de *Ceratitis capitata* Wied. *Entomophaga*, 3 : 45-53.
- Ferry, A., 2007.** *Ecologie chimique appliquée à la lutte contre Delia radicum, la mouche du chou.* Thèse, Ecole doctorale, Sciences de la vie et de l'environnement : Université de Rennes 1. 149p.
- Fletcher, B.S., 1989.** Temperature-development relationship of immature stages and adults of Tephritid fruit flies. In: Robinson A.S., Hooper G., (Ed). *Fruit flies, their biology, natural enemies and control.* Elsevier, 3 : 273-289.
- Carrier, G., Robert, C., Brunet., Michèle, B., Nathalie, H., Gosselin., Marie-Josée, D., Yvette, B., 2005.** *Évaluation de l'exposition humaine aux organophosphorés et des risques associés à l'aide de biomarqueurs urinaires.* Département de santé environnementale et santé au travail, Faculté de médecine, Université de Montréal Département de mathématiques et de statistique, Université de Montréal.124p.
- Gahbiche, H., 1993.** *Contribution à l'étude de la mouche méditerranéenne des fruits ceratitis capitata Wiedmann (Diptères, Tephritidae) dans deux biotopes du Nord de la Tunisie.* Mémoire de fin d'étude du cycle de spécialisation de l'INAT : 5-107.
- Garcia-Lor, A., Curk, F., Snoussi-Trifa, H., Morillon, R., Ancillo, G., Luro, F., Navarro, L., Ollitrault, P., 2013.** A nuclear phylogenetic analysis: SNPs, indels and SSRs deliver new insights into the relationships in the 'true citrus fruit trees' group (Citrinae, Rutaceae) and the origin of cultivated species. *Annals of Botany* .111 : 19p.
- Gbénonchi., 2008.** *Bilan environnemental de l'utilisation de pesticides organochlorés dans les cultures de coton, café et cacao au Togo et recherche d'alternatives par l'évaluation du pouvoir insecticide d'extraits de plantes locales contre le scolyte du café (Hypothenemus hampei Ferrari).* Thèse de doctorat, Sciences des Agro ressources : l'université de Toulouse. 35p.
- Gérard, F., Brenard, J.R., Philogène, sous la dérection de Catherine Regnault-Roger, Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement, LAVOISIER, France,2005** : 4-5.
- Glausen, C. P., 1940.** *Entomophagous insects.* New York. Mc graw. Hill. 688p.
- Graziella, T., Ionel-Catalin. P., Liviu, O., 2002.** *Biocapteurs ampérométriques à cholinestérasés pour la détermination des pesticides organophosphorés.* Can. J. Chem. 80 : 315–331.
- Hance, T., 2001.** *Principes et méthodes de lutte biologique et intégrée.* Centre de recherche sur la biodiversité, unité d'écologie et de biogéographie : 63p.
- Hasnaoui, A., 1974.** *Méthode d'éclosion en milieu liquide et ses conséquences sur l'amélioration de l'élevage massif de Ceratitis capitata Wied (Diptera : Trypetidae).* Mémoire de fin d'étude du cycle : spécialisation de l'INAT. 38p.

- Jacquemond, C., Agostini, D., Cur, K., 2009.** *Des agrumes pour l'Algérie*, Bureau d'ingénierie en horticulture et agro-industrie. 4p.
- Jerraya, A., 2003.** *Principaux nuisibles des plantes cultivées et des dérivées stockées en Afrique du Nord, leur biologie, leurs ennemis naturels, leurs dégâts et leur contrôle*. Edition climat Pub: 55-62.
- Jolivet, P., 1992.** Insects and -plants: Parallel evolution and adaptations. Flora and Fauna handbooks, Sanhill crane press, 'Gainesville, Florida. 190 p.
- Katsoyannos, B.I., 1986.** Effect of colorproperties on the selection of oviposition site by *Ceratitis capitata*. *Entomol. Exp. Appl*, 42: 187-193.
- Katsoyannos, B.I., Kouloussis, N.A., Papadopoulos, N.T., 1997.** Response of *Ceratitis capitata* to citrus chemicals under semi-natural conditions. *Entomologia Experimentalis et Applicata* ,82 : 181–188.
- Khimoud, D.j., Louni, A., 2008.** *Estimation de l'infestation des différentes variétés d'agrumes par Ceratitis capitata Wied, 1824 (Diptera ; Trypetidae) en fonction de l'exposition dans différents vergers de la région de Tizi-Ouzou*. Mémoire de master en écologie animal : université de Tizi-Ouzou .90 p.
- Knipling, G.F., 1955.** Possibilities of insect control or eradication through the use of sexually sterile males. *J Econ Entomol.* 48 :459-462.
- Kumar, R. 1991.** *La Lutte Contre les Insectes Ravageurs*. Karthala et CTA. Paris : 10-311p. ISBN 2-86537-333-9.
- Lachiheb, A., 2008.** *optimization de la dose d'irradiation dans le cadre d'un projet de lutte contre Ceratitis capitata*. Memoire d'ing ; Ecole sup. d'agri : De Mograne, Tunisie. 122p.
- Lekchiri, A., 1978.** *La cératite au Maroc*. CEC / IOBC. Symposium / Athens. Ed. R. Cavalloro: 571-576.
- Lery, F., 1982.** *L'agriculture au Maghreb. Techniques agricoles et productions méditerranéennes*. Ed. GP. Maison neuve et Larose : 338p.
- Liliana, J., 2007.** *Étude des risques liés à l'utilisation des pesticides organochlores et impact sur l'environnement et la santé humaine*. Sciences de la Terre. Université Claude Bernard - Lyon I.
- Liquido, N.J., Shinoda, L.A., Cunningham, R.T., 1991.** Host plant of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae): *an annotated world review*. – USDA Misc. Publ. 77: 52p.
- Liquido, N., Cunningham, R.T., Nacagawa, S., 1990.** Host plants of Mediterranean fruit-fly (Diptera, Tephritidae) on the island of Hawii. *J. Econ Entomol*, 83 : 1863-1878.
- Loussert, R., 1989.** *Les agrumes arboriculture*. Ed. Technique agricoles méditerranéennes, Paris. 113p.
- Mazih, A., 1992.** *Recherches sur l'écologie de la mouche méditerranéenne des fruits, Ceratitis capitata Wiedemann (Diptera, Tephritidae), dans l'arganeraie de la Plaine de Souss (Maroc)*. Rabat, Thèse de Doctorat d'Etat des Sciences Agronomiques : IAV Hassan II. 122p.
- Mazouzi, F., 1992.** *Étude de la bioécologie de Ceratitis capitata (Wiedemann, 1824). (Deptera:Trypetidae); en verger d'agrumes dans la région de Tizi Ouzou et au laboratoire*. Mémoire de Mag. Inst.Sc : Uni.Tizi-Ouzou.76p.
- Mediouni Ben Jemâa, J., Bachrouch, O., Allimi, E., Dhouibi, M.H., 2010.** Field evaluation of Mediterranean fruit fly mass trapping with Tripack® as alternative to malathion bait-spraying in citrus orchards. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8 (2): 400-408.
- Mediouni Ben Jemâa, J., Haouel, S., Khouja, M.L., 2013.** Efficacy of Eucalyptus essential oils fumigant control against *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera: Pyralidae) under various space occupation conditions. *Journal of Stored Products Research* 53: 67-71.
- Medouhes, D., Kaci, G., 1997.** *Etude au laboratoire des effets de la texture du sol et de la profondeur d'enfouissement sur le taux d'émergence et la durée de pupaison de Ceratitis capitata. (WIED 1824)*. Thèse. Ing. Ins. Agronomie : Uni. Tizi-Ouzou. 84 p.
- Mouchès, C., Pauplin, Y., Agarwal, M., Lemieux, L., Herzog, M., Abadon, M., Beyssat-Arnaouty, V., Hyrien, O., Robert de Sait Vincent, B., Georgiou, G.P., Pasteur, N., 1990.** *Characterization of amplification core and estérase B1 gene respnsible for insecticide resistance in Culex*. *Proc Natl Acad Sci USA*, 87 : 254-258.
- Nicolas, S., Paul-André, C., Denis, T., Frédéric, M., 2013.** *Interactions insectes-plantes*, Coédition Quæ IRD Éditions. 784p.
- Nunez, B.L., 1987.** *La moska del mediterreo*. Ça : Informa (Enera. Febrero-maio) : 9-17.
- Ollitrault1, P., Terol, J., Garcia-Lor, A., Bérard, A., Chauveau, A., Froelicher, Y., Belzile, C.,**

- Morillon, R., Navarro, L., Brunel, D., Talon, M., 2012.** *SNP mining in C. clementina BAC end sequences; transferability in the Citrus genus (Rutaceae), phylogenetic inferences and perspectives for genetic mapping.* BMC Genomics. 19p.
- Onil, S., Gaétan, C., Lyse, Lefebvre., 2007.** *Atteinte de systèmes consécutive à une exposition aux insecticides organophosphorés ou carbamates maladie à déclaration obligatoire d'origine chimique ou physique.* Institut national de santé publique du Québec.123p. ISBN 13 : 978-2-550-49988-6.
- Organisation européenne et méditerranéenne pour la protection des plantes (OEPP), 1996.** *Ceratitis capitata* : In : *Organismes de quarantaine pour l'Europe.* 2ème édition. CAB international, Wallingford, Royaume-Uni.
- Oukil, S., 1995.** *Effets des insecticides et des radiations ionisantes en relation avec la variabilité (Diptera : Trypetidae).* These 3ème cycle : Univ. Aix. Marseille III, Fac. Sc. Tech-St Jerome. 138p.
- Oukil, S., Bues, R., Toubon, J.F., Quilici, S., 2002.** *Allozyme polymorphism in populations of Ceratitis capitata from Algeria, the north western Mediterranean coast and Reunion Island.* Fruit. 57 : 183-191.
- Papadopoulos, N.T., Katsoyannos, B.I., Kouloussis, N.A., Hendrichs, J., 2001.** Effect of orange peel substances on mating competitiveness of male *Ceratitis capitata*. *Entomol. Exp. Appl.* 99: 253-261.
- Papaj, D.R., OPP, S.B.R.J., 1989.** Cross inductions of fruit acceptance by Med fly *Ceratitis capitata*. *J. Insect behavior.* 2(15): 241-254.
- Philogène, B.J.R., 1972.** *Physiological studies and pest control.* Bioscience, 22: 715-718.
- Philogène, B.J.R., Arnason, J.T., 1996.** Pesticide alternatives for insects in tropics. *Forum for Applied Research and Public Policy.*11: 81-84.
- Praloran, J.C., 1971.** *Les agrumes, techniques agricoles et productions tropicale.* Ed. Maisonneuve et Larose. Paris. 561p.
- Ramade, F., 2003.** *Éléments d'écologie fondamentale.* 3ème. Paris: Edition DUNOD. 690p.
- Rebour, H., 1945.** *Anomalies de la floraison du Clementinier.* C. R. Exp. Fruits en Algérie, Doc. Et Rens. 118p.
- Rebour, H., 1966.** *Manuel de culture des Citrus pour le bassin Méditerranéen.* Ed. Bailliére et fils, Paris : 264p.
- Reddy, G.V.P., Holopainen, J.K., Guerrero, A., 2002.** Olfactory Responses of *Plutella xylostella* Natural Enemies to Host Pheromone, Larval Frass, and Green Leaf Cabbage Volatiles. *Journal of Chemical Ecology* 28(1) : 131-143.
- Regnault-Roger, C., 2002.** *De nouveaux phyto-insecticides pour le troisième millénaire ?* in Regnault-Roger, C., Philogène, B.J.R., Vincent, C., Biopesticides. *D'origine végétale.*, paris : Lavoisier Tec & Doc :19-40.
- Riba, G., Silvy, C., 1989.** *Combattre les ravageurs des cultures, enjeux et perspectives.* INRA, Paris, 230 p.
- Rigamonti, I., 2005.** *Ceratitis capitata in Lombardia.* *Quaderni Della Ricerca.* 47. Copyright Regione Lombardia: 40p.
- Robacker, K., 2000.** Volatiles from duck feces attractive to Mexican fruit fly. *Journal of chemical ecology*, 26 (8): 442-446.
- Roessler, Y.1989.***Insecticidal bait and cover spray. Reprinted from: World Crop Pests,Volume 3B, Fruits flies,their Biology,Natural Enemy and Control,Robinson and Hooper(eds.).Elsevier Sci.Publishers B.V. ,Amsterdam: 329-336.*
- Roessler, Y., Chen, C., 1994.** *The Mediterranean fruit fly, Ceratitis capitata, a major pest of citrus in Franche, its regulation and control.* Bulletin OEPP/EPPO Bulletin: 24, 813-816.
- Salgado, V.L., 1997.** The mode of action of Spinosad and other insect control products. *Down to Earth*, 52:35-44.
- Salgado, V.L. 1998.** *Studies on the mode of action of Spinosad: insect's symptoms and physiology correlates.* Pesticides Biochemistry and Physiology. 60 :91-102.
- Seguy, E., 1934.** *Atlas des Diptères de France-Belgique-Suisse. I – Introduction et caractères : Nématocères-Brachycères (I). II – Développement et biologie : Brachycères (II).* Siphonaptères Éditions N. Boubée & Cie. 411p.
- Seguy, E., 1951.** *Atlas des Diptères de France-Belgique-Suisse. Introduction et caractères : Nématocères-Brachycères. D développement et biologie : Brachycères (II).* Siphonaptères Editions N. Boubée et Cie. 411 p.



- Shoukry, A., Hafez, M., 1979.** Studies on the biology of the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata*. *Ent. Exp and Appl.* 26 : 33-39.
- Smail, O., Kheddouci, D., 2000.** Relations entre le degré d'infestation de différentes variétés fruitières par *Ceratitis capitata* Wied, 1824 (Diptera ; Trypetidae) et les caractéristiques physico-chimiques des fruits dans différents vergers de la wilaya de Tizi-ouzou, Mémoire Ing. Uni : Tizi-Ouzou. 64p.
- Smith, P.H., 1989.** Behavioural partitioning of the day and circadian rhythmicity. In A.S. Robinson, G. Hooper (eds). Fruit flies, their biology, natural enemies and control. *Elsevier*, 3 : 325-341.
- Soria, F., 1963.** Etude des populations et de dispersion de *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera : Trypetidae) en Tunisie à l'aide des radio - isotopes. Int. Atomic. Energy. Agency IAEA I Vienne: 357-363.
- Sparks, J.C., Lockwood, J.A., Byford, R.L., Graves, J.B., Leonard, B.R., 1989.** The role of behaviour in insecticide resistance. *Pestic. Sci.* 26: 383-399.
- Swingle, W.T., 1943.** *The botany of citrus and its wild relatives of the orange subfamily*. The Citrus Industry. 1: 415p.
- Tanaka, T., 1961.** *Semi-centennial commemoration papers on citrus studies*. Citologia, University of Osaka, Prefecture. 114p.
- Thomas, M.C., Heppner, J.B., Woodruff, R.E., Weems, H.V., Steck, G.J. Fasulo, T.R., 2001.** Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedmann) (Diptera: Tephritidae). *Entomology section Circulars*, 4: 230, 273.
- Thompson, M., Steichen, J.C., French-Constant, R.H. 1993.** Conservation of cyclodiene insecticide resistance associated mutations in insects. *Insect Mol. Biol.* 2 : 149-154.
- Trabut, L., 1926.** *La Clementine, les hybrides de Citrus*. Dir. Bot. Algeria. Bull.Inform. 67: 54-65.
- Turica, A., A.R. Vergani, R.H., Quintanilla, M.C., Zerbino., Ceruso, H.E., 1971.** Les moscas de los frutos. *INTA, Cap. Fed, Seri form, Tec. Agr*, 7:1-17.
- Vet, L., Dicke, M., 1992.** "Ecology of info chemical use by natural enemies in a tritrophic context". *Ann. Rev. Entomol.* 37 : 141-172.
- Virbel-Alonso, C., 2011.** *Citron et autres agrumes*. Ed. Groupe Eyrolles. 15p.
- Warlop, F., 2003.** Control strategies against cherry and olive fruit flies: past and perspectives. In : *Proceedings of Journées Techniques GRAB-ITAB*. (Consulté le 23/05/2016) < <http://orgprints.org/2967/>>.
- Warlop, F., 2003.** *Lutte contre le monilia de la fleur sur abricotier*. Arbor. fruit. 568: 53-55.
- Weber, H.J., 1967.** History and development of the citrus industry. In: The citrus industry. 1. History, Word Distribution Botany and varieties. W. Reuther et al, eds. Berkeley, University of California Press: 1- 39.
- Weems, H., 1981.** Mediterranean fruit *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera: Trypetidae). *Pep. Agric. Cumer, Dir. Plant. Industry. Entomol. Circ. Florida*, 230: 12p.
- White, I.M., Elson-Harris, M.M., 1992.** *Fruit Flies of Economic Significance: their identification and bionomics*. C.A.B. ACIAR: 12-601.
- White, I.M., Elson Harris, M.M., 1992.** *Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics*. CAB International Wallingford: 602 p.
- Wong, T.T.Y., Ramadan, J.C., Herr., McInnis, D.O., 1992.** Suppression of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) population with concurrent parasitoid and sterile fly releases in Kula, Maui, Hawaii. *Journal of Economic Entomology*. 85 : 1671-1681.
- Yana, A., Stancic, J., 1967.** *Essais de lutte chimique contre Ceratitis capitata wied en Tunisie*. Rapport d'activités de l'INRAT.
- Zuccoloto, S.F., Maria, P.S., Bravo, I., 2005.** Influence of protein on feeding behaviour of *Ceratitis capitata*: Comparaison between immature males and females. *Neotropical Entomology*. 34(4) :539-545.

### Références bibliographiques (figures et données climatique).

Alain Fraval, 2016. (Consulté le 10/04/2016). <[Www7.inra.fr/hyppz/RAVAGEUR/3cercap.htm#ima](http://www7.inra.fr/hyppz/RAVAGEUR/3cercap.htm#ima)>

Association infoclimat, 2016. Consulté le 15/03/2016. [www.infoclimat.fr/observations-meteo/temps-reel/bejaia/60402.html](http://www.infoclimat.fr/observations-meteo/temps-reel/bejaia/60402.html)

Biobest group, 2016. (Consulté le 25/02/2016).

<[www.biobestgroup.com/en/biobest/products/monitoring-and-scouting 4464/](http://www.biobestgroup.com/en/biobest/products/monitoring-and-scouting-4464/)>

Centro de Estudos Africanos, 2016. (Consulté le 10/04/2016).

<[Www.analarcher.files.wordpress.com/2007/10/naturlink2.jpg](http://www.analarcher.files.wordpress.com/2007/10/naturlink2.jpg)>

Elhachmi Arour, 2016. (Consulté le 15/03/2016).

<[Www.decoupageadministratifalgerie.blogspot.com/2014/10/cartegeographiqueBEJAIA](http://www.decoupageadministratifalgerie.blogspot.com/2014/10/cartegeographiqueBEJAIA)>

Jeffery Lotz, Florida Department of Agriculture and Consumer Services-Division of Plant Industry.

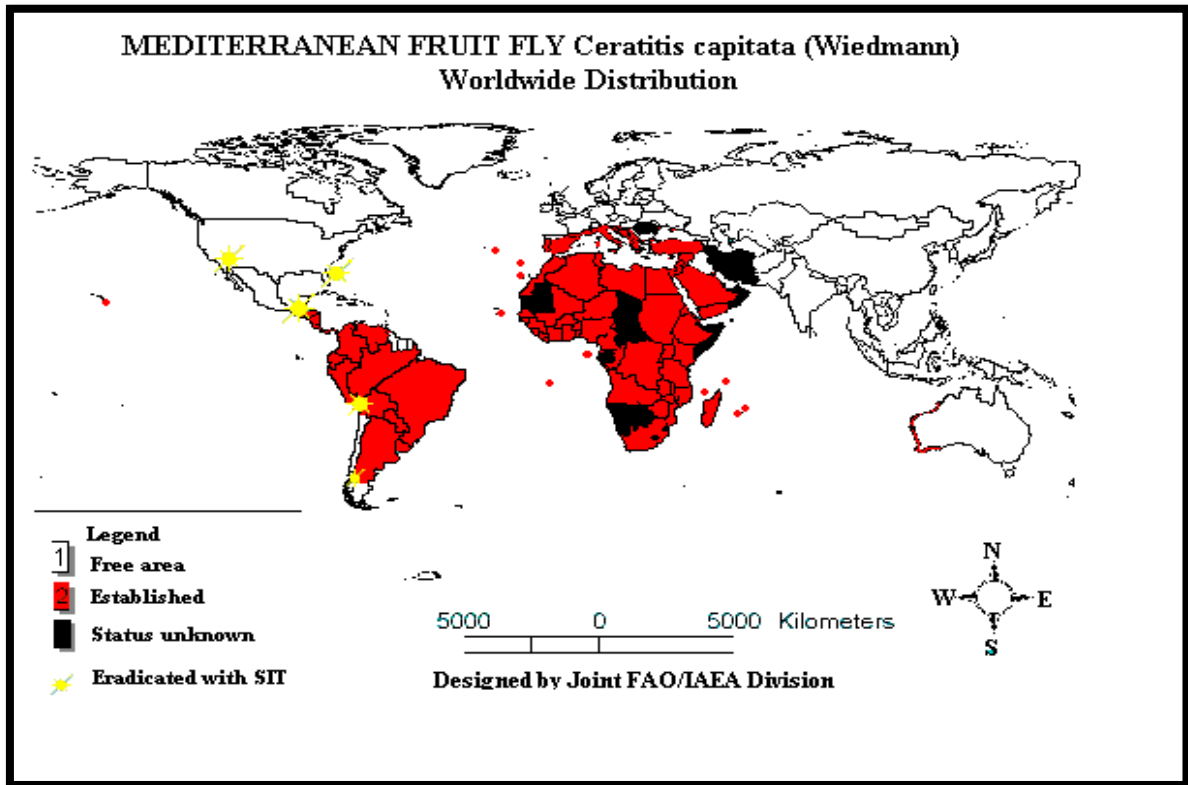
(consulté le 16/02/2016) <[www.forestryimages.org](http://www.forestryimages.org)>

Raynaud N., 2008, <http://www.saveursdumonde.net/>. Dessins Clipart.

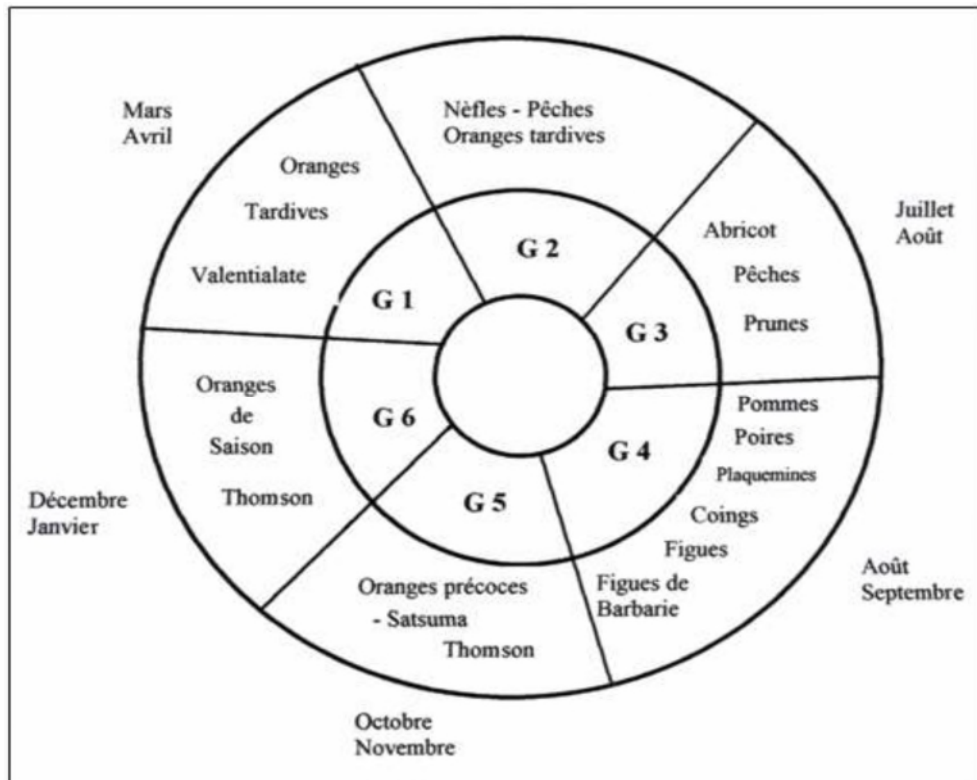
[www.Google Earth.com](http://www.Google Earth.com).

# ANNEXES

Annexe 01 : Répartition géographique de *C. capitata* (www.ecoport.org)



Annexe02 : Schéma représentant le nombre de générations possibles en Algérie(Oukil, 1995).



**Annexe 03** : Les espèces hôtes de la cératite devront figurer dans la liste des espèces devant faire l'objet d'une réglementation selon l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique en 1990.

<b>Nom commun</b>	<b>Nom scientifique</b>
Abricot	<i>Prunus armeniaca</i>
Akéé	<i>Blighia sapida</i>
Amande douce avec sa coquille	<i>Prunus dulcis</i> = <i>P.amygdalus</i>
Amande des Antilles	<i>Terminalia catappa</i>
Aubépine	<i>Crataegus spp</i>
Aubergine	<i>Pouteria campechiana</i>
Café	<i>Coffea arabica</i>
Caimitier	<i>Chrysophyllum spp</i>
Calamondin	<i>Citrofortunella mitis</i>
Carissa	<i>Carssa grandiflora et Terminalia chebula</i>
Cédrat	<i>Citrus medica</i>
Cerise (douce et griotte)	<i>Prunus avium et P.cerasus</i>
Cerise de Cayenne	<i>Eugenia uniflora</i>
Cerise des Antilles	<i>Malpighia glabra et M.punicifolia</i>
Cherimole	<i>Annona cherimola</i>
Chanar	<i>Geoffroea decortians</i>
Citron (sauf les variétés cultivées)	<i>Citrus limon</i>
Cœur de bœuf	<i>Annona reticulata</i>
Coïng	<i>Cydonia oblonga</i>
Corosol des marais	<i>Annona glabra</i>
Datte	<i>Phoenix dactylifera</i>
Feijoa	<i>Feijoa sellowiana</i>
Figue	<i>Ficus carica</i>
Figue de barbarie	<i>Opuntia spp</i>
Garcinia	<i>Garcinia xanthochymus</i>
Goyave	<i>Psidium guajava</i>
Goyave fraise	<i>Psidium cattleianum</i>
Goyave pomme	<i>Psidium guajava</i>
Goyave poire	<i>Psidium guajava</i>
Grenade	<i>Punica granatum</i>
Grenadille	<i>Passiflora edulis</i>
Grunichama	<i>Eugenia brasiliensis</i> = <i>E.dombeyi</i>
Jambose	<i>Syzygium jambos</i> = <i>Eugenia jambos</i>
Jamelac	<i>Syzygium malaccense</i> = <i>Eugenia malaccensis</i>
Kitembilla	<i>Dovyalis hebecarpa</i>
Kiwi	<i>Actinidia chinensis</i>
Kumquat	<i>Fortunella japonica</i>
Lime	<i>Citrus aurantiifolia</i>
Litchi	<i>Litchi chinensis</i>
Longane	<i>Euphorbia longana</i>
Mangue	<i>Mangifera indica</i>
Mombin	<i>Spondias spp</i>

Mombin jaune	<i>Spondias mombin</i>
Mombin rouge	<i>Spondias purpurea</i>
Nèfle du japon	<i>Eryobotrya japonica</i>
Noix	<i>Juglans spp</i>
Noix d'argan	<i>Argania spinosa = A.sideroxylon</i>
Ochrosia	<i>Ochrosia ellitica</i>
Olive	<i>Olea europea</i>
Orange amère	<i>Citrus aurantium</i>
Orange douce	<i>Citrus cinensis</i>
Papaye	<i>Carica papaya</i>
Papaye naine	<i>Carica quercifolia</i>
Pêche	<i>Prunus persica</i>
piment	<i>Capsicum annum et C.frutescens</i>
kaki	<i>Diospyros kaki</i>
Poire	<i>Pyrus communis</i>
Pomelo	<i>Citrus maxima</i>
Pamplemousse	<i>Citrus paradisi</i>
Pomme-cannelle	<i>Annona squamosa</i>
Pomme	<i>Malus sylvestris</i>
Prunier	<i>Prunus domestica</i>
Prune d'Amérique	<i>Prunus americana</i>
Prune d'Espagne	<i>Spondias mombin</i>
Prune du japon	<i>Prunus salicina</i>
Raisin	<i>Vitis vinifera</i>
Sapotille	<i>Manilkara zapota</i>
Seringa	<i>Murraya paniculata</i>
Palmier à sucre	<i>Arenga pinnata</i>
Tangerine, clémentine	<i>Citrus reticulata</i>
Tomate arbustive	<i>Cyphomandra betacea</i>
Tomate cultivée (rose et rouge)	<i>Lycopersicon esculentum</i>
Umkokolo	<i>Dovyalis caffra</i>

**Annexe 04** : Les principaux agrumes cultivés en méditerranée (Loussert, 1989).

Genre et espèces	Sous espèces-Genres et variétés d'intérêt commercial
<i>Poncirus trifoliata</i>	A donné de nombreux hybrides utilisés comme porte-greffe (Citranges, Citrumelos).
<i>Fortunella margarita</i> <i>Fortunill ajaponica</i>	Les Kumquats ont donné de nombreux hybrides (Limequats, Citranquats).
<i>Citrus aurantium</i>	<b>Le Bigaradier</b> (utilisé comme porte-greffe).
<i>Citrus sinensis</i>	L'Oranges navel : <b>Washington, Thomson, Navelina, Navelate</b> Les Oranges blondes : Salustiana, <b>Hamlin</b> , Shamouti, <b>Valencia Late</b> , Cadenera Les Oranges demi-sanguines : <b>double fin améliorée</b> , Maltaise demi sanguine. Les Oranges sanguines : SanguinelliNigra, <b>Moro</b> , Tarocco.
<i>Citrus unshiu</i>	Les Mandariniers satsuma.
<i>Citrus deliciosa</i>	<b>Les Mandariniers communs.</b>

<i>Citrus clementina</i>	Les Clémentiniers : <b>les clémentines</b> sans pépins (nombreux clones).
<i>Citrus reticulata</i>	Les autres Mandariniers : Mand. Ortanique, Mand. Murcott, Mand. <b>Wilking</b> .
<i>Citrus limon</i>	Les Citronniers : <b>Eureka</b> , Lisbonne, Verna, Femminello ovale.
<i>Citrus paradisi</i>	Les Pomelos: Marsh Seedless, Duncan, Ruby, Shambar.
<i>Citrus medica</i>	Les Cédraiers : Cédra de Corse, Cédra Diamante.
<i>Citrus grandis</i>	<b>Les Pamplemoussiers.</b>
<b>Remarque</b> : les variétés en gras sont les plus cultivées dans la région de Bejaïa.	

**Annexe 05** : Différentes opérations effectuée dans un verger d'agrumiculture (BENEDICTE et BACHES, 2002)

<b>Les travaux effectués</b>	<b>La période d'effectuées</b>
<b>Le semis</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les semis donnent généralement des plantes très vigoureuses mais qui fructifieront tardivement (de 3 à 10 ans).</li> <li>- Effectuée en période du printemps à partir du mois de Mars.</li> </ul>
<b>L'arrosage</b>	<p>Les agrumes de pleine terre disposent potentiellement de plus de volumes, et donc de plus de réserves d'eau :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En période végétative il faut arrosez beaucoup jusqu'à 300 litres par semaine, pour une plante de 7 à 8 ans (parcelle jeune).</li> <li>- En hiver, l'arrosage aura pour but de maintenir le sol frais, si la pluviométrie n'est pas suffisante, et ça dépend de la variété comme (les Poncirus à feuilles caduques demanderont moins d'eau).</li> </ul> <p>En sol léger, le même volume sera diminué dans chaque apport.</p> <p>Un agrume planté à l'abri d'une haie de cyprès demandera beaucoup plus d'eau qu'un agrume isolé.</p> <p>Les agrumes ne peuvent pas se passer d'eau, la terre doit toujours être fraîche, vois humide, été comme hiver.</p> <p>Il n'y a pas de programme d'arrosage type, il faut estimer l'humidité du sol et décider d'arroser en tenant compte du climat.</p>
<b>La fertilisation</b>	<p>La fertilisation est l'opération la plus délicate et la plus importante après l'arrosage, l'hyperactivité des agrumes tout au long de l'année nécessite un soin particulier en fertilisation et fumure.</p> <p>En période de végétation de Mars-Avril jusqu'à Septembre-Octobre selon les régions.</p> <p>Les agrumes ont un besoin particulièrement important en azote (N), Acide phosphorique (P), potassium (K) et oligo-éléments (Fer, Magnésium, Calcium...).</p>

	<p>Un agrume jeune de 7ans a besoin chaque année d'environ 400g. (N), et de 4 apports de 650 g. d'engrais composé 15 /15 /15 (dosant donc 15% de N, 15% de P et 15% de K.</p> <p>Un agrume adulte a besoin chaque année d'environ 800 g d'Azote pur (N), de 200 g d'acide phosphorique (P), et de 400g de potasse (K). Ces besoins pourront être couverts par des apports d'engrais dit « complet » (NPK+ oligo-éléments).</p>
<b>La taille</b>	<p>Les agrumes n'ont pas besoins d'être taillés pour fructifier, mais nécessite une taille de formation tous les ans de Mars à Octobre, cette taille est indispensable pour former et structurer la charpente de l'arbre.</p> <p>La taille d'entretien est quand l'arbre ayant atteint la hauteur et le volume souhaité il suffit d'une taille par an à la sortie de l'hiver (Février, Mars ou Avril, selon le climat) pour maintenir une augmentation limitée de sa masse.</p> <p>La taille de fructification est effectuée à la fin d'hiver lorsque les gelées ne sont pas à craindre. Elle consiste à supprimer les bois morts, éliminer les gourmands mal placés afin de maintenir l'éclairage à l'intérieur de l'arbre.</p> <p>Pas besoins d'être taillés pour fructifier mais nécessite une taille de Formation tous les ans de mars à octobre</p>
<b>Le désherbage</b>	<p>Il faut biner régulièrement pour aérer la terre et enlève les mauvaises herbes et aussi pailler. Il existe aussi des désherbants chimiques pour lutter contre les mauvaises herbes.</p>

**Annexe 06** : périodes de maturité et de récolte des principales variétés d'agrumes en Algérie (Derbal A ,2011)

Groupe	variété	Période de maturité	Période de récolte
Mandarinier	Satsuma	Octobre Précoce	Octobre
Clémentinier	Clémentine	Mi-octobre Précoce	Mi-octobre à janvier
Oranger	Washington Navel	Fin-novembre Précoce	Novembre à fin Mars
Oranger	Thomson Navel	Mi-novembre Précoce	Mi-décembre à Mars
Oranger	Hamline	Début décembre	Décembre à Janvier
Oranger	portugaise	Fin janvier	Fin janvier à fin février
Oranger	Double fine	Fin février	Février à Mars
Mandarinier	Mandarine	Janvier	Janvier à Mars
Oranger	Autres variété	Janvier	Février
Mandarinier	Wilkling	Février	Février
Oranger	Valencia	Avril Tardive	Avril à Mai
Citronnier	Citronnier	Avril et Août et Tar	Avril à Août



**Annexe 07 : la fiche de terrain (le questionnaire)**

**Université Abderrahmane Mira de Bejaïa**  
**Faculté de sciences de la nature et de la vie**  
**Département des sciences biologiques de l'environnement**  
**Master II : Environnement et santé publique**

**Fiche de terrain**

Ce présent questionnaire est mis en place dans le cadre d'un projet de mémoire de master en environnement et santé publique sous le thème : Estimation de l'infestation de quelques vergers par la cératite (*Ceratitis capitata* Wied., 1824) et aperçu sur les stratégies de lutte dans la wilaya de Bejaïa.

Nous comptons sur votre précieuse collaboration de répondre à ce présent questionnaire afin de nous permettre de quantifier l'ampleur de l'infestation des citrus par la cératite dans la wilaya de Bejaïa.

**I- Premier partie :**

1- Situation géographique : .....

-La superficie du verger : .....

-Les limites du verger : Nord : ..... Est : .....

Ouest : ..... Sud : .....

2- les espèces fruitières cultivées :

Espèces : ..... Nombre : .....

Espèces : ..... Nombre : .....

Espèces : ..... Nombre : .....

Espèces : ..... Nombre : .....

3- Estimez-vous à combien l'âge du verger ? .....

**II- Deuxième partie :**

1- Quels sont les conditions favorables (exigences) et les méthodes appliquées visant à améliorer la santé et la productivité des agrumes ?

.....

2- Connaissez-vous des ravageurs des agrumes, responsables de la perte de rendement et la dévalorisation du fruit ? (Diminution de la qualité et la quantité des fruits).

Cochenille

Mineuse

Cératite

Puceron

Fumagine

Autre ravageurs.....

3- Est-ce que vous récoltez les fruits précocement pour éviter qu'ils subissent plus de dégâts ?

Oui

Non

Si oui, ils sont dus à quoi ?.....

4- Utilisez-vous des produits phytosanitaires ?

Oui

Non

Si oui lesquels sont utilisés pour contrôler la cécidite?.....

5- Combien de fois vous utilisez les insecticides durant l'année ?

Aucune fois  1fois  2fois  3fois et plus

6- Choisissez-vous les pesticides sélectifs pour épargner l'entomofaune utile (auxiliaires des cultures : les coccinelles, syrphes, abeilles...)?

Oui

Non

7- Avez-vous bénéficié de conseils de la part des services agricoles sur l'utilisation des pesticides ?

Oui

Non

8- Utilisez-vous d'autres stratégies de lutte contre la cécidite ?

Oui

Non

Lesquelles ? .....

9- Pour le piégeage de cette mouche, quel genre de piège utilisez-vous ?.....

10- Combien de piège/H installés-vous ? .....

11- Quelle est le nombre moyen des mâles capturés par piège ?.....

**Annexe 08 : La fiche d'inventaire des piqures sur les fruits**

	Fruits	nord	sud	est	ouest	centre
Arbre1	Fruit1					
	Fruit2					
Arbre2	Fruit1					
	Fruit2					
Arbre3	Fruit1					
	Fruit2					
Arbre4	Fruit1					
	Fruit2					
Arbre5	Fruit1					
	Fruit2					
Arbre6	Fruit1					
	Fruit2					
Arbre7	Fruit1					
	Fruit2					
Arbre8	Fruit1					
	Fruit2					
Arbre9	Fruit1					
	Fruit2					
Arbre10	Fruit1					
	Fruit2					

**Annexe 09 :** Maxima, minima et moyennes mensuelles des températures (en °C) durant l'année 2015 et les mois de janvier, février 2016 dans la wilaya de Bejaia (infoclimat.fr).

15/16	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aut	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev
T°max	16,3	15,3	18,6	21,3	25	22,2	25,9	36,3	29,1	26,1	21,1	19,9	19,2	19,8
T°moy	12,1	11,5	13,8	16,7	19,9	17,2	20,7	27,8	24,1	21,4	16,3	14,2	14,1	14,7
T°mini	7,8	7,6	9	12,1	14,7	14,4	17,6	22,2	19	16,7	11,5	8,6	9	9,5

**Annexe 10 :** Pluviométrie moyenne mensuelle (en mm) durant l'année 2015 et les mois de janvier, février 2016 dans la wilaya de Bejaia (infoclimat.fr).

15/16	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aut	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev
Péci (mm)	123	140	70	03	19	01	06	04	24	40	51	00	101	113

**Annexe 11 :** Les dates d'échantillonnage des différentes variétés d'agrumes dans les différents vergers expérimentaux.

Verger	Variété	Date d'échantillonnages
EAC n°04	✓ Thomson ✓ Hamlin	19/01/2016
EAC n°05	✓ Thomson ✓ Hamlin	19/01/2016
Rehmani	✓ Thomson ✓ Hamlin	30/01/2016
EAC de Mardj ouaman	✓ Thomson ✓ Hamlin ✓ Valencia late	01/02/2016
EAC de Markhouf	✓ Thomson ✓ Valencia late	02/02/2016
Ferme Pilote	✓ Valencia late ✓ Wilkings	08/02/2016
Ichikar ouest	✓ Thomson	19/02/2016
Ichikar est	✓ Thomson	19/02/2016

**Annexe 12 :** Tableau de taux de fruits piqués et sains selon la variété.

		Variété				Total
		Thomson	Hamlin	Valancia late	Wilkings	
Fruit piqué	Effectif	279a	78b	89a, b	84b	530
	% Fruit piqué	93,0%	78,0%	89,0%	84,0%	88,3%
Fruit sain	Effectif	21a	22b	11a, b	16b	70
	% Fruit sain	7,0%	22,0%	11,0%	16,0%	11,7%

Chaque lettre en indice indique un sous-ensemble de Variété catégories dont les proportions de colonne ne diffèrent pas de manière significative les unes des autres au niveau ,05.

**Annexe 13** : les résultats des tests de M-W (nombre moyen de piqures en fonction de la variété).

<b>Paire comparées</b>	<b>U-MW</b>	<b>Sig. asymptotique</b>
Thomson vs Hamlin	5733.5	<10 <sup>-19</sup>
Thomson vs Valencia late	7907	<10 <sup>-11</sup>
Thomson vs Wilkings	6438	<10 <sup>-17</sup>
Hamlin vs Valencia late	3826	0.004
Hamlin vs Wilkings	4470	0.18 NS
Valencia late vs Wilkings	4317	0.09 NS

**Annexe 14** : Tableau de taux de fruits piqués et sains selon l'exposition.

		Exposition					Total
		Nord	Sud	Est	Ouest	Centre	
Fruit piqué	Effectif	229a	230a	213a,b	227a	190b	1089
	% fruits piqués	76,30%	76,70%	71,00%	75,70%	63,30%	72,60%
fruits sains	Effectif	71a	70a	87a,b	73a	110b	411
	% fruits sains	23,70%	23,30%	29,00%	24,30%	36,70%	27,40%
Chaque lettre en indice indique un sous-ensemble de Exposition catégories dont les proportions de colonne ne diffèrent pas de manière significative les unes des autres au niveau ,05.							

**Annexe 15** : Les résultats de test M-W (nombre moyen de piqures selon l'exposition).

<b>Expositions comparées</b>	<b>U-MW</b>	<b>Sig. asymptotique</b>
Nord vs Sud	44812.5	0.928 NS
Nord vs Est	43038.5	0.347 NS
Nord vs Ouest	44229	0.712 NS
Nord vs Centre	35263.5	0
Sud vs Est	43197	0.387 NS
Sud vs Ouest	44401.5	0.774 NS
Sud vs Centre	35263	0
Est vs Ouest	43737	0.544 NS
Est vs Centre	37543	0
Ouest vs Centre	35936	0

## Résumé

La mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* (Wied, 1824) est un ravageur très important à intérêt économique, qui possède une capacité potentielle d'occasionner des dégâts aux fruits, dans notre cas nous avons pris l'ampleur de la charge de ce ravageur et les moyennes de lutte adoptés contre ce dernier sur quelques vergers d'agrumes dans la wilaya de Bejaia.

L'estimation de l'infestation des vergers et la charge de piqures sur les fruits a été effectuée dans huit vergers d'agrumes dans la wilaya de Bejaia. Les techniques culturales et phytosanitaires adoptées par les agriculteurs de la région ont été recensés à l'aide d'un questionnaire d'enquête diffusé sur 22 producteurs d'agrumes.

Les résultats montrent que la variété Thomson est la plus infestée, et les fruits cachés à l'intérieur de l'arbre sont moins piqué. Cette étude a dévoilé que la lutte chimique a un effet notable sur la réduction de l'infestation des agrumes par *C. capitata* dans les vergers agrumicoles étudiés.

Concernant les moyens de lutte utilisés dans la wilaya de Bejaia, ils se basent généralement sur la lutte chimique, et que les agriculteurs ne sont pas au courant des nouvelles techniques alternatives.

**Mots clés :** *Ceratitis capitata*, infestation, agrumes, exposition, traitement chimique.

## Abstract

The Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Wied, 1824) is an important pest in economic interest, which has a potential capacity to cause damage to fruit. In our case we have taken the magnitude of the burden of this pest and averages adopted struggle against it on some citrus orchards in the department of Bejaia.

The estimate of the infestation of orchards and load bites on fruits was carried out in eight citrus orchards in the Department of Bejaia. Cultivation and Phytosanitary techniques adopted by farmers in the region were identified using a questionnaire circulated for 22 citrus growers.

The results show that the Thomson variety is the most infested, and the hidden fruits inside tree are less bitten. This study shows that chemical control has notable effect on reducing the infestation of citrus by *C. capitata* in citrus orchards studied.

Regarding control methods used in the Department of Bejaia, they are generally based on chemical control, and that farmers are not aware of new alternatives techniques.

**Key words:** *Ceratitis capitata*, infestation, citrus, exposure, chemical treatment.