

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE
DÉPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.AGRO/2019

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV **Filière : Sciences Agronomiques**

Spécialité : Phytopathologie

Présenté par :

KOURTA Melisa & CHOUANE Fahima

Thème

Identification des champignons phytopathogènes de l'oranger *citrus sinensis* associés aux attaques de la mouche des fruits *Ciratitis capitata* en vue d'une lutte biologique par *Bacillus* dans la région de Lakhdaria.

Soutenu le : 21 / 09 / 2019

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
LAMINE. S	MCB	FSNVST/Univ. de Bouira	Président
LIBDIRI.F	MAA	FSNVST/Univ. de Bouira	Examinateur
KEBDANI. M	MCB	FSNVST/Univ. de Bouira	Promoteur
CHAIBI.R	MAB	FSNVST/Univ. de Bouira	Co-promoteur

Année Universitaire : 2018/2019

Remerciements

Avant tout on remercie dieu tout puissant de nous avoir donné le privilège, la chance d'étudier et de nous avoir donné force, courage, et patience pour accomplir ce travail.

Sans oublier nos parents qui ont veillé sur nous durant toute notre vie.

*Un remerciement spécial pour notre encadreur **Mr.KEBDANI** qui nous a beaucoup aidé et retenue la langue de la rédaction de ce mémoire et qui nous a orienté avec ses conseils et surtout merci pour sa patience. Merci pour votre gentillesse, vos précieux conseils et votre soutien à tous les instants, soyez rassuré de notre profonde gratitude et notre respectueuse considération vos qualités scientifiques et humaines resteront à jamais pour nous l'exemple.*

*Nous adressons également un profond remerciement a notre co-promoteur **Mr. CHAIBI***

Mes vifs remerciements vont, également, à tous les techniciens et ingénieurs de la subdivision agricole de Lakhdaria Tariq, Leila et Said

*Nous tenons à exprimer nos remerciements à tous les membres de l'institut national de protection des végétaux (INPV) de Tizi-ouzou à leur tête **Mr. Midoune** qui nous a énormément aidés.*

Nous remercions également les membres du jury qui nous ont fait un grand honneur en acceptant de participer à l'évolution de notre travail de mémoire.

On remercie également de tous nos cœurs tous les enseignants qui ont contribué à notre apprentissage depuis notre jeune âge à ce jour, et on leur adresse nos sentiments respectueusement reconnaissant pour tout le savoir qu'ils nous ont prodigués.

Enfin on remercie tous ceux qui ont contribué de près ou loin à l'aboutissement de ce modeste travail.

Merci

Dédicace

*Je voudrais remercies tous d'abord, Dieu tout clément et
miséricordieux pour être mon meilleur confident et pour me
permettre de réaliser mes rêves merci pour me guider et être
toujours avec moi*

Je dédie ce mémoire

*Je dédie ce travail qui n'aura jamais pu voir le jour sans les
soutiens indéfectibles et sans limite de mes chers parents qui
ne cessent de me donner avec amour le nécessaire pour que
je puisse arriver à ce que je suis aujourd'hui. Que dieux vous
protège et que la réussite soit toujours à ma portée pour que
je puisse vous combler de bonheur.*

*A mon frère Anis et ma sœur Sara, que ce travail soit pour
eux un exemple de persévérance dans la vie.*

A mes cousins et cousines

A toute ma famille paternelle et maternelle

*A mes chères Lamine, Melisa, Hayat, Kahina, Saida, Karima,
Selma*

*A mes amis (es) et mes camarades de la promotion Master 2
(phytopathologie).*

Fahima

Dédicaces

Je dédie cet événement marquant de ma vie :

A la mémoire de mon père disparu trop tôt. J'espère que, du monde qui est sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'une fille qui a toujours priée pour le salut de son âme. Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde !

A ma mère par les inestimables sacrifices que tu as consentis pour moi, tu as tant souhaité que je parvienne à ce but.

Je te serai reconnaissant toute ma vie, qu'Allah t'accorde longue vie dans la santé !

A mes sœurs Mounia et Lydia et mes frères Faycal, Badis et Wail que dieu vous garde et vous protège que votre chemin soit plein succès.

A toute ma famille

A mes chères Slimane, Aris, Narawass, Deriane, Dida, Hamida, Fahima, Lizia, Tassadite, Chahinez, Rahma, Imane, Karima, Selma, Rima, Assia pour leur aide et leur soutien que dieu vous protège et vous préserve.

A toutes les personnes qui m'ont aidée à réaliser ce travail.

Melisa

SOMMAIRE

Table des matiers

Table des matières

Listes des figures

Liste des Tableaux

Liste des abréviations

Introduction

1

Chapitre I synthèse bibliographique

Généralité sur les agrumes.....	1
I-Originé géographique	1
I-1-distribution actuelle	1
II-La classification botanique des organes.....	2
II-1-Taxonomie.....	2
II-2-Les variétés d'oranger.....	3
II-3-La morphologie de la plante hôte (citrus sinensis)	5
III-3-1-Le système racinaire	5
II-3-1-1- Les racines principales.....	6
II-3-1-2-Les racines secondaires	6
II-3-2-Le système aérien.....	6
II-3-2-1-Le tronc.....	6
II-3-2-2-Les ramifications.....	6
II-3-2-3-Les feuilles.....	6
II-3-2-4-Les fleurs.....	7
II-3-2-4-Les fruits.....	7
II-3-2-4-1- L'épiderme.....	7
II-3-2-4-2-L'écore.....	8
II-3-2-4-2-1-Le mésocarpe externe qui constitue le Flavédo	8
II-3-2-4-2-2-Le mésocarpe interne qui constitue L'Albédo	8
II-3-2-4-3-La pulpe.....	8
II-3-2-4-4-La Moelle.....	8
II-3-2-4-5-Les pépins.....	8
II-4-Les principales étapes de la vie de l'arbre.....	9
II-5-La croissance et développement d'arbre.....	10
II-5-1-Le développement du fruit.....	10
II-5-1-1-La nouaison.....	10
II-5-1-2-Le grossissement	10
II-5-1-3-La maturation.....	10
II-5-2-Le développement floral.....	10
II-5-2-1-La floraison.....	10
II-5-2-2-La pollinisation.....	10
II-5-2-3-La fécondation.....	11
II-5-3-La croissance végétative	11
III-Exigence pédoclimatique	11

Table des matiers

III-1-Le climat	11
III-2-La température	11
III-3-L'humidité.....	12
III-4- Les précipitations.....	12
III-5-Le sol.....	12
IV-Pathologie chez les agrumes	12
IV-1-Pathologie physiologique	12
IV-1-1-Le pourrissement des racines	12
IV-1-2-Carence en minéraux	13
IV-1-3-Fentes de fruit	13
IV-2-Maladies.....	13
IV-2-1-Maladie causée par Bactérie	13
IV-2-1-1-Le stubborn (Spiroplasmacitri)	13
IV-2-1-2-Le chance bactérien des agrumes (XanthomonascoprestrisPV.Citri)	14
IV-2-1-3-Bactériose	14
IV-2-2-Maladies cryptogamiques	14
IV-2-2-1-Le Mal secco : (<i>Deuterophomatracheiphila</i>)	14
IV-2-2-2-La fumagine	15
IV-2-2-3-La gommose	15
IV-2-2-4-Pourriture verte	16
IV-2-2-5-Pourriture molle des racines	13
IV-2-2-6-Pourriture noire du Fruit	16
IV-2-3-Maladies causées par les virus	16
IV-2-3-1-La tristeza	16
IV-2-3-2-Les psoroses : agent causal <i>Citri virpsorosis</i>	17
IV-2-3-3-L'exocortis	17
IV-3-Les ravageurs	17
IV-3-1-Acariens	17
IV-3-1-1-L'araignée rouge	17
IV-3-1-2-L'acarien des bourgeons (<i>Aceria sheldoni</i>)	17
IV-3-2-Nématodes	18
IV-3-3-Insectes	18
IV-3-3-1-La mineuse des feuilles (<i>Phyllocnistiscitrella</i>)	18
IV-3-3-2-Les aleurodes	18
IV-3-3-3-Les cochenilles	19
IV-3-3-4-Les pucerons	19
IV-3-3-5-Les diptères: La mouche méditerranéenne des fruits	19
IV-Etude de la bio écologie de la mouche méditerranéenne des fruits	20
V-1-Origine et aire de répartition	20
V-2-Position systématique et synonymes	21
V-3-Description morphologique des différents stades de développement (œufs, les larves, les pupes, l'adulte)	22
V-4-Plantes hôtes	23

Table des matiers

VI-5-Cycle de développement	24
VI-5-1-Ponte et incubation	24
VI-5-2-Développement larvaire	25
VI-5-3-La durée du cycle	25
VI-5-4-Normbre de generation	25
V-6-Facteur agissant sur le développement de <i>C.capitata</i>	26
V-6-1-Facteurs biologiques	26
V-6-1-1-Hôte	26
V-6-1-2-Compétition larvaire	26
V-6-1-3-Ennemis naturels	27
V-6-2-Facteurs climatiques	27
V-6-2-1-Température	27
V-6-2-2-Humidité	27
V-6-2-3-Lumière	28
V-6-2-4-Vent	28
V-6-3-Facteurs édaphiques	28
V-7- Dégâts causées par la cératite	29
V-8- Méthodes de lute contre la cératite	30
V-8-1-Méthodes culturales	30
V-8-2-Méthodes chimiques	30
V-8-2-1-Insecticides	30
V-8-2-2-Désinfection du sol	30
V-8-3-Méthodes biologiques	30
V-8-3-1-Lutte autocide	31
V-8-3-2-Lutte microbiologique	31
Le genre bacillus	31
1-Classification du genre Basillus(Berliner, 1915)	32
2- Le groupe Bacillus cereus	32
2-1-Le genre <i>Bacillus thirengiensis</i>	32
2-1-1- <i>Bacillus thuriengiensis</i> comme agent de lutte biologique	33
3-Les principaux métabolites secondaires de <i>Bacillus</i> spp.....	33
3-1-Les Bactériocines	34
3-1-1-Mode d'action des bactériocines	34
3-2- Les delta-endotoxines (protéines Cry et Cyt)	34
3 2-1-Les protéines Cry	34
3- 2-2-Les protéines Cyt	35
3-2-3-Mode d'action des δ -endotoxines	35
3-3-Les antibiotiques et les antifongiques produits par <i>Bacillus</i>	35

Chapitre II

Matériels et méthodes

I-Présentation de la région d'étude	37
II-1-Occupation du sol	37

Table des matiers

II-2-Situation géographique de la région d'étude	37
II-3- Entretien du verger (DSA, 2018)	38
II-4- Hydrologie	36
II-5- Climatologie	38
II-5-1- Précipitations et variations pluviométriques	38
II-5-2- Températures	38
II-5-3- Précipitations	39
II-5-4- Synthèse bioclimatique	40
II-5-4-1-Diagramme ombrothermique de Bagnoles et Gausсен	40
II-5-4-2- Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger	41
III-Etude entomologique (de la Cératite)	42
III-1-Echantillonnage	42
III-2- Prélèvement et examen des fruits	43
III-2-1- Matériels d'élevage	43
II-2-2-Mise en élevage	43
IV-Etude microbiologique	44
IV-1-Isolement de la flore fongique	44
IV-1-1- Matériel utilise	44
IV-1-2- Les dilutions utilisées pour l'isolement et l'identification des champignons	44
IV-1-3- Etalement en surface	44
IV-1-4- Les milieux de culture utilisés pour l'isolement et l'identification des champignons	44
IV-1-5- Isolement de l'agent pathogène à partir des Feuilles et organe atteintes des symptômes...	45
IV-1-5-1- Purification	45
IV-1-6-Identification des moisissures (les éléments qu'il faut cibler pour les deux aspects macro et microbiologique)	46
IV-1-6-1- Etude macroscopique	46
IV-1-6-2- Etude Microscopique	46
V-1- L'activité antifongique	46
V-Bactéries antagonistes utilisées	47
V-Revivification des souches de <i>Bacillus</i>	49
Protocole expérimentale	50

Chapitre III

Résultats et discussion

Résultats	51
I Etude entomologique	51
II Etude microbiologique	51
II-1-Identification des champignons	51
II-2- Effet antagoniste des souche de <i>Bacillus</i> vis-à-vis les champignons phytopagènes de l'oranger	55
II-2-1-Taux d'inhibition	56
II-2-2-Activité antifongique	57
II-2-2-1-Activité antifongique des souche de <i>Bacillus</i> spp sur <i>Penicillium citrinum</i>	57
II-2-2-2-Activité antifongique des souche de <i>Bacillus</i> spp sur <i>Alternaria</i>	58

Table des matiers

II-2-2-3-Activité antifongique des Bacillus spp sur Aspergillus niger	59
Discussion	60
I Etude entomologique	60
II-Etude microbiologique	61
II-1-Identification des champignons	61
II-2-Effet antagoniste	62
Conclusion	
Références bibliographiques	
Annexes	

Liste des figures :

Figure N°01 :	Distribution des orangers dans le monde à partir de son pays d'origine (La Chine).....	02
Figure N°02 :	Morphologie d'un arbre d'oranger(original)	05
Figure N°03 :	Fleur d'oranger	07
Figure N°04 :	Coupe transversale de fruit de <i>citrus sinensis</i> (Polese, 2008).	08
Figure N°05 :	Répartition géographique de <i>Ceratitiscapitata</i>	20
Figure N°06 :	Cycle de développement de la cératite	24
Figure N°07 :	Schéma représentant le nombre de génération possible en Algérie	26
Figure N°08 :	Quelques dégâts de la cératite sur l'oranger	29
Figure N° 09 :	Carte satellitaire de la région de Lakhdaria montrant le site de prospection	38
Figure N° 10 :	Variation des températures dans la région de Lakhdaria durant la période (2006-2016)	39
Figure N° 11 :	Précipitations de la région de Lakhdaria durant la période de (2006-2016).	40
Figure N° 12 :	Diagramme Ombrothermique de Bagnoles et Gaussen pour la région de Lakhdaria(2006-2016).	41
Figure N° 13 :	Climagramme d'Emberger (Q2) de la région de Lakhdaria pour la période (2006-2016).	42
Figure N° 14 :	élevage de la mouche méditerranéenne des fruit	43
Figure N° 15 :	préparation du milieu PDA	45
Figure N°16 :	L'arbre Phylogénétique réalisé à partir des résultats du séquençage et Blast	49
Figure N°17	Témoins des souches pathogènes (A: <i>Alternaria</i> sp , B <i>penicillium citrinum</i> , C <i>Aspergillus niger</i>) sur milieu MEA après 5 jours d'incubation à 32°C:....	55
Figure N°18:	La croissance des souches pathogènes de A : <i>Alternaria</i> sp, B : <i>Penicillium citrinum</i> , C : <i>Aspergillusniger</i> , en présence de <i>Bacillus cereus</i> (B10)après 4 jours d'incubation à 32°C.	55
Figure N°19	: La croissance des souches pathogènes de A : <i>Alternaria</i> sp, B : <i>Penicillium citrinum</i> , C : <i>Aspergillusniger</i> , en présence de <i>Bacillus thuringiensis</i> (B1)après 4 jours d'incubation à 32°C.	56
Figure N°20 :	La croissance des souches pathogènes de A : <i>Alternaria</i> sp, B : <i>Penicillium citrinum</i> , C : <i>Aspergillus niger</i> , en présence de <i>Bacillus thuringiensis</i> (BEN1) après 4 jours d'incubation à 32°C	56
Figure N°21:	Taux d'inhibition des souches de <i>Bacillus thuringiensis</i> (B1 et BEN1) et <i>Bacillus cereus</i> (B10) confrontées au <i>Penicillium citrinum</i> en fonction du temps.....	58
Figure N°22:	Taux d'inhibition des souches de <i>Bacillus thuringiensis</i> (B1 et BEN1) et <i>Bacillus cereus</i> (B10) confrontées au <i>Alternaria</i> sp en fonction du temp.....	59
Figure N°23:	Taux d'inhibition des souches de <i>Bacillus thuringiensis</i> (B1 et BEN1) et <i>Bacillus O.cereus</i> (B10) confrontées au <i>Aspergillusniger</i> en fonction du temp	60

Listes des Tableaux

Tableau 1 :	les différentes variétés de l'oranger et leurs caractéristiques.....	03
Tableau 2 :	les différentes périodes de la vie d'un arbre d'oranger.....	09
Tableau 3 :	potentiel végétale de la région de Lakhdaria.....	13
Tableau 4 :	Données climatiques de Lakhdaria	13
Tableau 5:	Les souches bactériennes testées pour leur activité antagoniste vis-à-vis <i>Alternaria</i> sp, <i>Penicillium citrinum</i> et <i>Aspergillus niger</i>	45
Tableau 6:	Résultats comparatifs par Blast après séquençage des produits PCR de l'ensemble des souches de la collection.....	48
Tableau 7 :	Pourcentages d'inhibition des souches <i>Bacillus thuringiensis</i> (B1 et BEN1) et <i>Bacillus cereus</i> (B10) confrontées avec <i>Penicillium citrinum</i> en fonction du temps	57
Tableau 8 :	Pourcentages d'inhibition des souches <i>Bacillus thuringiensis</i> (B1 et BEN1) et <i>Bacillus cereus</i> (B10) confrontées avec <i>Alternaria</i> sp en fonction du temps.....	58
Tableau 9 :	Pourcentages d'inhibition des souches <i>Bacillus thuringiensis</i> (B1 et BEN1) et <i>Bacillus cereus</i> (B10) confrontées avec <i>Aspergillus niger</i> en fonction du temps....	59

Listes des abréviations

% : Pourcentage

Bt : bacillus thuriengiensis

C. capitata : Ceratitis capitata

°C : Degré Celsius

Cm : centimètre

D.S.A : Direction des services agricoles

Fig : figure

G : Gramme

G1 : Génération 1

Ha : Hectare

Km² : Kilomètre

Mm : Millimètre

P : Précipitation

T : Température

INTRODUCTION

INTRODUCTION GENERALE

L'arboriculture fruitière fait partie intégrante de la vie économique et sociale à travers le monde entier. Les agrumes, en particulier, ont une grande importance dans le développement économique et social des pays producteurs. Ils constituent les produits d'exportation et de transformation en divers dérivés tels que les jus, confitures, essences, comme ils peuvent être une source d'emploi (**Loussert, 1987**).

Les agrumes sont les fruits les plus produits dans le monde. Ce même auteur souligne que l'Algérie qui a été traditionnellement exportatrice d'agrumes, éprouve à l'heure actuelle des difficultés à satisfaire les besoins de consommation qui ne cessent de croître sous l'effet de la consommation en fruits frais **Boudi (2005)**.

L'agrumiculture algérienne vit une situation très difficile généralement par l'instabilité où les rendements n'ont pas progressé depuis l'indépendance. A cette régression des rendements, s'ajoute une diminution de la qualité qui rend nos agrumes non compétitifs, contrairement à ceux des autres pays méditerranéens (**Boudi, 2005**).

En effet, l'extension des zones cultivées enregistre des phénomènes de pullulation de certains prédateurs, parmi lesquels, on retient la classe des insectes qui est la plus importante. Parmi ces insectes, *Ceratitis capitata* Wiedemann, 1824 communément appelée la mouche méditerranéenne des fruits, est considérée comme étant l'insecte le plus redoutable sur les agrumes (**White et Elson-Harris, 1992**). Dont les dommages résultent à la fois des piqûres lors de la ponte dans les fruits, de l'alimentation par les larves et la décomposition des tissus végétaux par des micro-organismes envahisseurs secondaires (bactéries, champignons) entraînant la putréfaction des fruits (**Olsen et al., 2000**).

Les microorganismes pathogènes sont difficiles à contrôler car ils peuvent survivre dans le sol pour de longues périodes (**Tschen, 1985**). Pour lutter contre ces maladies, l'application illimitée de pesticides dans les sols peut entraîner la pollution de l'environnement et les eaux souterraines et l'apparition de souches pathogènes résistantes. Une recherche sérieuse est nécessaire pour trouver des méthodes alternatives de protection des végétaux, qui sont moins dépendantes des produits chimiques et sont plus respectueuses de l'environnement (**Prapagdee et al, 2008**).

Le contrôle biologique avec les microorganismes bénéfiques permet d'augmenter le rendement en supprimant directement l'inoculum pathogène et/ou en induisant la résistance des plantes.

Pour cela, et dans le but d'envisager une technique de lutte assez appréciable dans l'espace et dans le temps, nous étudions l'efficacité potentielle des souches locales de *Bacillus thuringiensis* et de *Bacillus cereus*, isolées à partir du sol des vergers d'orangers du Nord d'Algérie, comme candidat à la lutte biologique contre champignons pathogènes de l'oranger.

Cette forme de bio-protection permet de réduire et ou d'inhiber la croissance et le développement des champignons phytopathogènes. (**Saidi et al., 2009**).

INTRODUCTION GENERALE

Dans ce contexte, ce présent travail a pour objectifs :

- Une étude entomologique le cycle de développement de la mouche *Ceratitis capitata* et la répartition spatio-temporelle de ses attaques dans la région d'étude.
- Une étude microbiologique : qui consiste à identifier la mycoflore qui s'attaque aux oranges du verger étudié.
- Et enfin, une étude d'effet antagoniste de deux espèces du genre *Bacillus* (*Bacillus thuringiensis* et *Bacillus cereus*) par confrontation directe avec les champignons isolés.

Le document est ainsi divisé en trois chapitres ; le premier chapitre est consacré en une synthèse bibliographique. Les seconds chapitres rassemblent la présentation de différentes caractéristiques de la région d'étude, les techniques utilisées sur le terrain et au laboratoire et les indices employés pour l'exploitation des résultats et le troisième chapitre présente les résultats et leur discussion. Et enfin, une conclusion générale résumera les différents résultats obtenus.

CHAPITRE I

DONNÉES BIBLIOGRAPHIQUES

Généralité sur les agrumes

Le mot Agrume provient du latin acrumen qui désignait dans l'antiquité des arbres à fruits acides **(Bénédicte et Bachés, 2002)**.

Les agrumes se distinguent par leur grande diversité de leurs familles et de leurs ordres. L'agrumiculture des pays du bassin Méditerranéen est diversifiée, tant au niveau des variétés cultivées (Oranges, Mandarines, Thomson, Clémentines, Pomelos, Citrons, Limes, Pamplemousses pour ne citer que les plus courants) reflète d'une certaine manière la richesse et la variabilité de ces arbres, du fait de l'extension de cette culture **(Virbel-Alonso, 2011)**.

I-Origine géographique

Le genre Citrus est originaire des régions tropicales et subtropicales de l'Inde, de la Chine Méridionale, de l'Australie septentrionale et de la Nouvelle-Calédonie. La culture des orangers et des pamplemoussiers en Chine remonte à 2400 avant J. C **(Manner et al., 2005)**.

L'orange douce telle que nous la connaissons ne fera son apparition qu'au cours du XVe siècle lorsque des navigateurs portugais la découvrent en Chine. Par sa douceur, elle vaincra très vite l'orange amère. Une fois implantée dans le bassin méditerranéen, l'oranger a été diffusé à travers le monde par les européens, Amérique du Nord et du Sud au XVIe siècle, Afrique du Sud au XVIIe siècle et Australie au XVIIIe siècle **(Webber et Hebert, 1967)**.

I-1-Distribution actuelle

La culture de l'agrumes progresse peu à peu vers l'ouest, d'abord chez sumériens, puis dans l'ancienne Egypte. Bien que des orangeries fleurissent en Afrique du nord aux IIe et IIIe siècles, les arabes n'introduiront le fruit qu'aux alentours de l'an mille.

Et ce n'est qu'un demi-millénaire plus tard que l'orange douce, celle consommée de nos jours, apparaît dans nos contrées. Rapportée par les portugais de leur comptoir de Ceylan, elle s'acclimate rapidement dans les orangeries conçues spécialement à cet effet on retiendra notamment la magnifique de Versailles bâtie sous Louis XIV **(fig.01)**.

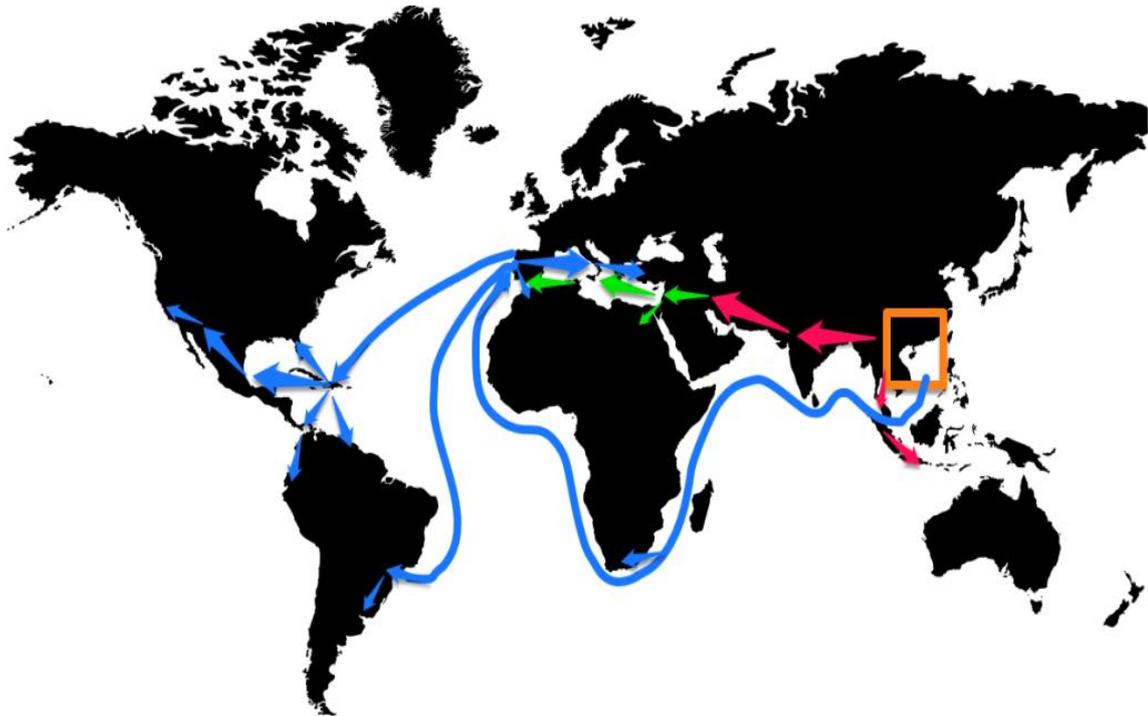


Figure N°: 01 : Distribution des orangers dans le monde à partir de son pays d'origine (La Chine).
(ATLAS of fruits history).

II- La Classification botanique des orangers

II-1- Taxonomie

Les agrumes appartiennent aux genres *Citrus*, *Fortunella* et *Poncirus*. Ces trois genres sont de la famille des *Rutaceae*.

D'après SWINGLE et Praloran (1971), la taxonomie des agrumes est la suivante :

- **Classe :** Dicotyledoneae.
- **Sous classe :** Archichlonideae.
- **Ordre :** Geraniales.
- **Famille :** Rutaceae.
- **Sous famille :** Aurantioideae.
- **Tribu :** Citreae.
- **Sous tribu :** Citrinae.
- **Genre :** *Citrus*.

Les genres citrus est celui qui contient le plus d'espèces et de variétés d'agrumes commercialisées (Praloran, 1971).

II-2- Les variétés d'oranger

Il existe de nombreuses variétés d'oranges, mais un petit nombre d'entre se partagent le marché. Le tableau ci-dessous représente quelques variétés de l'oranger:

Tableau N°01 : les différentes variétés de l'oranger et leurs caractéristiques.

Les variétés	Caractéristique	Image
Thomson	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cette variété fait partie des oranges blondes naval ➤ Maturation précoce. ➤ Une peau fine lisse et brillante. Ses fruits ont une chair plus grossière et moins juteuse. ➤ La production de cette variété s'échelonne de la mi-Novembre à Janvier (Mioulane, 1996). 	
Valancia late	<ul style="list-style-type: none"> ➤ C'est une variété est très tardive, récoltée d'Avril-Mai a Juin-Juillet. ➤ Ses fruits sont au départ de forme arrondir, mais au moment de la récolte, ils prennent une forme légèrement ovale du fait de l'élégation de leur épiderme au voisinage du pédoncule. ➤ Leur poids des fruits est d'environ 170g. ➤ Leur peau, ferme et résistante, a une épaisseur de 4mm. Ce qui protège le fruit des chocs lors des manipulations. (Loussert 1989). 	
Moro	<ul style="list-style-type: none"> ➤ C'est une variété tardive qui fait partie des oranges sanguines. ➤ La récolte se situe entre le mois de Février et le mois de Mars. ➤ Elles diffèrent des oranges blondes par la présence des pigments qui colore l'épiderme et la pulpe d'une couleur qui tend vers le rouge-sang. ➤ La coloration rouge-sang progresse de façon centripète avec la maturation (Loussert 1989). 	

<p>Wachington</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Le fruit est relativement gros (200à250g), de forme sphérique. ➤ L'extrémité ou apparait le navel est légèrement proéminente. ➤ Sa peau est d'épaisseur moyenne (5mm) et sa chair est croquante, fine et sans pépins (Loussert,1989). 	
<p>Salustiana</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ C'est une variété à chair non sanguine. ➤ Fruit est de forme sphérique sans pépin et très riche en jus ➤ Les feuilles sont nettement lancéolées semblables à celle des autres variétés d'orange. ➤ Arbre vigoureux, plutôt dressé de taille moyenne à grande (Chapot et Huet, 1963). 	
<p>Maltaise</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ C'est une variété demi-sanguine. ➤ Le fruit est de forme plutôt ovale, d'un poids de 100 à 180 grammes. ➤ La peau est plus ou moins lisse, de couleur orange et rouge sanguine. ➤ Le nombre de pépin est très réduit (de 0 à 3 maximum). ➤ Elle arrive à maturité fin Janvier jusqu'à début Avril (Hassainya, 2009). 	
<p>L'oranger doux</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ C'est un arbre fruitier de taille moyenne, à port sphérique. ➤ Les Feuilles vert sombre et ovales, persistantes, parfumées et légèrement ailées. Les fleurs sont blanches et très parfumées. ➤ Les fruits sont de taille moyenne et de coloration variable. ➤ La récolte des oranges s'effectue de novembre à mars/avril selon les variétés (Frély, 2015). 	

II-3- La morphologie de la plante hôte (*Citrus sinensis*)

L'oranger est un arbuste de taille moyenne de 12 mètre de hauteur avec un tronc unique au bois dur et une écorce mince et lisse (**Harley et al, 2006**) (**Fig.02**).



Figure N°02 : Morphologie d'un arbre d'oranger(original)

II-3-1- Le système racinaire

Selon **Loussert (1989)**, le développement du système racinaire de l'arbre adulte est avant tout en fonction des caractéristiques physiques du sol. Certes, il est démontré que la nature des porte-greffes joue aussi un rôle dans le développement et la localisation des racines.

En règle générale, le système racinaire des agrumes est essentiellement localisé dans les premiers 100cm de profondeur.

Selon les fonctions du système racinaire, deux types de racine ont été mise en évidence :

II-3-1-1- Les racines principales

Au nombre de deux à trois qui se développent jusqu'à deux mètre de profondeur. Elles assurent la fixation du plant.

II-3-1-2- Les racines secondaires

Se divisent en fines racines constitué de chevelue racinaire qui absorbe les éléments minéraux et l'eau présents dans le sol en assurant la nutrition de l'arbre.

II-3-2- Le système aérien

Il est constitué du tronc, à partir duquel se développent les branches charpentières, puis la ramification qui porteront les feuilles, les fleurs et les fruits.

II-3-2-1- Le tronc

Son développement est limité en hauteur à quelques dizaines de centimètres par la première taille de formation qui a pour effet de favoriser le développement des futures charpentières.

C'est au niveau du tronc que se situe la ligne de greffe résultat de l'association de la variété et de porte-greffe.

Le tronc assure le transfert de la sève brute du système racinaire à la frondaison et la sève élaboré du système aérien vers les racines.

II-3-2-2- Les ramifications

Les branches charpentières limitées par la taille de formation, prennent naissance sur le tronc et se divisent en sous-charpentières qui à leur tour porteront les rameaux végétatifs, ces derniers se fructifier.

II-3-2-3- Les feuilles

Tous les agrumes sont des arbres à feuilles entières et persistants qui ont une durée de vie limité et les chutes interviennent naturellement en automne et au printemps quand les nouvelles pousses apparaissent (**Bachès et Bachès, 2011**). Cependant, les feuilles sont très déférentes et présente une grande variabilité de tailles et de forme selon les espèces, les variétés et l'âge de l'arbre et permettent souvent l'identification des agrumes.

Généralement, les jeunes arbres sont pourvus des feuilles plus larges et plus grandes que les arbres adultes.

II-3-2-4- Les fleurs

Les fleurs ont entre 2 à 4cm de diamètre, axillaires, parfumées, simples, ayant des étamines et des pistils fonctionnels. Le calice est lobé, composé généralement de 5 pétales avec des glandes d'essences aromatiques. Les étamines sont entre 20 et 40. Les pétales sont de couleur blanc-rosâtre, rose-violet vers l'extérieur chez le citron et rougeâtre chez les autres variétés d'agrumes (**Fig.03**). L'ovaire est surmonté d'un stigmate en masse composées de 8 à 18 locules, avec 4 à 8 ovules par locule, dans deux rangées (**Somon, 1987**).



Figure N°03 : Fleur d'oranger

II-3-2-4- Les fruits

Selon **kimball (1999)**; **Polese (2008)**; **Bachès et Bachès (2011)** ; **Haineault (2011)**, tous les fruits de citrus sont identiques dans la structure sauf quand il s'agit des dimensions, de la forme et de la couleur.

Ils sont composées d'une peau qui entoure une pulpe riche en eau. Celle-ci est constituer de l'extérieur à l'intérieur de :

II-3-2-4-1- L'épiderme

Composé de cires épicuticulaires en forme de plaques, la quantité de cette cire dépend de la variété, des conditions climatiques et de la croissance.

II-3-2-4-2- L'écorce

C'est la partie non comestible du fruit, il est formé de :

II-3-2-4-2-1- Le mésocarpe externe qui constitue le Flavédo

Il est caractérisé par sa couleur jaune, verte ou orange.

Il abrite les vésicules oléifères qui sont caractérisées par des parois très fines et fragiles qui renferment l'huile essentielle.

II-3-2-4-2-2- Le mésocarpe interne qui constitue L'Albédo

Il est fait de cellules à structures tubulaires qui forment une véritable toile avec la plupart du volume tissulaire comprimé dans l'espace intercellulaire.

II-3-2-4-3- La pulpe

C'est la partie comestible du fruit, elle est composée de l'endocarpe qui sont des fruits avec les carpelles dans lesquelles se trouvent les vésicules contenant le jus.

II-3-2-4-4-La Moelle

La partie la plus interne du fruit est formée par un tissu spongieux similaire à celui de l'albédo.

II-3-2-4-5- Les pépins

Ils proviennent, comme toutes les graines, de la fécondation ou fusion de deux cellules sexuelles (d'une part l'anthérozoïde de la graine de pollen et d'autre part l'ovule de l'ovaire).

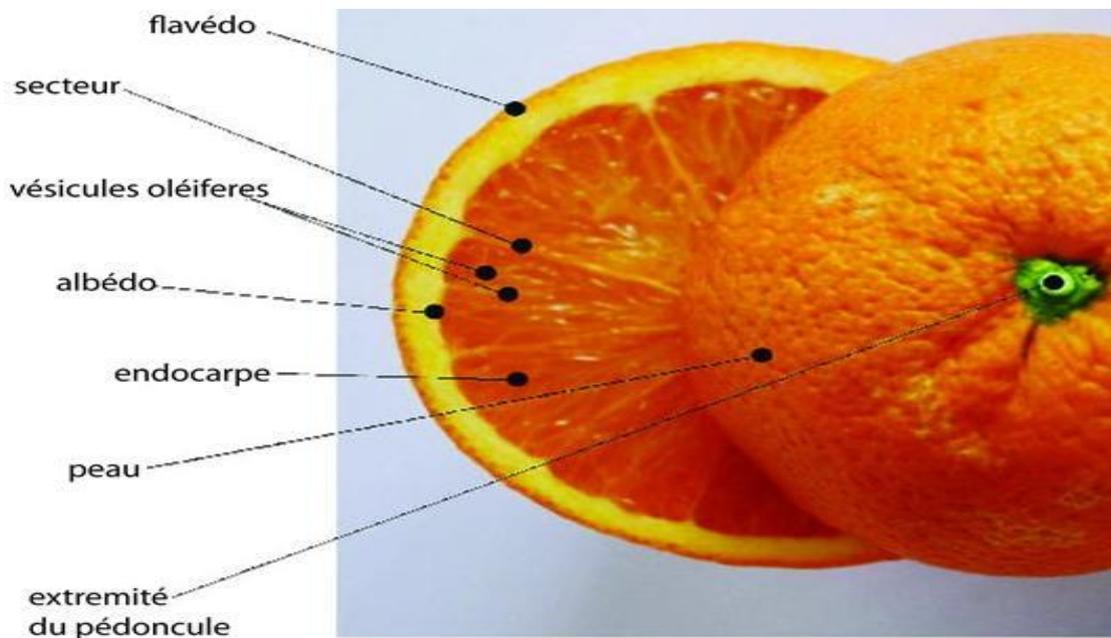


Figure N°04 : Coupe transversale de fruit de *Citrus sinensis* (Polese, 2008).

II-4- Les principales étapes de la vie de l'arbre

Tableau N°01 : les différentes périodes de la vie d'un arbre d'oranger (Loussert, 1989)

La période	Caractères
La période d'élevage en pépinière :	<ul style="list-style-type: none"> - Cette période dure de 12 à 36 mois au niveau de la pépinière. - Elle commence avec les semis des graines pour la production du porte-greffe et se termine avec l'élevage du jeune plant.
La période improductive	<ul style="list-style-type: none"> - Le jeune plant en provenance de la pépinière est âgé de 1 à 3 ans est mis en place sur le terrain de plantation. Une fois qu'il est installé, il développe son système racinaire et sa frondaison. - Cette période est improductive car les floraisons peu abondantes, nécessitent des soins attentifs (irrigations, tailles de formation...)
La période d'entrée en production	<ul style="list-style-type: none"> - Sa période moyenne est de 5 à 7 ans, les premières floraisons et fructification apparaissent. L'arbre se fleurit et fructifie de plus en plus.
La période de la pleine production	<ul style="list-style-type: none"> - C'est la période la plus intéressante pour l'agrumiculteur, leur durée ne dépasse pas une vingtaine d'années. - Pendant cette période, le développement végétatif de l'arbre se stabilise et consacre son énergie à fleurir, à fructifier et à renouveler ses ramifications
La période de vieillissement :	<ul style="list-style-type: none"> - L'agrumiculteur, dont les arbres sont en place depuis 30 à 40 ans, sa production va être diminuée progressivement, le renouvellement des pousses fructifères se ralentit, la frondaison est moins fournie.
La période de décrépitude :	<ul style="list-style-type: none"> - C'est la période où il est nécessaire de prendre la décision d'arracher les arbres, car ils deviennent affaiblis et sensibles à de nombreuses attaques parasitaires. - Les récoltes sont faibles et les fruits produits sont de qualité médiocre.

II-5- La croissance et développement d'arbre

II-5-1- Le développement du fruit

Selon **Loussert (1989)**, les trois étapes essentielles du développement du fruit sont :

II-5-1-1- La nouaison

C'est la première étape du développement du fruit qui suit la fécondation, où le développement parthénocarpique en absence de fécondation complète.

II-5-1-2- Le grossissement

Après la nouaison, le grossissement du fruit est rapide, les principaux facteurs qui influencent sur cette activité sont les conditions climatiques, l'âge et la vigueur de l'arbre.

II-5-1-3- La maturation

Au cours des mois d'été, le fruit poursuit son développement en grosseur pour atteindre en octobre son calibre définitif.

La maturation du fruit se manifeste par le changement de coloration de son épiderme, et par la qualité de la teneur en jus de sa pulpe.

II-5-2- Le développement floral

Les principales étapes du développement floral sont :

II-5-2-1- La floraison

La floraison chez les agrumes peut se produire la plupart du temps au printemps, de fin mars au début mai. Mais chez certaines espèces, les floraisons peuvent être échelonnées durant toute l'année.

Les chutes naturelles de fleurs sont importantes aux stades : bouton floral, fleur épanouies et en fin de floraison pour assurer un calibre convenable des fruits.

II-5-2-2- La pollinisation

Le pollen est transporté par le vent ou par insectes, si le temps est humide et frais les insectes pollinisateurs sont peu actifs pour déclencher le développement parthénocarpique du fruit.

La germination des graines de pollen dans la fleur joue un rôle d'excitateur qui entraîne la fécondation complète et le développement de l'ovaire en fruit.

II-5-2-3- La fécondation

- Les grains de pollen déposés sur le stigmate de la fleur germent en développant leur tube pollinique dans le style.
- L'anthérozoïde qui accompagne le tube pollinique sera ainsi acheminé jusqu'à l'oosphère.
- La fusion des deux gamètes anthérozoïde et oosphère est la phase ultime de la fécondation.

II-5-3- La croissance végétative

Les taux de croissance sont très variables selon le climat, les pratiques agricoles, l'espacement d'arbre, le scion et le porte-greffe.

La croissance se manifeste sur les jeunes ramifications au cours des trois périodes,

- ✓ Au printemps (de la fin février au début mai) par la pousse de printemps, les ramifications s'allongent et développent de jeunes feuilles de couleur vert clair.
- ✓ En été (juillet-août) par la pousse d'été, le développement est plus ou moins vigoureux suivant les températures, les irrigations et la vigueur des arbres.
- ✓ En fin d'automne (d'octobre à la fin novembre) après la troisième pousse, dite pousse d'automne, la croissance assure en partie le renouvellement du feuillage.

III - Exigences pédoclimatique

III -1- Le climat

Les climats les plus adéquats pour les agrumes sont ceux des régions tropicales et subtropicales humides. On dit que les meilleurs fruits d'agrumes sont ceux des climats subtropicaux humides ou ceux des régions plus arides (c'est-à-dire le climat méditerranéens) (**Rieger, 2002**).

III -2- La température

En générale, les agrumes ne peuvent être cultivés en plein terre sans protection que dans une zone côtière aux températures hivernales clémentes. Ailleurs, il sera souvent nécessaire de protéger les arbustes pendant l'hiver. (**Polese, 2008**)

Les agrumes se mettent en repos de végétation si la température est inférieure à 12°C ou dépasse les 35°C. En effet, ces arbustes sont si sensibles aux basses températures, apprécient un froid relatif pour produire les meilleurs fruits (**Courboulex, 2010**).

III-3- L'humidité

Une humidité atmosphérique élevée permet l'amélioration de la qualité gustative du fruit. Cependant, les agrumes s'accommodent mal d'une humidité de l'air excessive, ils sont alors victimes de parasites et de champignons. Par contre, en atmosphère trop desséchante, on peut constater des brûlures sur les feuilles et même sur le fruit (**Courboulex, 2010**).

III-4- Les précipitations

Les moyennes annuelles de précipitations adéquates pour les agrumes sont comprises entre 1000 et 1200mm (**Rebour, 1966**).

Les agrumes vivent en climats saisonniers, ou dans des climats tropicaux qui assurent des précipitations régulières pendant toute l'année.

III-5- Le sol

Les agrumes comme toutes les plantes ligneuses, peuvent pousser sur différents types de sol (**Purseglove, 1968**). Ils pénètrent dans le sol par l'intermédiaire de leurs racines pour assurer l'absorption des éléments nécessaires à leurs croissances et leurs développements (**Loussert, 1989-1**).

IV- Pathologie chez les agrumes

Comme toutes les plantes, les agrumes sont victimes des champignons, de virus ou de carence alimentaire. Les symptômes sont variables et peuvent touchés l'arbre tout entier ou seulement le fruit (**Fajinmi et al., 2011**). Leurs conséquences sont généralement bien plus graves que celle dues aux ravageurs

IV-1- Pathologie physiologique

IV-1-1- Le pourrissement des racines

La principale cause du pourrissement des racines, reste l'irrigation excessive des arbres. Il peut résulter directement du manque d'oxygène dans la zone des racines (**Manner et al., 2005**). Cela provoque un pourrissement au niveau des racines par des agents pathogènes.

IV-1-2- Carence en minéraux

Elles ne peuvent être diagnostiquées que par l'analyse foliaire ou par l'œil averti d'un professionnel. (Courboulex, 2010)

D'après Vernière *et al.* (2003), la carence en éléments nutritifs peut être causée par :

- Le lessivage dû à l'irrigation excessive ou à la pluie.
- Insuffisance ou déséquilibre nutritionnel dans le sol, pH inadéquat.
- Une utilisation inexacte d'engrais. La carence en phosphore, en potassium, en azote et oligo-éléments peut être.

Les carences se manifestent comme suit :

- Une décoloration variée de feuillage.
- Un raccourcissement des jeunes pousses.
- Une réduction de la qualité des fruits.
- Un abaissement du rendement.

IV-1-3- Fentes de fruit

Les symptômes sont observés chez les fruits à peaux minces, Bien que sa cause exacte soit inconnue et qu'aucun agent pathogène n'a été mis en cause. Ce symptôme de croissance irrégulière des fruits est probablement provoqué par le climat ou par le manque d'irrigation et de fertilisation. L'addition du potassium comme engrais (vaporisé sur les feuilles) réduira ces fentes chez les fruits pendant quelques années (Tucker *et al.*, 1994).

IV-2- Maladies

Les agrumes sont exposés à une large gamme de maladies cryptogamiques, bactériennes et virales qui peuvent affecter les feuilles, les racines, les fruits, et le xylème.

IV-2-1- Maladie causée par Bactérie

IV-2-1-1- Le stubbornne :(Spiroplasma citri)

C'est la maladie la plus répandue et la plus grave, surtout lorsqu'elle est associée à une autre virose principalement la psorose. Elle est transmise soit en pépinière par greffage ou bien dans le verger à partir d'arbre malade à des arbres sains par les cicadelles.

Selon **Fajinmi et al. (2011)**, ce mycoplasme présente les symptômes et dégâts suivantes :

- Aspect de feuilles de saule.
- Rameaux courts et coudés.
- Le limbe a tendance à s'enrouler de chaque côté de la cervure médiane.
- Les feuilles deviennent chlorotiques et tombent.
- Les fruits affectés sont généralement glandiformes avec variation dans l'épaisseur de la peau.
- En cas d'attaque grave, la pulpe est atteinte et devient aigre-amère avec une odeur désagréable.

IV-2-1-2- Le chancre bactérien des agrumes : (*Xanthomonas coprestris PV .Citri*)

Le chancre des agrumes est une maladie bactérienne provoquée par la bactérie *par Xanthomonas coprestris. pv. citri*. Cette maladie infecte toutes les parties aériennes de la plante.

Elle provoque des symptômes qui se traduisent par

- Des petites taches translucides et lésions des feuilles, tiges, et fruit des arbres.
- Développement de pustules brun et liégeuses sur la tige des plantules.
- Eruptions verticalement et horizontalement, formant plaquettes rectangulaires (**Gottwald et al., 2002**)

IV-2-1-3- Bactériose

Causée par *Pseudomonas syringae* qui peut provoquer de sévère dommage en année humide et froide (**Loussert, 1989**).

Elle se manifeste par présence de taches brun rouge sur les rameaux accompagnée d'un exsudat bactérien, ces taches peuvent apparaître également après la cueillette ce qui fait perdre beaucoup de la valeur et la qualité du fruit (**Colombo, 2004**).

IV-2-2- Maladies cryptogamiques

IV-2-2-1- Le Mal secco : (*Deuterophoma tracheiphila*)

Appelé aussi le dessèchement infectieux. C'est une maladie cryptogamique causée par *Deuterophoma tracheiphila* (**ACTA, 1990**). Elle est dû à un excès de sel dans le sol et se développe dans les tissus conducteurs et entrave la circulation de la sève (**Jamoussi, 1955**).

Les premiers symptômes se manifestent par une légère chlorose qui ne frappe pas, en général toute la plante, mais se cotonne dans certains secteurs de l'arbre et une coloration des rameaux malade avec le jaune châtain et le bois de l'arbre avec le jaune marron (**Passinetti, 1952**).

IV-2-2-2- La fumagine

Selon **Loussert (1989)**, cette maladie est due à l'installation de *Capnodium citri* qui se développe sur le miellat déposé sur les feuilles et les rameaux après une forte attaque des insectes homoptères comme, les cochenille, les pucerons et les aleurodes. Les champignons forment une couche noirâtre et opaque sur les feuilles et les fruits ce qui diminue fortement l'activité photosynthétique. Si l'infection sur les feuilles se succèdent plusieurs années, la vigueur de l'arbre diminue.

IV-2-2-3- La gommose

Appelée encore maladie du collet, la gommose est provoquée par un champignon qui appartient au groupe Péronosporales, du genre *Phytophthora* (**Jamoussi, 1955**). Son développement est favorisé par les sols mal drainés et l'humidité excessive (**Polese, 2008**).

Selon **Ricci et al., (1990)** ; **Ippolito et al., (2004)**, ce champignon provoque :

- Des boursouflures et des plaques transparentes jaune clair d'épaisseur variable au niveau de l'écorce.
- Des exsudations de gomme au niveau du tronc et des branches et entraîne un jaunissement et flétrissement des feuilles sur les nervures.
- Affaiblissement des racines.
- Décoloration marron clair des fruits avec mycélium blanc sur la surface.

IV-2-2-4- Pourriture verte

Causée par *Penicillium digitatum*. Elle est facilement détectable en raison de sa couleur caractéristique verte/ gris. Au début de l'attaque, l'écorce du fruit s'éclaircit et devient molle. Ensuite un duvet blanc se forme, puis s'étend de jour en jour et des spores vertes apparaissent dessus. A la fin, tout le mycélium est recouvert de spores vertes d'où le nom de pourriture verte elle est responsable des pertes économiquement significatives et dans le monde (**Bancroft et al., 1984** ; **Eckert & Eaks, 1989**).

IV-2-2-5- Pourriture molle des racines

Cette pourriture est due à *Armillaria mellea*, qui s'installe de préférence sur les arbres affaiblis. La maladie apparaît généralement dans des foyers localisés et s'étend, de plus en plus, dans les plantations (Jamoussi, 1955).

Selon **Guillaumin & Legrand (2005)**, ce champignon présente des symptômes après son installation qui sont :

- Un jaunissement et flétrissement des feuilles.
- Dépérissement progressif de l'arbre
- Une formation des rhizomorphes violacés sur la surface de la racine qui stimulent de petites radicelles; ils sont constitués par des faisceaux de filaments mycéliens dont la couche externe durcit et forme une carapace de couleur brun clair avec des écailles brunes

IV-2-2-6- Pourriture noire du Fruit :

Causée par *Alternaria citri* qui est un pathogène de blessures (grattages d'épiderme, plaie de coupe du pédoncule), mais il pénètre surtout dans les fruits par les ouvertures naturelles (ombilic, cicatrice stylaire, craquelures de base du pédoncule). Peu visible extérieurement, car le champignon s'installe en profondeur et nécrose la pulpe, sauf dans le cas d'une attaque sur lésions accidentelles. Elle provoque une pourriture noire du fruit, décoloration noire des graines et des taches brunes circulaires qui s'agrandissent, fusionnent et provoquent la pourriture des fruits (**Isshiki et al., 2001**).

IV-2-2-7- Anthracnose :(Colletotrichum sp)

C'est une maladie qui ne provoque pas des dommages particulière importants. Elle se manifeste sur les jeunes rameaux, les feuilles et les fruits. La pluie et l'humidité atmosphérique ainsi que les erreurs de taille sont des facteurs qui favorisent le développement de ce champignon (**Colombo, 2004**).

IV-2-3- Maladies causées par les virus

IV-2-3-1- La tristeza

Maladie transmise par greffage et par insectes vecteurs comme le puceron, c'est une maladie qui est considérée comme la plus dangereuse des viroses des agrumes parce qu'elle est responsable de la mort de plusieurs millions d'arbres dans les pays où elle s'est propagée. (**Loussert, 1989**)

Les symptômes se traduisent par des nécroses des vaisseaux du liber, tant dans la partie souterraine que dans la partie aérienne (**Jamoussi, 1955**). En effet, le virus commence ses attaques sur le chevelu radiculaire (**Klotz et Fawceet, 1952**), puis la nécrose gagne de proche en proche la partie aérienne et à la fin, l'arbre dépérit et meurt (**Fajinmi et al., 2011**).

IV-2-3-2- Les psoroses : agent causal *Citriovirus psorosis*

On rassemble sous le nom de la psorose, un groupe des maladies à virus désignés sous le nom de *Citriovirus psorosis* dont il existe plusieurs variétés, chacune étant responsable d'une forme de Psorose. Elle se transmettent surtout par greffage (**Jamoussi, 1955**).

Cette maladie présente des symptômes caractéristiques qui se traduit par une décoloration du limbe, des feuilles et des nervures centrales par une couleur vert clair ou des taches jaunâtres qui sont visibles au verger et apparaît au printemps sur les jeunes feuilles (**Loussert, 1989**).

IV-2-3-3- L'exocortis

Maladie à viroïde transmise par greffage et par les outils de taille, elle se manifeste uniquement sur les arbres greffés au niveau du porte-greffe sensible. (**Loussert, 1989**)

Cependant, cette maladie ne cause pas actuellement de grave dommage, car le bigaradier est tolérant à l'exocortis contrairement au citrange qui est affecté par cette maladie. Ses symptômes se traduisent par un écaillage plus ou moins prononcé de l'écorce du porte-greffe, le greffon n'étant pas touché. (**Loussert, 1989**)

IV-3- Les ravageurs

IV-3-1- Acariens

Plusieurs espèces d'acariens sont connues comme des parasites d'agrumes. Parmi ces ravageurs on trouve :

IV-3-1-1- L'araignée rouge

D'après **Colombo (2004)**, Cet acarien tétranychidés favorise ses attaques lorsque le temps est particulièrement chaud et humide, il provoque l'apparition des cloques et une chute importante des feuilles et des fruits, aussi un ralentissement de la croissance à cause de sa soustraction de la sève au niveau de la plante.

IV-3-1-2- L'acarien des bourgeons (*Aceria sheldoni*)

C'est un phytopte qui s'attaque aux bourgeons des agrumes, entre les sépales et les jeunes fruits ainsi que dans les autres endroits dissimulés de la plante, il provoque des excroissances et des malformations au niveau des feuilles, des fruits et des bourgeons (**Bayer, 2018**).

IV-3-2- Nématodes

Ce sont des verres microscopiques qui vivent dans le sol et qui attaquent les racines en causant de graves dommages qui se traduisent par un jaunissement des feuilles. Leurs attaques sont localisées au niveau des racines et radicelles des arbres sur lesquelles ils provoquent de grave dommages qui se traduisent par des nécroses et jaunissement des feuilles (**Paraloran, 1971**).

Généralement dans les sols déjà contaminés par les nématodes, l'humidité élevée de la terre et sa température sont autant des conditions qui favorisent son infestation. (**Loussert, 1989**)

IV-3-3- Insectes

Les insectes se développent sur les organes de l'arbre sont nombreux. Non seulement ils causent de graves dégâts, mais ce sont des vecteurs de maladies virales et bactériennes. Parmi les plus importants de la classe des insectes nous citons :

IV-3-3-1- La mineuse des feuilles (*Phyllocnistis citrella*)

C'est un lépidoptère qui appartient à la famille des Gracillidae et à la sous famille des *Phyllocitinae* (**Balachowsky, 1996**).

Cet insecte s'attaque principalement aux jeunes pousses situé à l'extérieur de la ramure. La larve pond ses œufs à l'intérieur du limbe en formant des galeries argentées qui se nourrit au sucre des feuilles, cela entraîne un ralentissement de la photosynthèse (**Courboulex, 2010**). Par la suite, les tissus attaqués se nécrosent ce qui entraîne dans la plupart des cas la chute des feuilles (**Aubert, 1994**).

IV-3-3-2- Les aleurodes

Ce sont des homoptères dont leurs larves qui sont d'une taille minuscule de l'ordre de 0.8 à 1mm de diamètre (**Piguet, 1960**).

Elles représentent des attaques caractérisées par l'excrétion d'un abondant miellat sur la face inférieure des feuilles. Puis, elles forment une couche blanche visqueuse pouvant dépasser 1mm d'épaisseur, ce miellat se recouvre rapidement d'un développement très important de fumagine (Loussert, 1989).

IV-3-3-3- Les cochenilles

Se sont considérées comme l'ennemi le plus redoutable des agrumes qu'on trouve durant toute l'année sur les arbres (Medjdoub, 2014). Ces parasites se nourrissent de la sève de la plante, et secrète par la suite sur les fruits, les feuillages et les rameaux le miellat qui provoque une apparition massive de fumagine aggravant encore les dommages leur développement est favorisé par les températures clémentes et l'humidité du printemps et de l'automne (Polèse, 2008).

IV-3-3-4- Les pucerons

Les pucerons ou aphides sont groupés le plus souvent sur le végétal hôte à l'endroit des jeunes pousses ou des jeunes feuilles (Hule et al, 1989). Sous leurs invasions, les jeunes pousses s'enroulent, puis la partie la plus tendre des feuilles prend une forme incurvée.

On observe également une sécrétion d'exsudat ou miellat sur lequel se développe la fumagine (Courboulex, 2010).

IV-3-3-5- Les diptères : La mouche méditerranéenne des fruits

Considérée comme étant l'insecte le plus nuisible sur les agrumes. D'après Piguet (1960), ce diptère possède à l'état larvaire une armature buccale constituée de deux solides crochets qui lui permettent de dilacérer la pulpe des fruits. Cela provoque l'apparition de taches chlorotiques isolées qui donnent naissance à un point mou qui devient rapidement brun et pourrit. Son attaque se traduit souvent par le murissement précoce puis la chute des fruits.

V- Etude de la bio écologie de la mouche méditerranéenne des fruits

V-1- Origine et aire de répartition

L'aire de répartition de la cératite est très vaste dans le monde. Néanmoins, ce n'est qu'en 1858 que l'on a découvert en Algérie pour la première fois (**Liquido et al., 1990; Jerraya, 2003**).

La cératite préfère les climats relativement chauds et secs (**Fig.05**). 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 Sousse (**fig.05**). *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°C. Au-delà de cette latitude, la survie de la cératite est limitée par les températures hivernales très basses.

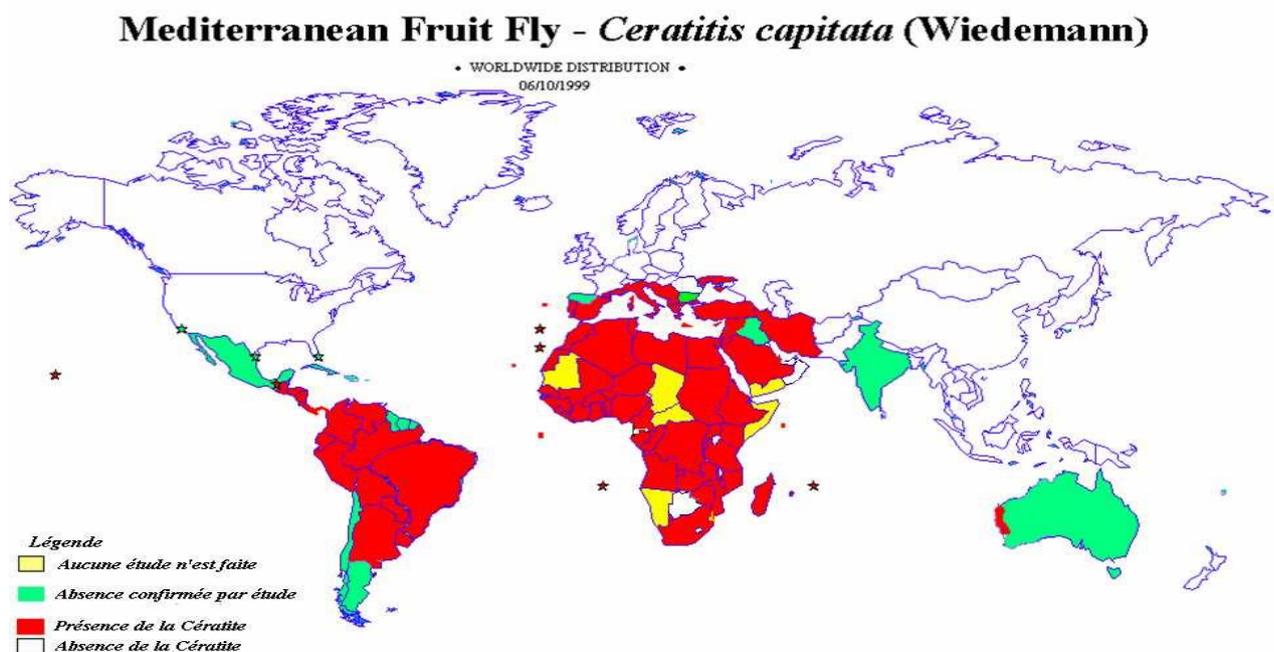


Figure N°05 : Répartition géographique de *Ceratitis capitata*.

(Maddison P.A., and Bartlett B.Y., 1989)

V-2- Position systématique et synonymes

La cératite est une espèce qui a été décrite sous plusieurs noms depuis le début du XIX^{ème} siècle. Elle portait le nom *Trypeta citripeda* WIEDMANN en 1824. *Petalophora capita* MACEPI en 1825, *Trypeta citriperda* MAC LEAY en 1829, *Trypeta hisponica* BREME en 1842, puis *Ceratitis flexuso* WALK en 1856 et *Pardalaspis asparagi* BEZZIEM en 1942.

D'après **Balachowsky et Mesnil (1935)**, le nom qui a été retenu est *Ceratitis capitata* WIEDMANN (1824). Dans le langage commun, l'espèce est dénommée cératite ou encore mouche méditerranéenne des fruits.

D'après **Costantino (1950)** *C.capitata* est positionnée dans la systématique comme suit :

Embranchement : arthropodes

Classe : insectes

Super ordre : Mécoptéroïdes

Ordre : diptères

Sous ordre : Brachycère

Division : Cyclorraphes

Groupe : Schizophores

Sous-groupe : Acalyptères

Super famille : Muscoidea

Série : Haplostomates

Section : Trypetidiens

Famille : Tephritidae

Sous famille : Trypetinae

Genre : *Ceratitis*

Espèce : *Ceratitis capitata* **WIEDEMANN, 1824**

V-3- Description morphologique des différents stades de développement :

Les œufs

- Les œufs sont blancs, allongés et légèrement arqués, leur longueur atteint 1 mm et leur diamètre est de 0,20 à 0,25 mm (**Nunez, 1987**).
- Ils sont lisses et groupés lors de la ponte sous l'épiderme des fruits à une profondeur de 2 à 5 mm (**Filippi, 2003**).



Les larves :

- Elles sont blanches d'une forme cylindrique, allongées, effilées à la partie antérieure et tronquée à la partie postérieure.
- Leurs caractéristiques morphologiques (complexe buccal et stigmates) permettent la distinction immédiate de trois stades larvaires chez cette mouche.
- Leur taille variable, elle dépend de la qualité et la quantité de la nourriture ingérée, celle du premier stade et de 1 mm et celle du troisième stade ou « asticot » oscille entre 6,8 et 8,8 mm (**Ronald et Jayma, 1992**).



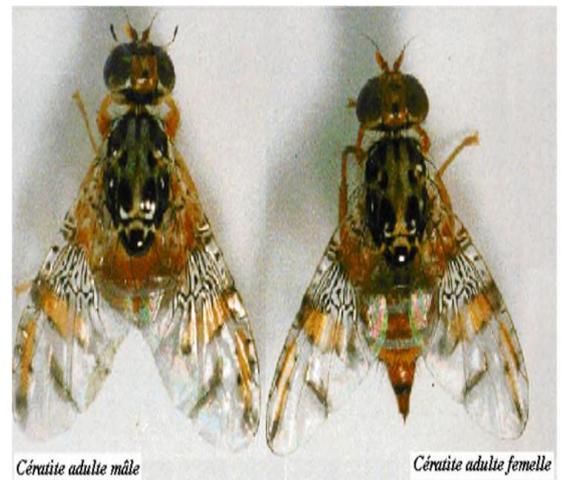
Les pupes :

- Elles ont la forme d'un petit tonnelet arrondi.
- Elles mesurent environ 5 mm de longueur et 2 mm de diamètre, d'une couleur brun clair pour les jeunes pupes et brun foncé pour les pupes les plus âgées (**Weems, 1981**).



L'adulte

- Il est caractérisé par un mésonotum 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 (**White & Harris, 1992**).
- L'abdomen est brun jaunâtre avec des bandes transversales grises. Les ailes sont larges et présentent trois bandes arrangées.
- Le mâle et la femelle distinguable 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.
 - La femelle possède, par ailleurs, une tarière de ponte bien visible (oviscape) (**Duyck, 2005**).



V-4- Plantes hôtes

La cératite est connue par sa large gamme d'hôtes, elle est le ravageur polyphage le plus dangereux des Tephritidae dans le monde. **Jacquemond et al., (2009)**, ont recensé plus de 353 espèces végétaux dont les ; Myrtaceae, Rosaceae, Rutaceae, Sapotaceae sont aussi bien autres culture comme les cultures maraichères sont susceptible d'être attaqués par la cératite.

V-5- Cycle de développement

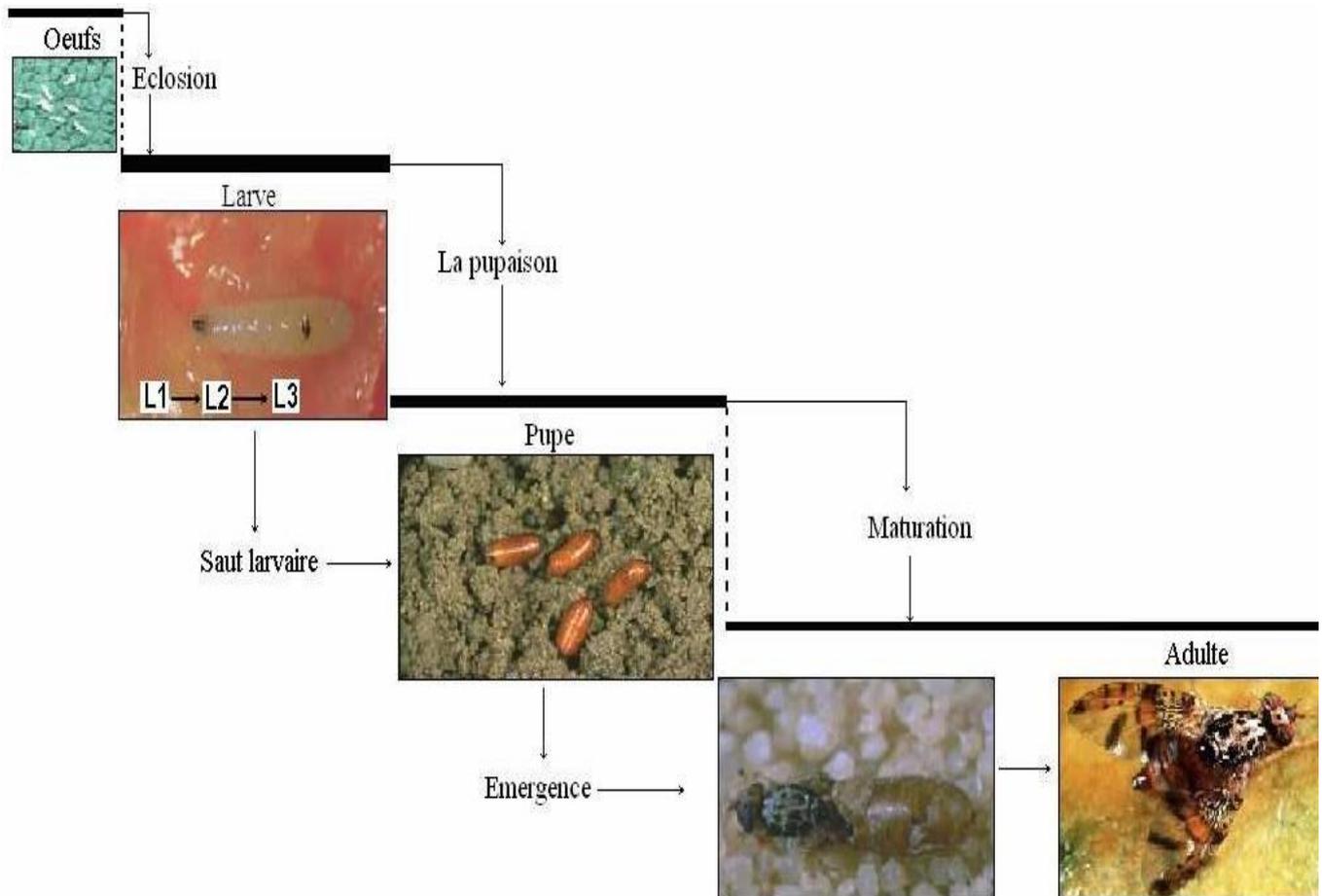


Figure N°06 : Cycle de développement de la cératite (Michael et Thomas, 1981).

VI-5-1- Ponte et incubation

La femelle dépose entre 5 et 10 œufs, à une profondeur de 2 à 5 mm en perçant l'épicarpe grâce à sa tarière (**Fig.06**). Puis elle se déplace vers d'autres fruits puisqu'elle est capable d'effectuer plusieurs pontes et le nombre d'œufs pondus peut atteindre 500 à 800 œufs (Atcitrus, 2002).

Mais ce nombre peut aller jusqu'à 800- 1000 œufs lorsque les conditions sont très favorables (Weems, 1981).

La fécondité moyenne journalière est de 4 à 6 œufs par femelle. La fécondation maximale est de 22 œufs par femelle par jour et la durée d'incubation est de 2 à 4 jours en été et de 20 jours en hiver (Sproul, 1983).

VI-5-2- Développement larvaire

Les fruits piqués tombent sur le sol et les larves en sort. Des fois les fruits restent attachés à l'arbre dans ce cas les larves sortent et tombent dans le vide. En arrivant sur sol, elle s'y enfonce et s'y empupe (**Delassus & al, 1931**).

La durée du développement larvaire de la cératite est très variable suivant les espèces, les variétés fruitières et aussi en fonction des conditions climatiques (**Feron & Sacantanis, 1995**).

D'après **Delerio (1985)**, la transformation des larves en pupes ne dure que quelques heures et la pupaison se fait de 5 à 8 cm de profondeur.

VI-5-3- La durée du cycle

L'évolution complète de la cératite dans la zone méditerranéenne varie de 20 jours en été à 2 ou 3 mois en hiver (**Delrio, 1985**). Selon **Lekchiri (1982)**, durant les 2 mois d'été, la durée totale d'une génération ne peut pas dépasser 30 à 35 jours.

VI-5-4- Nombre de génération :

Le nombre de génération varie d'une région à l'autre en fonction des conditions climatiques et la disponibilité des fruits hôtes (**Fig 07**).

Oukil (1995) a résumé le nombre de génération possible en Algérie comme suite :

- 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 Mai.
- La troisième génération apparait en Juillet où on assiste à des pertes sur des fruits à noyaux (pêche, abricot et 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 en mois de Novembre jusqu'au mois de Janvier.

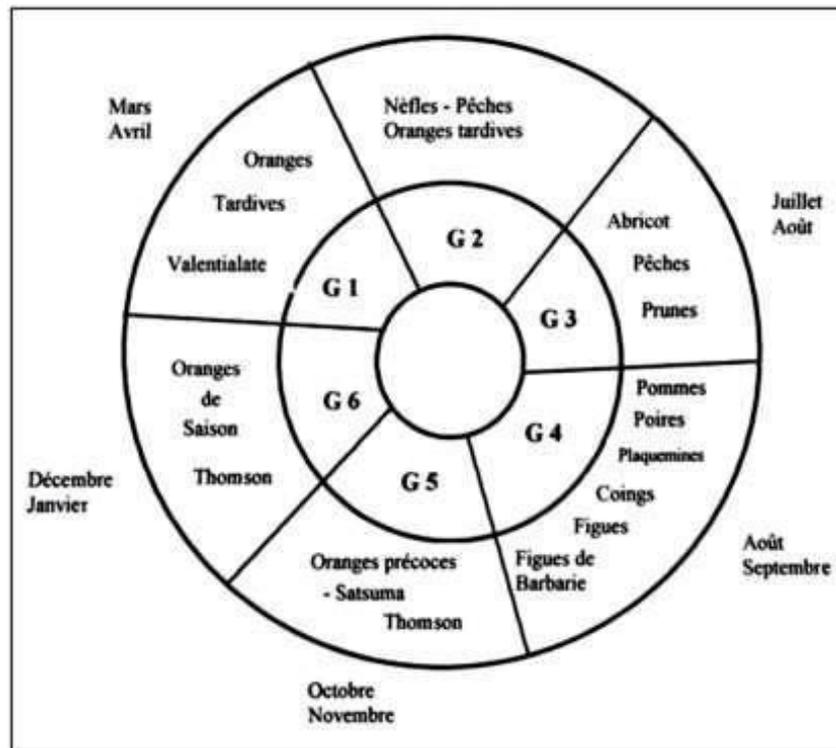


Figure N°07 : Schéma représentant le nombre de génération possible en Algérie (Oukil, 1995).

V-6- Facteur agissant sur le développement de *C. capitata*.

V-6-1- Facteurs biologiques

V-6-1-1- Hôte

La cécidomyie se nourrit principalement de miellat sécrété par les Homoptères, des sécrétions glandulaires végétales, de nectar, d'extrait de fruit ou à défaut, elle se contente de gouttelettes d'eau (Delerio, 1985).

D'après Weems (1981), la cécidomyie possède la capacité de localiser ses hôtes par des médiateurs chimiques et visuels et elle est attirée par les fruits les plus aromatiques de couleur vive à l'approche de la maturité.

V-6-1-2- Compétition larvaire

Une compétition intra spécifique, d'intensité élevée est observée chez *C. capitata* sur tout en cas de rareté de plantes hôtes. Elle affecte la taille, la fécondité et la longévité des mouches (Delerio, 1985).

D'après **Debouzie (1977)**, la mortalité larvaire est toujours la plus importante que celle des pupes dans le cas de surpopulation ; la compétition larvaire induit ainsi à la réduction de la capacité de reproduction.

Les parties des fruits les moins exposées à la lumière présentent plus de piqûres et un pourcentage de ponte très élevé (**Féron, 1957**).

V-6-1-3- Ennemis naturels

D'après **Nunez (1987)**, la plupart des parasites de la cératite sont des micros hyménoptères qui se développent aux dépend de la larve âgée ou des jeunes pipes. Parmi ces parasites, nous avons : *Opius humilis* (Hym. ; braconidae). *Diachasamatryoni* (Hym. ; Braconidae), *Galesussilustris* (Hym. ; Diapùdae).

V-6-2- Facteurs climatiques

V-6-2-1- Température

La température conditionne la maturité sexuelle et la durée de l'oviposition qui sont longue à des températures allant de 17°C à 24°C (**Shoukri et Hafez, 1979**).

Les œufs deviennent infertiles pour les températures minimales allant de 4°C à 7°C (**Delerio et al, 1984**).

D'après **Delerio (1985)**, le stade pouvant supporter le plus les variations de température (-6°C à 45°C) est le stade pupes.

V-6-2-2- Humidité

L'humidité relative d'air exigée au développement de la cératite se situe entre 60% à 70% (**Albajez et al, 1980**).

Selon **Lery (1982)**, l'action de l'humidité sur le taux d'émergence est fonction de la température considérée, la valeur assurant le plus fort taux d'émergence, de l'ordre 90% d'humidité relative, à des températures comprises entre 22°C et 30°C, alors qu'à 60% d'humidité relative, la température est de l'ordre 25°C.

V-6-2-3- Lumière

La photopériode influence sur l'activité sexuelle de la cératite ; en lumière naturelle, l'activité sexuelle se manifeste dès le début du jour, se maintient pendant plusieurs heures, puis elle diminue dès l'après-midi et s'annule avant la baisse de l'intensité lumineuse (**Causse et Feron, 1967**).

Les parties des fruits les moins exposées à la lumière présentent plus des piqures et un pourcentage de ponte très élevé (**Feron, 1957**).

V-6-2-4- Vent

Le vent constitue un moyen efficace pour la dispersion de la cératite au-dessus des eaux ou de zones dépourvues de plantes hôtes. (**Delerio, 1985**)

Les vent trop forts ou trop chauds, cas du sirocco, gênent l'activité de la mouche et provoquent une forte mortalité (**Delanoue, 1951**).

V-6-3- Facteurs édaphiques

Vu que la pupaison chez la cératite se fait dans le sol, cette dernière joue, par conséquent, un rôle prépondérant dans la dynamique des populations de ce ravageur. En effet, dans un sol à texture fine, la pénétration de la larve est difficile et parfois les larves se forment en surface ; par contre, en sol à texture grossière, la pénétration est rapide et profonde.

V-7- Dégâts causées par la cératite

C. capitata est un ravageur important qui s'est disséminé vers pratiquement tous les continents : il est devenu sans aucun doute le ravageur individuel le plus important de sa famille. Cette mouche est très polyphage et provoque des dégâts sur un grand nombre de cultures fruitières non apparentées. Dans les pays méditerranéens, elle est surtout nuisible sur agrumes. Elle transmet aussi des champignons provoquant la pourriture des fruits (**Cayol et al. 1994**).

Ses dégâts peuvent revêtir trois formes :

- Les piqûres stériles laissent des traces auréolées brunâtres à la surface de l'écorce (fruits de Citrus) qui déprécient la valeur marchande du fruit
- L'attaque suivie du développement des larves, se manifeste par une tache décolorée qui tranche avec la couleur normale du fruit et devient brune et molle au terme de leur croissance

(Fig.08). A ce stade, le fruit pourrit en totalité ou en partie attirant toute une foule d'organisme décomposeurs (insectes, champignons...) et devient impropre à la consommation.

- La chute des fruits : les fruits atteints tombent à même le sol avant d'atteindre leur maturité et sont irrécupérables. Il en est ainsi de plusieurs espèces fruitières dont la production peut être détruite dans une proportion allant de 80 à 100 %.

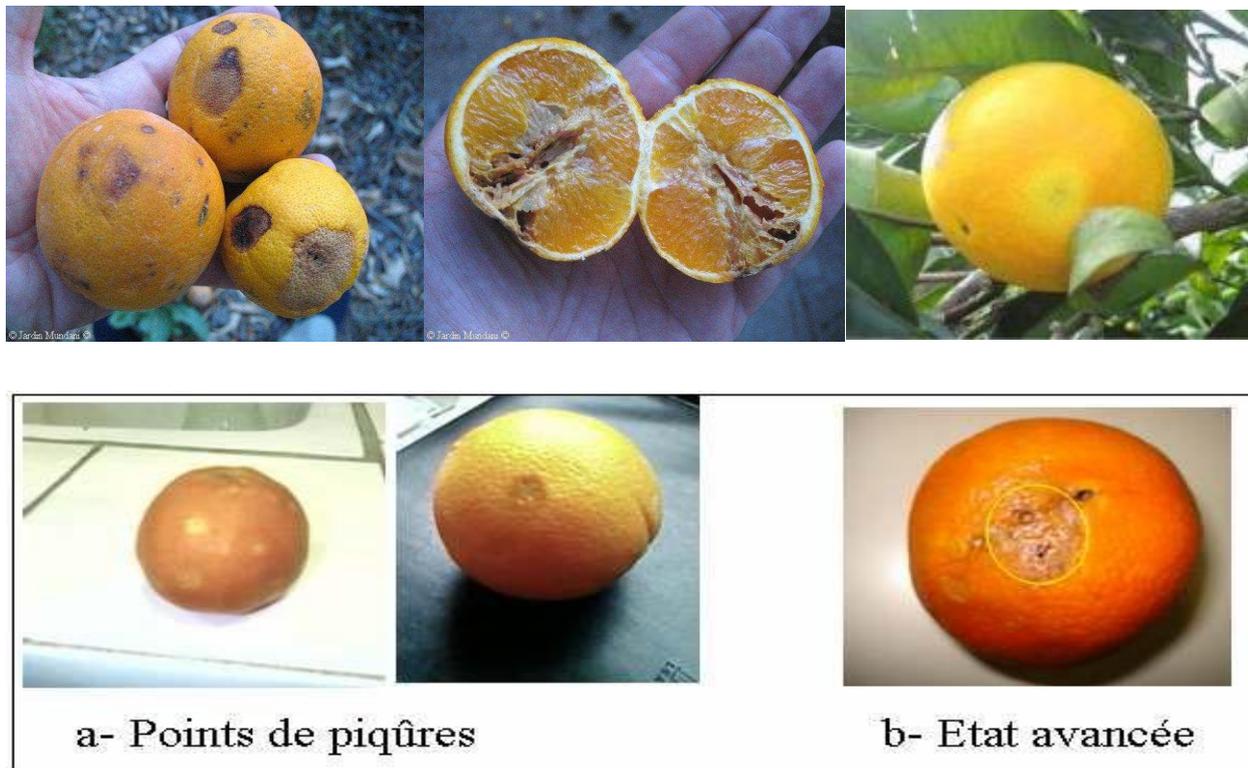


Figure N°08 : Quelques dégâts de la cécidie sur l'oranger (**Khimoud et Louni, 2008** ; www.jardin-mundani.com).

V-8- Méthodes de lutte contre la cécidie

Il devient de plus en plus certain qu'une seule méthode de lutte ne peut suffire à résoudre le problème posé par la cécidie.

En Algérie, la lutte contre la mouche méditerranéenne des fruits est essentiellement chimique et repose sur un système d'avertissement agricoles. Il n'est pas exclu que d'autres méthodes de lutte contre ce ravageur soient appliquées. En effet, malgré que la lutte chimique reste indispensable et la plus pratiquée, ses résultats demeurent toujours conditionnés par les méthodes de lutte.

V-8-1-Méthodes culturales :

Ces méthodes constituent le procédé le plus sûr pour lutter contre la cératite. Elles consistent à planter dans les vergers de variétés fruitières peu sensible aux attaques de la mouche méditerranéenne des fruits (**Balachowsky et Mensil, 1935**).

La récolte des fruits doit se faire dès leur maturité et les fruits véreux sont ramassés et enterrés dans une fosse d'environ 75 cm de profondeur (**Nunez,1987**).

Il est important de ne pas planter au sein d'un même verger plusieurs espèces de fruits hôtes de *C.capitata* (**Weems, 1981**).

V-8-2- Méthodes chimique

Cette méthode tient compte des relevées quotidiens des températures, de l'humidité et du vent qui permettent d'établir si les conditions sont favorables ou non au développement de l'insecte.

V-8-2-1- Insecticides

D'après **Louriki (2001)**, le traitement par un insecticide associé à un attractif qui se base sur l'utilisation des appâts empoisonnés, d'un mélange d'hydrolysate de protéine et d'insecticides de synthèse doté d'une toxicité modérée vis-à-vis des auxiliaires, est une méthode recommandée pour contrôler les adultes de la cératite pendant la période de récolte.

V-8-2-2- Désinfection du sol

La désinfection du sol est importante du fait que ce dernier consiste l'abri des pré pupes, des pupes et même des autres stades à l'intérieur des fruits en décomposition.

D'après **Delanoue (1951)**, la désinfection du sol est moyen qui peut être utilisé pour limiter les pullulations des mouches en été.

V-8-3- Méthodes biologiques

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**).

V-8-3-1- Lutte autocide

Elle est basée sur l'utilisation de l'insecte lui-même comme facteur de lutte. Le principe de cette méthode se base sur l'irradiation des mâles d'élevage par les rayons gamma qui sert à stériliser les males pour ensuite les lâchers sur le terrain. Ces males rentrent en compétition avec les males normaux et leurs accouplements entraînent de la part des femelles des pontes stériles en proportion croissante et par la suite l'extinction progressive de la population du ravageur (**Hafez, 1972**).

V-8-3-2- Lutte microbiologique

D'après **Gautier (1987)**, elle consiste à réduire les populations de l'insecte ravageur par des ennemis naturels qui sont soit des prédateurs, des parasites ou des agents pathogènes (bactéries, champignon etc..).

En effet, il y a plus de 50 microorganismes entomopathogènes qui sont actuellement commercialisés pour être employés surtout dans la lutte biologique augmentative (**Lacey et al., 2015**).

Parmi ces microorganismes, les plus importants de la cératite sont les micro-hyménoptères parasites aussi les bactéries du genre *Bacillus* (**Bodenheimer, 1951**).

Les toxines produites par *Bacillus* constitueraient une méthode de lutte biologique alternative qui respecte l'environnement (**Aboussaïde et al. 2009**)

Des tests de sécurité approfondis et une exposition humaine sans effets néfastes ont prouvé que le bacille était l'un des pesticides les plus importants à risque réduit.

Le Genre *Bacillus*

Le groupe *Bacillus* regroupe des espèces de bactéries formants endospores et comprend six espèces : *Bacillus cereus sensus*, *Bacillus anthracis*, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus mycoides*, *Bacillus weihenstephanensis* et *Bacillus pseudomycoides*. Il a été montré que ces espèces sont taxonomiquement très proches mais phénotypiquement variable notamment en matière de pathogénicité (**Pandiani, 2010**)

Ce sont des bactéries qui représente une morphologie bacillaire à Gram positifs avec une croissance aérobie ou parfois anaérobie facultatif, capables de produire une endospore quand les conditions deviennent défavorables. Elles ont des capacités physiologiques très diversifiées. En effet, elles peuvent être impliquées dans la minéralisation du phosphate, la dénitrification, la protéolyse ou la production d'antibiotiques (**Soufiane, 2013**).

1- Classification du genre *Bacillus* (Berliner, 1915)

Règne: Bacteria

Embranchement : Firmicutes

Classe : Bacilli

Ordre : Bacillales

Famille : Bacillaceae

Genre : bacillus

2- Le groupe *Bacillus cereus*

Il est possible de distinguer *B.cereus* des autres *Bacillus* de morphologie similaire de part la mobilité, l'activité hémolytique, l'incapacité à fermenter le mannitol, ainsi que par la production d'une lécithine extrêmement active (**Pandiani, 2010**).

Les souches de *Bacillus cereus* sont connues comme de puissants producteurs de molécules antibiotiques très efficaces. Elles sont aussi largement utilisées en lutte biologique comme un agent de bio-contrôle puissant (**Knaak et al., 2007**).

3- Le genre *Bacillus thuringiensis*

Bacillus thuringiensis a été introduit en 1911 par le biologiste allemand **E. Berliner**, pour désigner la bactérie pathogène trouvée dans les pupes d'insecte familiers des silos à graine en Thuringe (**Schenpf et al. 1998 ; Young et al. 1998**). Depuis plus de 40ans, elle est utilisée comme insecticide biologique et représente de nos jours plus de 90% du marché total des pesticides (**Vassal, 2004**).

C'est une bactérie entomopathogène ayant des propriétés de résistance à la chaleur et la déshydratation. Ceci lui confère un caractère ubiquiste dans des environnements naturels et une répartition cosmopolite ; elles sont aisément isolées du sol, d'eau, de feuillage des végétaux, des arbres conifères, des herbes et des habitats d'insectes (**Ben-Dov et al. 1997**).

A l'état végétatif, cette bactérie a une forme d'un bâtonnet de 5µm de long sur 1µm de large, elles sont pourvues de courts flagelles ciliés (**Henandez et al. 2004**).

A l'état sporulé, Bt se caractérise par la production d'un cristal parasporal, c'est d'ailleurs par son inclusion cristalline présentant des propriétés entomopathogènes sur les lépidoptères, les diptères et les coléoptères que l'on distingue Bt du groupe *Bacillus* (**Helassa, 2008**).

3-1- *Bacillus thuriengensis* comme agent de lutte biologique

Bacillus thuriengensis est naturellement présente dans le sol. Elle joue un rôle majeur en agriculture, dans l'industrie et même en médecine. Elle est largement distribuée dans le monde. D'ailleurs, grâce à sa capacité à produire des endospores et à tolérer les variations extrêmes des conditions climatiques, cette bactérie occupent des niches écologiques variables et colonisent la majorité des organes des plantes (Fekete, 2009).

Les produits formés des sous espèces de *B.thuringiensis* représentent 98% des pesticides microbiens bactériens (Lacey et al., 2015).

L'utilisation de cette bactérie offre de multiples avantages : *B. thuringiensis* agit d'une façon rapide comparable à celle des insecticides chimiques envers ses hôtes, se conserve pour une longue durée, possède un processus de formulation, de production et d'application facile et économique et finalement ne constitue pas un risque pour l'environnement (Lacey et al., 2015).

4- Les principaux métabolites secondaires de *Bacillus spp*

Les métabolites secondaires sont des substances qui ont une large activité biologique (antimicrobiennes, antiviral, immunosuppresseurs, et antitumorales) et qui ne sont pas nécessaires à la croissance de la bactérie, généralement produits pendant la fin de la phase exponentielle de croissance ou pendant la phase stationnaire (Sansinenea et Ortiz, 2011).

Les métabolites secondaires produits par le genre *Bacillus* sont relativement moins reconnu par rapport à ceux produits par les bactéries lactiques malgré leur large spectre antimicrobien et leurs hautes activités parmi ces derniers :

4-1- Les Bactériocines

Elles sont des peptides antimicrobiens, synthétisées au niveau du ribosome, subissant des modifications post-traductionnelles telles que la déshydrations (Taale, 2016). Leur poids moléculaire est relativement petit (2-6 kDa) ce qui leur permet d'accéder aux cellules cibles et perméabiliser la membrane en se liant à des récepteurs de surface (Taale, 2016).

4-1-1- Mode d'action des bactériocines

Le mode d'action des bactériocines sur une bactérie cible se fait par adsorption sur la surface cellulaire suivie d'un effet létal. Le mode d'action peut se faire par : un effet bactériostatique ; un effet bactéricide au cours duquel les bactéries meurent tout en gardant leur intégrité physique car il n'y a pas

eu de lyse cellulaire et un effet bactériolytique conduisant à une dissolution de la cellule bactérienne. L'état physiologique de la bactérie productrice et les conditions expérimentales (concentration et pureté de la bactériocine, concentration de la cellule cible et milieu de culture) peuvent influencer l'activité des bactériocines (**Taale, 2016**). Enfin, la combinaison de plusieurs bactériocines permet d'augmenter leur activité et leur spectre d'action (**Dortu et Thonart, 2009**). Le mode d'action diffère d'un groupe à un autre.

4-2- Les delta-endotoxines (protéines Cry et Cyt)

Lors de la sporulation, Bt synthétise des inclusions de cristaux essentiellement composés d'une ou plusieurs protéines cristales (Cry) et cytolytiques (Cyt) (**Girard, 2008**). Elles sont aussi appelées δ -endotoxines (**Brunet, 2009**), et peuvent représenter 20 à 30 % du poids sec des cellules sporulées (**Helssa, 2008**). Elles ont généralement une forme pyramidique, cubique, rectangulaire, sphérique, et parfois irrégulière (**Barnabé, 2004**).

4-2-1- Les protéines Cry

Ces protéines sont synthétisées sous forme de protoxines d'environ 70 kDa ou 90 kDa, dont la forme toxique est de 66-67 kDa (**Helssa, 2008**). Elles appartiennent à la classe des PFT (PoreFormingToxin)

Ces protoxines sont excrétées par la bactérie productrice, activées par les protéases de l'hôte puis se lient aux récepteurs membranaires de la cellule cible par la formation d'un oligomère capable de s'insérer dans la membrane cellulaire (**Yezza, 2005**).

Plus de 500 protéines Cry ont été découvertes chez *B. thuringiensis* et *cereus* (**Crickmore et al., 2014**) ciblant des insectes différents tels que les Lépidoptères, les Diptères, les Coléoptères mais aussi les Hyménoptères, les Homoptères, les Orthoptères, les Mallophages, les Nématodes, les mites et les protozoaires (**Ninaon, 2007**).

4-2-2- Les protéines Cyt

Ces protéines sont codées par des gènes plasmidiques et leur taille oscille autour de 25 kDa.

Contrairement aux protéines Cry qui elles, demandent une interaction spécifique avec des récepteurs cellulaires et une activation par des protéases, les protéines Cyt interagissent directement avec les lipides membranaires des cellules et pénètrent dans la membrane pour ainsi former un pore (**Auger, 2015**).

Ces protéines peuvent notamment agir en synergie avec certaines protéines Cry afin d'augmenter leur toxicité sur les insectes. Il a également été démontré que les protéines Cyt peuvent aider à contrer la résistance des moustiques envers les protéines Cry. Cependant, il est bien connu que les protéines Cyt possèdent un pouvoir hémolytique et non spécifique envers différents types de cellules. C'est pourquoi la compréhension exacte de leur mode d'action reste à déterminer afin d'en faire un insecticide sécuritaire et efficace. Le manque de spécificité de la toxine semble néanmoins être le principal inconvénient quant à leur utilisation (**Auger, 2015**).

4-2-3- Mode d'action des δ -endotoxines

Ces toxines exercent leurs effets sur l'hôte en interagissant avec des récepteurs spécifiques sur les cellules épithéliales du système digestif de l'insecte, causant la disruption de la régulation osmotique de la cellule épithéliale et la mort éventuelle des cellules. Ces changements résultent en la paralysie de ce système digestif, la perte des fonctions de digestion qui est suivi par la mort de l'insecte suite de la cessation de l'alimentation (**Lacousière et Boisvert, 2004**).

4-3- Les antibiotiques et les antifongiques produits par *Bacillus*

Ces molécules peuvent notamment servir aux plantes pour les aider à lutter contre certains champignons ou bactéries néfastes. En effet, la zwittermicine A, les thuricines, la tochicine, la bacthuricine F4 et les entomocines. La zwittermicine A, représente le métabolite d'importance pour la protection des plantes par *B. thuringiensis*.

Le genre *bacillus* est réputé par la production des antibiotiques contre les bactéries, les champignons et les levures. La synthèse de ces substances inhibitrices est décrite par différentes espèces, telles que *Bacillus subtilis*, *Bacillus polymixa*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus stearothermophilus*, *B. brevis*, *B. thuringiensis*, *B. megaterium*, *B. circulans* et *B. licheniformis* (**Whipps, 2001**) et sont généralement produites au début de la sporulation (**Schallmey et al., 2004**).

Les souches de *Bacillus cereus* ont la capacité de réduire les maladies des plantes telle que les maladies causées par Oomycètes (**Handelsman et Stabb, 1966**), grâce à la production des antibiotiques Zwittermicine et Kanosamine (**Milner et al., 1996**).

CHAPITRE I

MATERIELS ET MÉTHODES

I-Présentation de la région d'étude

La région de Lakhdaria se situe à l'ouest de la wilaya de BOUIRA elle s'étend sur une superficie de 9204 Km²

Lakhdaria se trouve à 33 Km au nord-ouest de Bouira et à 74 Km au sud-est d'Alger sur une boucle de l'oued Isser. La ville est entourée de montagnes dont la plus haute est «Lalla Moussaad ». L'oued a creusé sur 5km dans la montagne des gorges qui portent le nom de gorges de Amal (autrefois gorges de palestro).

I-1- Occupation du sol

Tableau N° 03 : potentiel végétale de la région de Lakhdaria (DSA , 2018)

Spéculation	Superficie 2017	Production 2017	Superficie 2018	Production 2018	Taux de l'évaluation
Céréales	75	1350	75	1350	0
Cultures Maraichères	234	11726	237	12073	+2.95
Légumes sec	74	732	105	1040	+42.7
Fourrages artificiels	60	900	100	2000	+122.22
Noyaux et pépins	93.75	2597	90.75	2548	-1.9
Olivier	2132	7680	2102.85	7800	+1.56
Agrumes	275.75	25695	270.75	25575	-0.47
Figuier	50.5	909	48	780	-14.20

II- Situation géographique de la région d'étude :

C'est une exploitation qui appartient à Mr BACHA Hamid. Elle se situe à la copaw. Elle présente une superficie d'environ 12ha, limité au Nord par la route nationale n°5, au sud par des l'autoroute Est- Ouest et à l'Est par Oued Isser et à l'Ouest par des habitations. (Fig.09).



Figure N° 09 : Carte satellitaire de la région de Lakhdaria montrant le site de prospection
(Google earth pro. Original, 2019).

II-1- Entretien du verger (DSA, 2018)

Les travaux d'entretien réalisés dans ce verger sont :

- Deux irrigations régulières.
- Tracés de 40 cm
- Le désherbage par labour superficiel.
- Fertilisation à raison d'urée.
- La taille chaque année après la récolte

II-2- Hydrologie :

D'après la **DSA (2018)**, la commune de Lakhdaria s'étend du point de vue hydrographique sur la base de pompage **d'OUED ISSER**.

II-3- Climatologie

II-3-1- Précipitations et variations pluviométriques

Le climat est dit tempéré chaud. En hiver, les pluies sont bien plus importantes. Cette région affiche une température annuelle de 17.8°C. il tombe en moyenne 711mm de pluies par an (**DSA, 2018**).

II-3-2- Températures

Les températures maximales et minimales ainsi que les moyennes mensuelles enregistrées dans la région de Lakhdaria au niveau de la station météorologique pour la période de 2018, sont représentées dans le tableau suivants :

Tableau N° 04 : Données climatiques de Lakhdaria : les températures et les précipitations moyennes de la décennie 2006-2016.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
Plu(mm)	62,5	81,1	90,0	54,8	44,6	12,0	3,2	9,3	41,9	40,6	60,1	54,1
T (C°)	9.0	9.0	11.6	15.3	19.1	23.7	28.9	27.6	23.6	19.6	13,0	9,6

Source : subdivision de Lakhdaria et station météo de Bouira (2016).

La température moyenne mensuelle de la région de Lakhdaria de la période (2006-2016); la plus élevée est de 28.9°C en Juillet suivi par 27.6°C pour le mois d’Aout. Par contre la plus basse est de 9°C pour les mois de Janvier et Février (**Fig.10**).

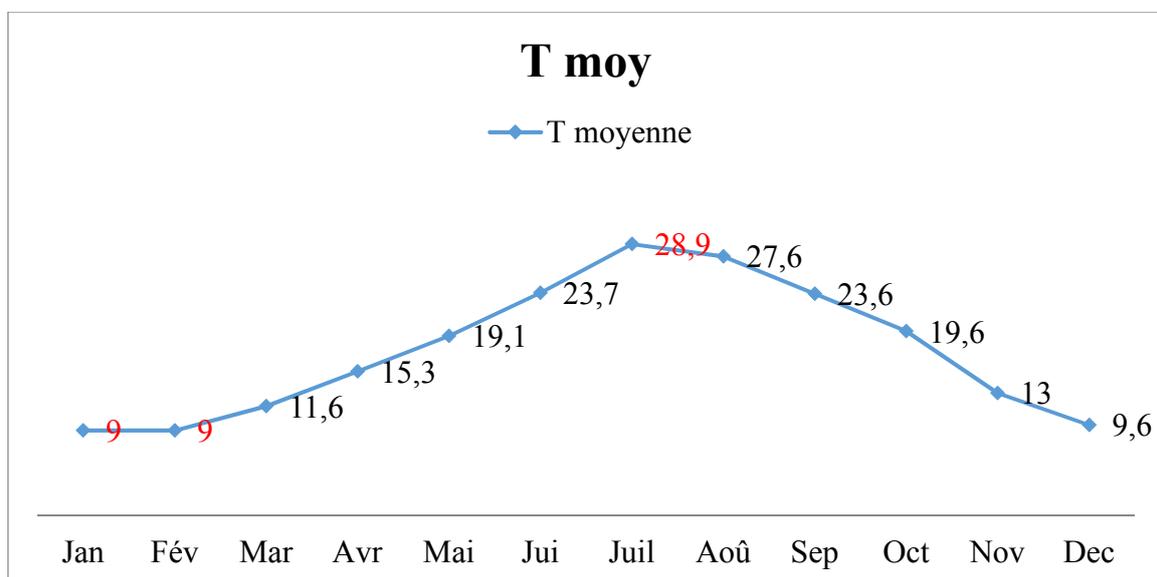


Figure N° 10 : Variation des températures dans la région deLakhdaria durant la période (2006-2016).

II-3-3- Précipitations

Les données pluviométriques de la commune de Lakhdaria s’étalant de 2016 (**Fig.11**). On constate que le mois le plus pluvieux est celui de Mars avec une moyenne de l’ordre de 90 mm suivi par le mois de Février avec une pluviométrie moyenne de 81.1 mm. Par contre le mois le plus sec est juillet avec 3.2 mm.

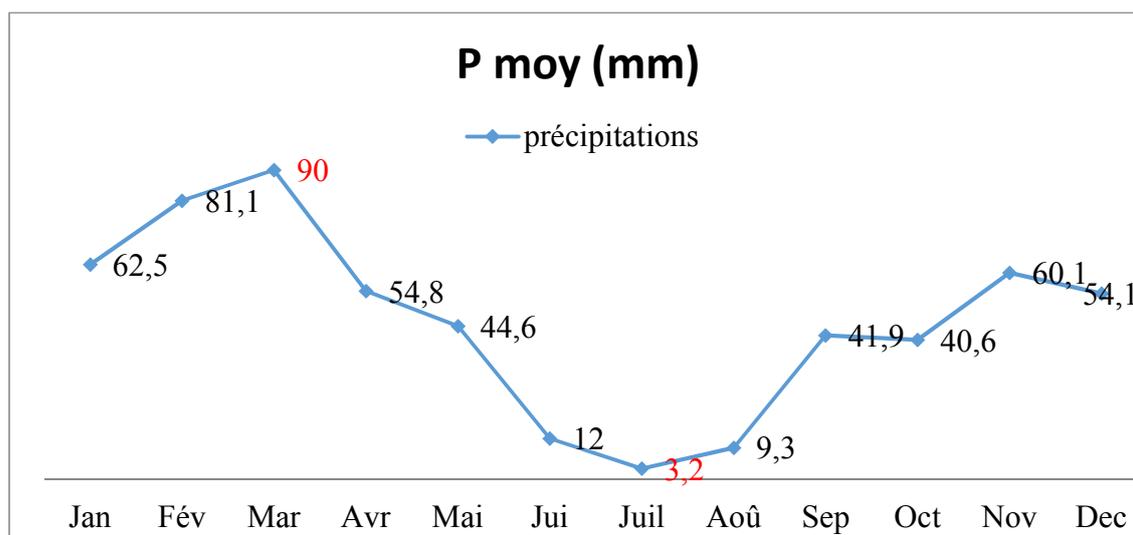


Figure N° 11 : Précipitations de la région de Lakhdaria durant la période de (2006-2016).

II-3-4- Synthèse bioclimatique

Les différentes phases du cycle du développement des pathogènes durant les épidémies phytopathologiques sont très influencées par les facteurs climatiques. Aussi ils influencent la réceptivité des plantes hôtes ainsi que l'interaction hôte-pathogène (**Lepoivre, 2003**). En conséquence une étude climatique de la région prospectée est indispensable. Les indices les plus importants à étudier sont :

- Quotient pluviométrique et climagramme d'Emberger.
- Diagramme ombrothermique de Bagnoles et Gausсен.

II-3-4-1-Diagramme ombrothermique de Bagnoles et Gausсен

D'après **Bagnoles et Gausсен (1957)** cité par **Rebbas (2014)** : un mois est considéré comme sec lorsque le total des précipitations P, exprimé en (mm), est égal ou inférieur au double de la température moyenne T du mois, « $P < 2T$ » exprimée en degré centigrade. Partant de ce principe, la durée et l'importance de la période sèche peuvent être déterminées par le diagramme ombrothermique proposé par ces deux auteurs.

Selon le diagramme de Bagnoles et Gausсен de Lakhdaria pour la période (2006-2016) ; la saison sèche et chaude englobe les mois de Mai, Juin, Juillet, Août, Septembre et Octobre. Tandis que la période humide s'étend sur les mois, Novembre, Décembre, Janvier, Février, Mars et Avril (**Fig.12**).

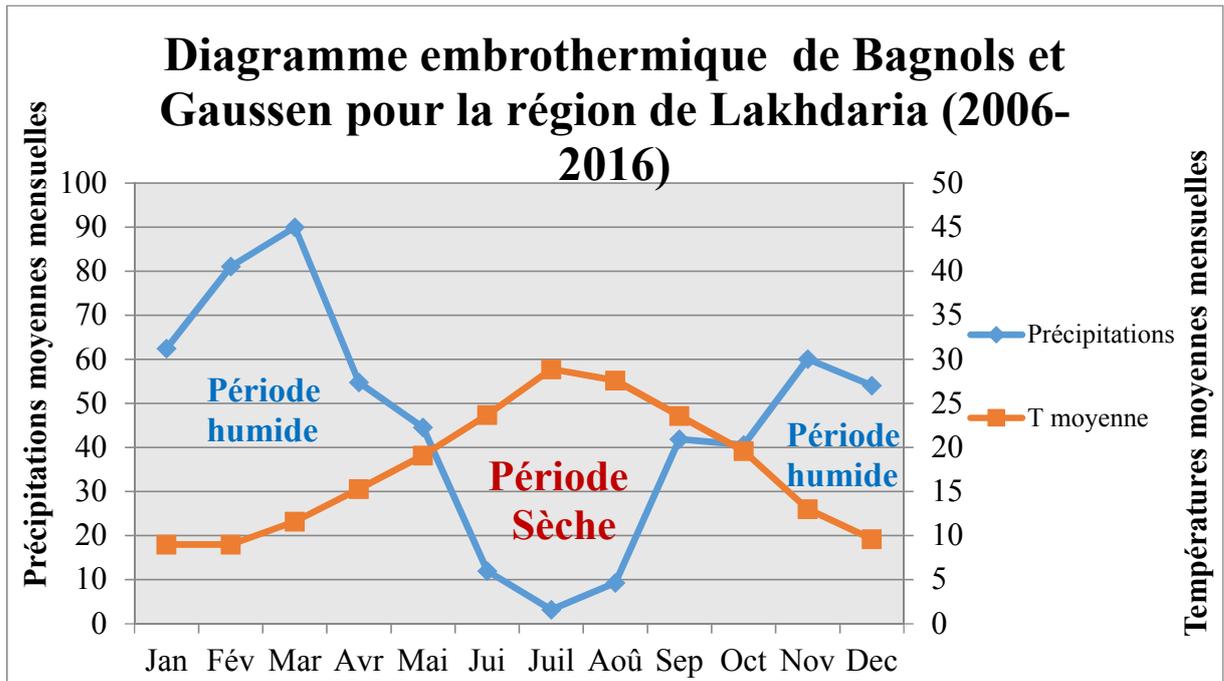


Figure N° 12 : Diagramme Ombrothermique de Bagnols et Gausсен pour la région de Lakhdaria(2006-2016).

II-3-4-2- Quotient pluviothermique et climagramme d’Emberger

Emberger (1951) a établi un quotient pluviothermique « Q2 » qui est spécifique au climat méditerranéen. Il est le plus utilisé en Afrique du Nord. Le diagramme correspondant permet de déterminer la position de chaque station météorologique et de délimiter l’aire bioclimatique d’une espèce ou d’un groupe végétale.

Ce quotient a été formulé de la façon suivante :

$$Q_2 = \frac{1000P}{\frac{M + m}{2}(M - m)}$$

Dans laquelle :

P : Somme des précipitations annuelles exprimées en mm.

M : Moyenne des températures maxima du mois le plus chaud.

m : Moyenne des températures minima du mois le plus froid.

Les valeurs du quotient combinées à celles de « m » sur le climagramme d'Emberger, permettent de déterminer l'étage et les variantes climatiques.

Les données météorologiques de la période 2006-2016 ont permis de situer la région de Lakhdaria dans l'étage bioclimatique Semi-aride (**Fig.13**). Ce type de bioclimat est dominant dans la wilaya de Bouira excepté sur la région montagneuse où règnent d'autres types de bioclimats.

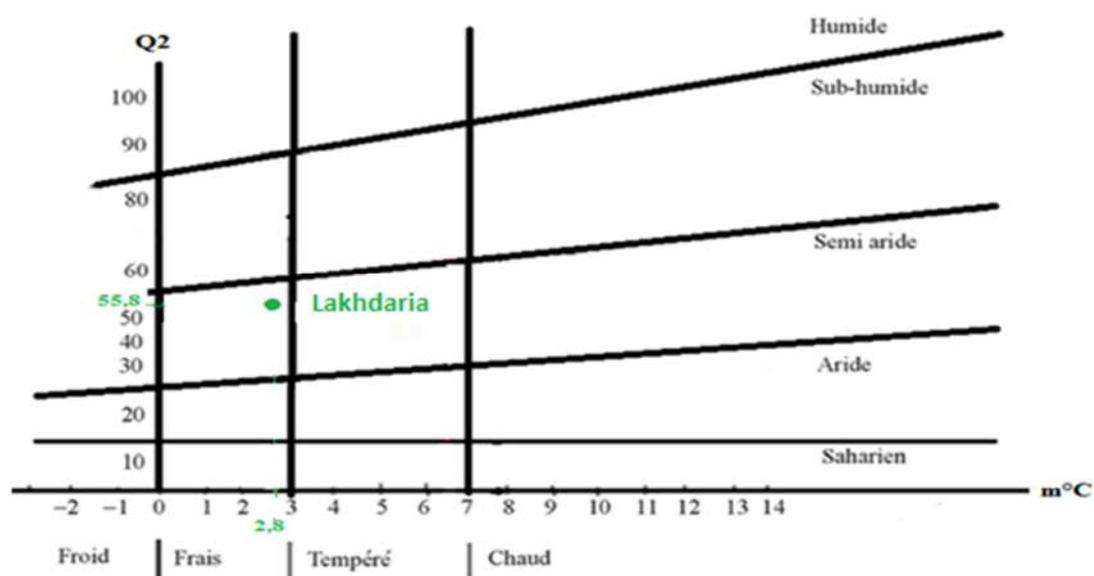


Figure N° 13 : Climagramme d'Emberger (Q2) de la région de Lakhdaria pour la période (2006-2016).

III- Etude entomologique (de la Cératite)

III-1- Echantillonnage

Afin d'évaluer le degré d'infestation des variétés fruitières étudiées par *Ceratitis capitata*, nous avons procédé à un échantillonnage des fruits qui s'est effectué dans le verger expérimental en rapport de la période de maturation des fruits

Le choix de la parcelle était d'une façon aléatoire, au niveau de cette parcelle on a choisi et numéroté 9 arbres, par la suite, on a prélevé à chaque orientation d'arbre un fruit qui présente des symptômes.

Ces fruits ont été transportés au laboratoire dans des sachets en plastique sur lesquels nous avons noté la date d'échantillonnage, l'orientation et la numérotation de chaque arbre.

III-2- Prélèvement et examen des fruit-

III-2-1- Matériels d'élevage

- Des cuvettes en plastique.
- Une pince.
- Sable.
- Mousseline.
- Substance sucrée.
- Éponge mouillées.

III-2-2- Mise en élevage

A l'aide d'une pince, prélever les œufs de *ceratitis capitata* qui se trouve à l'intérieur du fruit infecté et mettre ces derniers au centre des fruits sains après les avoir découpées en moitié.

Les fruits sont placés dans des cuvettes contenant environ 4cm de sable humide qui sert à garder l'humidité à longue durée aussi à récupérer les pupes (**Fig.14**). En effet, les larves du troisième stade quittent le fruit d'une brusque détente pour s'enfoncer, à faible profondeur dans le sable, où s'effectue la nymphose, donnant les pupes (**Etienne, 1982**). Les cuvettes sont recouvertes d'une mousseline dont le diamètre des mailles est inférieur à celui de la drosophile.



Figure N° 14 : élevage de la mouche méditerranéenne des fruits (Originale).

IV-Etude microbiologique

IV-1- Isolement de la flore fongique

IV-1-1- Matériel utilisé

Au laboratoire plusieurs outils sont mis à disposition pour mener à terme l'expérimentation.

- Une balance de précision.
- Un pH mètre.

- Un agitateur magnétique.
- Une lame à bistouri et un scalpel.
- Papier filtre.
- Béchers et entonnoir.
- Mousseline.
- Pince.
- Des pipettes pasteur.
- Une anse de platine.
- Un autoclave et une étuve.
- Hotte à flux lamellaire.
- Des boîtes de pétri stériles.
- Un bec benzène.

IV-1-2- Les dilutions utilisés pour l'isolement et l'identification des champignons

Ce procédé consiste à obtenir une solution finale de concentration inférieure à celle du départ, elle consiste à :

- Prendre un échantillon des fruits dans un milieu stérile, puis découpé ce dernier en petit morceau et à l'aide d'une balance électrique, on va peser 1 gramme de l'échantillon et le mettre dans 9ml d'eau physiologique stérile. Cela nous permet d'obtenir une solution mère avec une concentration de 10^{-1} .
- Prélever un volume de 1ml de la solution mère et le transférer dans le tube suivant qui contient 9ml d'eau distillé stérile pour avoir une dilution concentrée de 10^{-2}
- Répéter cette étape plusieurs fois jusqu'à l'obtention d'une dilution de 10^{-4} .

IV-1-3- Etalement en surface

L'étalement est utilisé pour la numération des microorganismes

- Dans des conditions aseptiques, déposer 0.1 ml de la suspension à la surface d'une boîte de Petri.
- Etaler à l'aide d'une anse jusqu'à absorption totale de la suspension.
- Incuber les boîtes de Pétri dans les conditions appropriées

IV-1-4- Les milieux de culture utilisés pour l'isolement et l'identification des champignons

Le milieu de culture PDA (Potato Dextrose Agar) a été utilisé pour l'isolement et la purification des microorganismes. Sa préparation se fait comme suit :

Faire bouillir un litre d'eau distillé contenant 200 grammes de pomme de terre pendant 20minutes (Fig.15).

Après refroidissement puis filtration, y ajouter 20 grammes d'agar-agar et 20grammes de glucose. A l'aide d'un agitateur magnétique, le mélange est homogénéisé puis mesurer le pH à l'aide d'un pH mètre et ajusté par HCL et/ou NAOH, enfin soumettre ce dernier à une stérilisation à l'autoclave, à une température de 120°C pendant 20 minutes.

Une fois les milieux de culture stérilisés, nous les avons répartis aseptiquement dans des boîtes de Pétri.

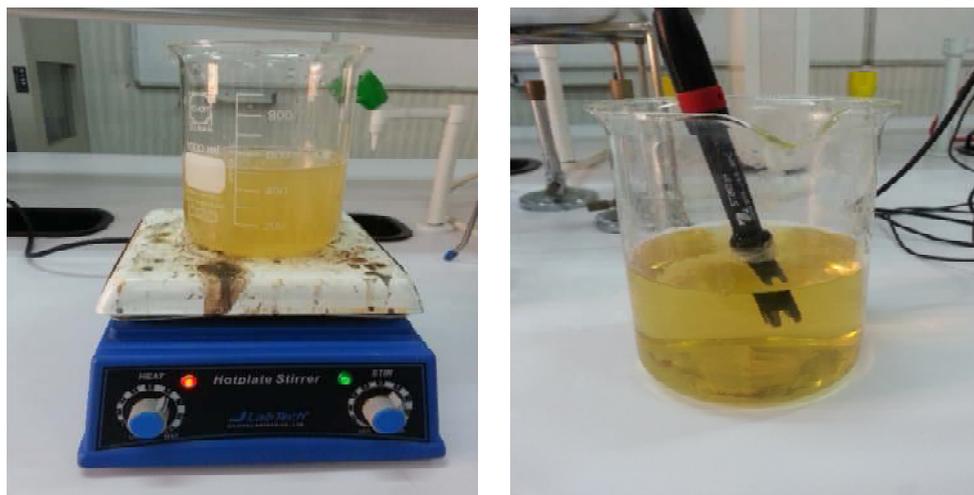


Figure N° 15 : préparation du milieu PDA (Originale).

IV-1-5- Isolement de l'agent pathogène à partir des Feuilles et organe atteintes des symptômes

L'isolement est réalisé à partir de fragments des feuilles et organes présentant les symptômes. La méthode est faite dans des conditions aseptique, les fragments des organes malades sont découpés séparément en petits fragments à l'aide d'un scalpel stérile. Ces fragments sont déposés dans des boîtes de pétri, contenant le milieu PDA. Ce dernier se considère comme un milieu favorable de développement (rapide) des champignons, ainsi à la production des spores (**Botton et al., 1990**). Par la suite, les boîtes sont mises en incubation sous une température de 28°C pendant 4 à 7 jours.

IV-1-5-1- Purification

Une microflore variée s'est développée. La pureté des souches est vérifiée par repiquage successif sur différents milieux. Le repiquage consiste à prélever avec une aiguille stérile un fragment mycélien à la marge du thalle, et de le transférer sur les milieux PDA. L'inoculum est mis au centre de la boîte. Après cette opération, les boîtes de Pétri sont entourées du papier para film et sont mises à incuber à une température de 28°C. Après 4-6 jours, on observe l'apparition de colonies bien différenciées.

IV-1-6- Identification des moisissures (les éléments qu'il faut cibler pour les deux aspects macro et microbiologique)

Les champignons microscopiques présentent une grande variabilité physiologique, mais aussi une grande variabilité génétique. Conventionnellement, l'identification des genres fongiques repose sur l'observation des critères morphologiques par l'observation macroscopique et microscopique.

IV-1-6-1- Etude macroscopique

Cette étude est basée sur l'observation des colonies à l'œil nu et à la loupe binoculaire. L'observation des caractères porte sur :

- L'aspect de la colonie qui représente un critère clef d'identification (couleur de la surface et du revers de la boîte, texture de la surface des colonies...).
- L'aspect des bordures des colonies.
- La couleur du mycélium aérien.
- Présence ou absence de gouttelettes sur le mycélium.
- Vitesse de croissance (diamètre de la colonie à 7 jours : rapide ≥ 3 cm ; modérée : entre 1 et 3 cm et lente ≤ 1 cm).

IV-1-6-2- Etude Microscopique

Pour ce faire, la méthode d'analyse et d'identification des champignons utilisée est la méthode de scotch. On procédait de la manière suivante :

- Poser un morceau de scotch sur la surface du tissu mycélien
- Sur une lame déposer d'abord une goutte de bleu de méthylène.
- Prélever une partie du thalle à l'aide d'un morceau de scotch transparent.
- Coller ce morceau de scotch directement sur la lame.
- Observée ensuite au microscope optique au grossissement (X 40).

V- L'activité antifongique

L'objectif de recherche de cette partie consiste à étudier le potentiel antagoniste de deux souche de l'espèce *Bacillus thuringiensis* et une autre de l'espèce *Bacillus cereus* vis-à-vis trois champignons déjà identifiés dans la partie précédente de la présente étude à partir de l'oranger : *Alternaria sp*, *Penicillium citrinum* et *Aspurgillus niger*.

Les deux milieux utilisés sont : milieu GN (gélose nutritive), BN (bouillon nutritive) et milieu MEA (Malt Extract Agar), ces derniers nous ont servi dans l'ensemencement des bactéries de genre *Bacillus* et pour la réalisation des tests de lutte biologique *in vitro*.

V-1-Bactéries antagonistes utilisées :

Les trois souches bactériennes utilisées dans cette partie proviennent d'une grande collection de souches du laboratoire d'écologie et de gestion des écosystèmes naturels, département d'écologie et d'environnement, **Université Abou Bakr Belkaid, Imama, Tlemcen, Algérie.**

Les souches BEN1, B1 et B10 ont été isolées à partir des sols des vergers d'oranger *Citrus sinensis* et identifiées par PCR 16S (Kebdani et al, 2016).

Tableau N°05 : Les souches bactériennes testées pour leur activité antagoniste vis-à-vis *Alternaria sp*, *Penicillium citrinum* et *Aspirgillus niger*.

La bacterie	Nom de la souche	Origine
<i>Bacillus thuringiensis</i> KM272764.1	BEN1	Un verger agrumicole dans la région d'Ain defla.
<i>Bacillus thuringiensis</i> KJ679218.1	B1	Un verger agrumicole dans la région de Tlemcen.
<i>Bacillus cereus</i> EU240373.1	B10	Un verger agrumicole dans la région de Tlemcen.

Tableau N°06 : Résultats comparatifs par Blast après séquençage des produits PCR de l'ensemble des souches de la collection.

STRAIN	Homology (%)	closest relative (nucleotide collection)	Acc. N.	phylogenetic group
S6DSP	99	Bacillus pumilus	KJ526885.1	Bacteria; Firmicutes; Bacilli; Bacillales; Bacillaceae; Bacillus; Bacillus cereus group.
S6DSG	99	Bacillus thuringiensis	KJ011876.1	Bacteria; Firmicutes; Bacilli; Bacillales; Bacillaceae; Bacillus; Bacillus cereus group.
S3DSG	100	Bacillus mycoides	EU924505.1	Bacteria; Firmicutes; Bacilli; Bacillales; Bacillaceae; Bacillus; Bacillus cereus group.
S2DSP	99	Bacillus subtilis	KU821696.1	Bacteria; Firmicutes; Bacilli; Bacillales; Bacillaceae; Bacillus; Bacillus cereus group.
S2DSG	99	Bacillus thuringiensis KJ937088.1	KJ937088.1	Bacteria; Firmicutes; Bacilli; Bacillales; Bacillaceae; Bacillus; Bacillus cereus group.
BSUBG	99	Bacillus subtilis	JQ361065.1	Bacteria; Firmicutes; Bacilli; Bacillales; Bacillaceae; Bacillus; Bacillus cereus group.
BM5	99	Bacillus subtilis	HM590703.1	Bacteria; Firmicutes; Bacilli; Bacillales; Bacillaceae; Bacillus; Bacillus cereus group.
BM3	99	Bacillus thuringiensis	HM068889.1	Bacteria; Firmicutes; Bacilli; Bacillales; Bacillaceae; Bacillus; Bacillus cereus group.
BM14	100	Bacillus subtilis	KM492825.1	Bacteria; Firmicutes; Bacilli; Bacillales; Bacillaceae; Bacillus; Bacillus cereus group.
BM13	99	Bacillus thuringiensis	KM280648.1	Bacteria; Firmicutes; Bacilli; Bacillales; Bacillaceae; Bacillus; Bacillus cereus group.
BIS	99	Bacillus thuringiensis	KJ123714.1	Bacteria; Firmicutes; Bacilli; Bacillales; Bacillaceae; Bacillus; Bacillus cereus group.
BEN3	100	Bacillus thuringiensis	KJ769222.1	Bacteria; Firmicutes; Bacilli; Bacillales; Bacillaceae; Bacillus; Bacillus cereus group.
BEN1	100	Bacillus thuringiensis	KM272764.1	Bacteria; Firmicutes; Bacilli; Bacillales; Bacillaceae; Bacillus; Bacillus cereus group.
B9	99	Bacillus cereus	EU240373.1	Bacteria; Firmicutes; Bacilli; Bacillales; Bacillaceae; Bacillus; Bacillus cereus group.
B8	99	Bacillus cereus	KF758385.1	Bacteria; Firmicutes; Bacilli; Bacillales; Bacillaceae; Bacillus; Bacillus cereus group.
B7	99	Bacillus thuringiensis	KJ722441.1	Bacteria; Firmicutes; Bacilli; Bacillales; Bacillaceae; Bacillus; Bacillus cereus group.
B6	99	Bacillus mojavenis	KF600759.1	Bacteria; Firmicutes; Bacilli; Bacillales; Bacillaceae; Bacillus; Bacillus cereus group.
B5	99	Bacillus thuringiensis	KJ769221.1	Bacteria; Firmicutes; Bacilli; Bacillales; Bacillaceae; Bacillus; Bacillus cereus group.
B4F	99	Bacillus thuringiensis	CP010089.1	Bacteria; Firmicutes; Bacilli; Bacillales; Bacillaceae; Bacillus; Bacillus cereus group.
B3	100	Bacillus thuringiensis	CP010089.1	Bacteria; Firmicutes; Bacilli; Bacillales; Bacillaceae; Bacillus; Bacillus cereus group.
B2C	99	Bacillus subtilis	KM492825.1	Bacteria; Firmicutes; Bacilli; Bacillales; Bacillaceae; Bacillus; Bacillus cereus group.
B10	100	Bacillus cereus	EU240373.1	Bacteria; Firmicutes; Bacilli; Bacillales; Bacillaceae; Bacillus; Bacillus cereus group.
B1	100	Bacillus thuringiensis	KJ769218.1	Bacteria; Firmicutes; Bacilli; Bacillales; Bacillaceae; Bacillus; Bacillus cereus group.
10	99	Bacillus cereus	EU240373.1	Bacteria; Firmicutes; Bacilli; Bacillales; Bacillaceae; Bacillus; Bacillus cereus group.

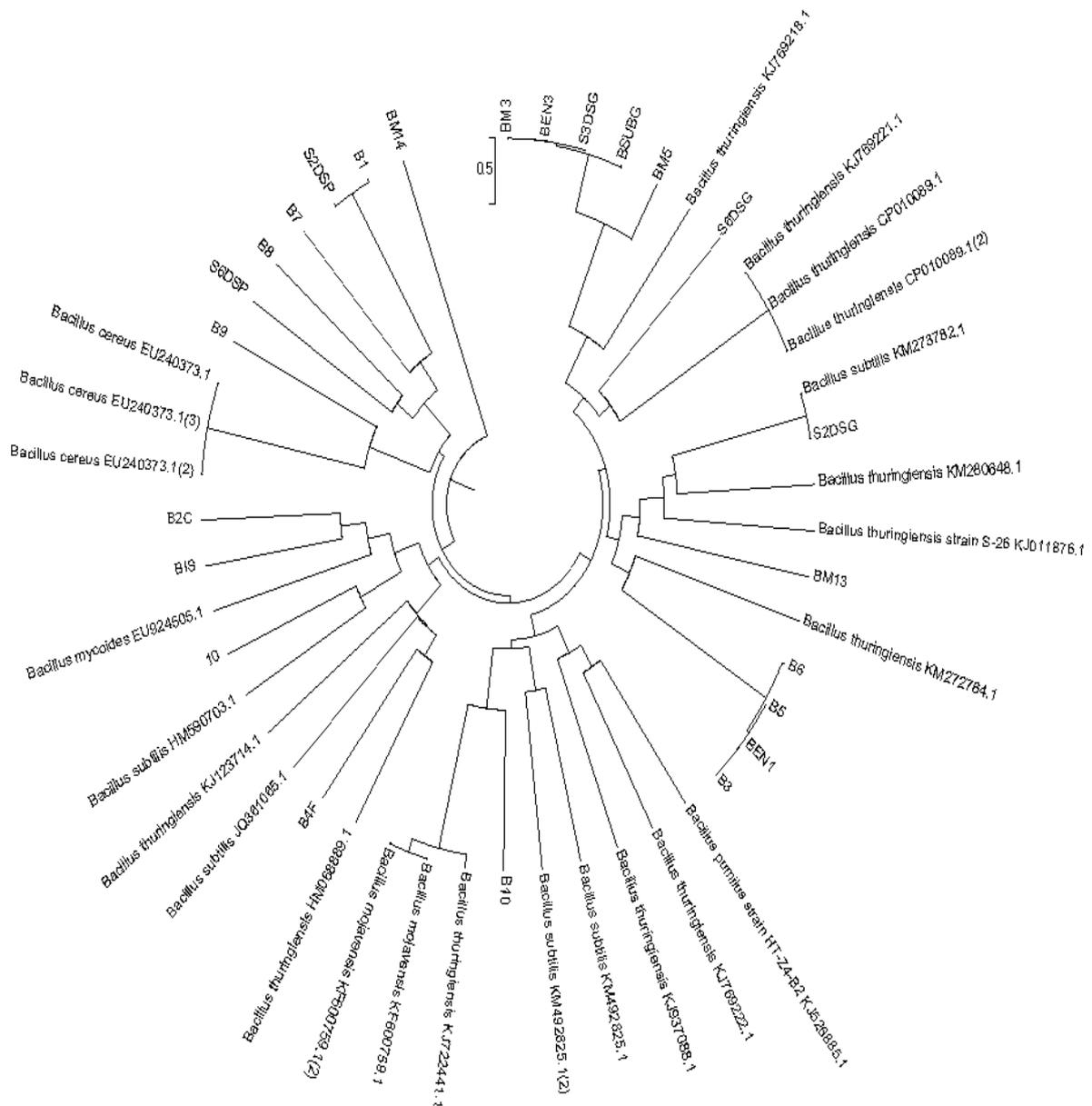


Figure N°16 : L'arbre Phylogénétique réalisé à partir des résultats du séquençage et Blast.

V-1-1-Revivification des souches de *Bacillus*

La revivification des souches BEN1, B1 et B10 a été réalisée sur milieu de culture liquide GN, durant 6 jours à 37°C sous agitation. La purification a été réalisée par un passage successif sur ce même milieu solide et liquide (BN) additionné de 8% de NaCl pour éviter toute contamination.

V-1-2-Protocole expérimentale

La confrontation du champignon et de la bactérie en boîte de Pétri consiste à inoculer sous forme d'une strie rectiligne longitudinale la boîte en la partage en deux parties égales.

Deux disques, de 5 mm de diamètre, d'une culture de champignon en croissance actif sur gélose a l'extrait de malt à pH 7, sont déposés de part et d'autre de la strie à 1 cm du bord de la boîte. Chaque souche bactérienne est confrontée au champignon à raison de 3 répétitions (**Inam Elhaq et al, 2003**).

Les boites témoins sontensemencées avec les disques du champignon en absence de la bactérie antagoniste. Les diamètres de la croissance des champignons ont été mesurés et comparé par rapport au témoin. On en déduit le pourcentage d'inhibition.

Les pourcentages d'inhibition sont calculés selon la formule :

$$(T - d / T) \times 100$$

d= diamètre du test.

T= diamètre du témoin.

CHAPITRE III

RESULTATS ET DISCUSSION

❖ Résultats

I- Etude entomologique

Malgré qu'il était évident que la mouche méditerranéenne des fruit *Ceratitis capitata* était présente dans le zone d'étude, où elle a occasionnée énormément de dégâts aux cultures agrumicole, les élevages effectués au laboratoire de ce ravageurs n'ont pas donné des résultats, dont nous avons remarqués une absence totale du développement des œufs, et cela peut être dû au conditions défavorables du laboratoire, sachant que dans chaque stade, le bon déroulement du cycle de développement de la cératite nécessite certaines conditions climatiques.

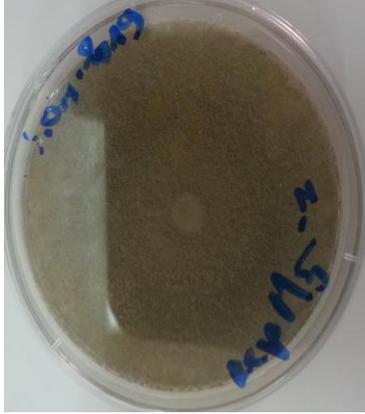
Dans le but de confirmer que les conditions du laboratoire étaient vraiment défavorables pour le développement de la mouche, après 24 jours de la première mise en élevage nous avons procédé à faire un suivie hebdomadaire pendant une durée de 02 mois.

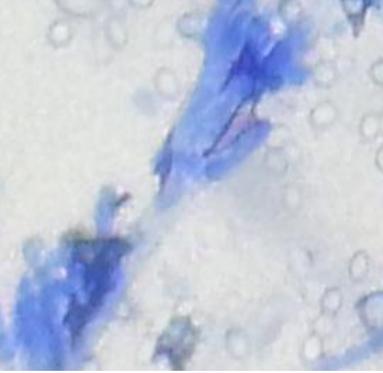
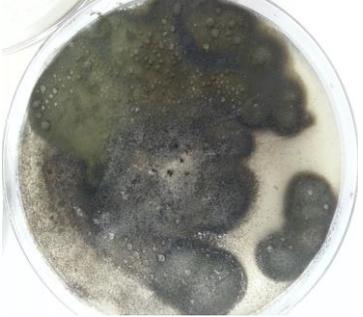
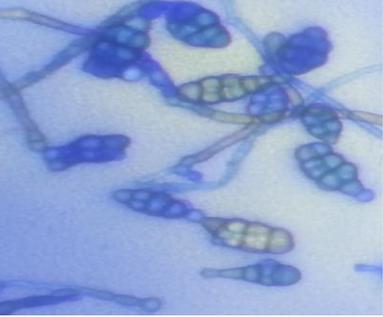
II- Etude microbiologique

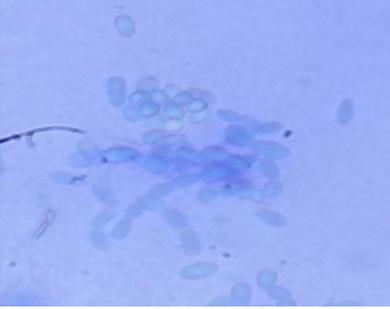
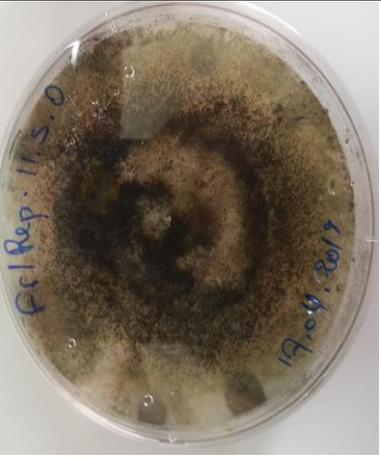
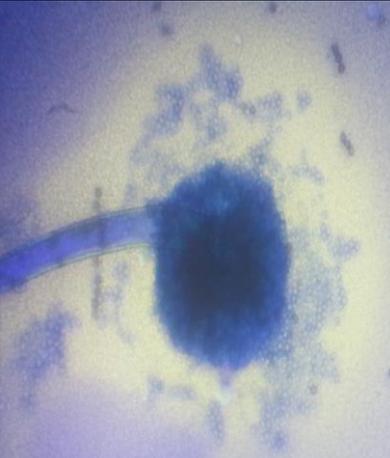
II-1-Identification des champignons

L'impact des moisissures sur la qualité des oranges étant de plus en plus perçu, le besoin de mieux les connaître conduit à élaborer des méthodes permettant de déterminer la nature des microorganismes présents.

Le tableau ci-dessous présente les différentes aspects macroscopiques et microscopiques qui ont conduit à l'identification des souches fongiques isolées à partir des fruits infestés.

Le champignon	L'aspect macroscopique		L'aspect microscopique	
<i>Trichoderma viride</i>		<p>-Croissance rapide commence par des touffes blanches moelleuses qui deviennent vertes en raison de la production de conidies</p> <p>-Aspect : cotonneux .</p> <p>-Périphérie : régulière.</p> <p>-Couleur : vert claire.</p> <p>-L'inverse : est d'une couleur brune.</p>		<p>-Mycélium :hyalins septés.</p> <p>-Conidiophores :courts.</p> <p>-Conidies : unicellulaire ,rondes à ellipsoïdales et lisses.</p>
<i>Verticillium sp</i>		<p>-Croissance :rapide avec des colonies plutôt plates qui peuvent être légèrement surélevé au centre.</p> <p>-Aspect :cotonneux.</p> <p>-Périphérie :régulière.</p> <p>-Couleur :blanche à crème.</p> <p>-L'inverse est blan.</p>		<p>-Mycélium: hyalin.</p> <p>-Conidies: hyalines, unicell-ulaires et ellipsoïdales.</p>

<p><i>Penicillium citrinum</i></p>		<p>-Croissance :rapide. -Aspect : cotonneux -Périphérie : régulière. -Couleur : La colonie mûre est de couleur gris-turquoise avec un pourtour blanc (bord extérieur). -L'inverse : est d'un jaune pâle à un jaune-brun clair.</p>		<p>- hyphes : hyalines (transparentes, non pigmentées) en septate. - Conidies : sont globuleuses à sous-globineuses et sont lisses ou ont une surface finement.</p>
<p><i>Fusarium oxysporum</i></p>		<p>-Croissance :rapide avec des colonies plates de texture laineuse à cotonneuse. -Couleur :blanchâtre. -Renvere de la colonie est pâle.</p>		<p>-Mycélium :hyalin septé. -Conidiophore :assez courtes -Microconidies: ellipsoïdale et légèrement incurvée. -Macroconidies sont fusiformes.</p>
<p><i>Alternaria sp</i></p>		<p>-Croissance : très rapide. -Périphérie : régulière. -Aspect : cotonneux avec des colonies jaunes qui deviennent noires avec un mycélium laineuse et quelque peu granulaire.</p>		<p>-Mycélium :septé -Conidiophores :courts, Septé,bruns avec un aspect plus ou moins sinueux(enzigzag), portent de grandes conidies simples ou ramifiées, ovoïdes ou ellipsoïdes, segmentées par des cloisons.</p>

<p><i>Penicilium sp</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> -Croissance rapide -Aspect : cotonneux . -Périphérie : régulière. -Couleur : verte. 		<ul style="list-style-type: none"> -Mycélium : est ramifié . Les hyphes sont cloisonnés -Conidiophores : sont ramifiés et disposés en longue chaîne.
<p><i>Aspergillus niger</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> -Croissance : rapide. -Périphérie : régulière. -Couleur : un tapis de mycélium ressemblant à un feutre blanc à jaunâtre, qui devient rapidement noir à mesure que les conidies développent le pigment aspergilline pendant la maturation. -L'inverse : reste blanc à pâle 		<ul style="list-style-type: none"> Hyphe : hyalines (claires). Les conidiophores :(Stipes) sont longs Les conidies : sont globulaires, de couleur brune à noire, mesurent 3,5-4,5 µm de diamètre et ont une surface rugueuse.

II-2-Effet antagoniste des souches de *Bacillus* vis-à-vis les champignons phytopathogènes de l'oranger

Les deux souches de l'espèce *Bacillus thuringiensis* (BEN1 et B1) et de l'espèce *Bacillus cereus* (B10) ont été confrontées avec trois souches fongiques identifiées (*Alternaria sp*, *Penicillium citrinum*, *Aspergillus niger*) sur milieu extrait de Malt (MEA).

Les figures 18, 19 et 20 illustrent la capacité des souches de *Bacillus thuringiensis* et *Bacillus cereus* à inhiber la croissance mycélienne des trois colonies qui sont *Aspergillus niger*, *Alternaria sp* et *Penicillium citrinum* par rapport aux témoins (Fig.17) la où il 'y avait une croissance mycélienne importante de ces espèces fongiques.

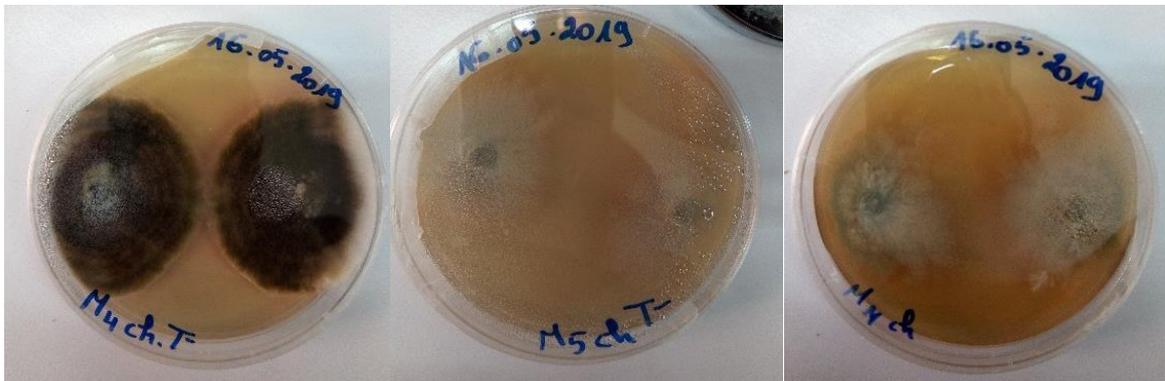


Figure N°17 : Témoins des souches pathogènes (A : *Alternaria sp*, B : *Penicillium citrinum*, C : *Aspergillus niger*) sur milieu MEA après 5 jours d'incubation à 32°C (Originale).

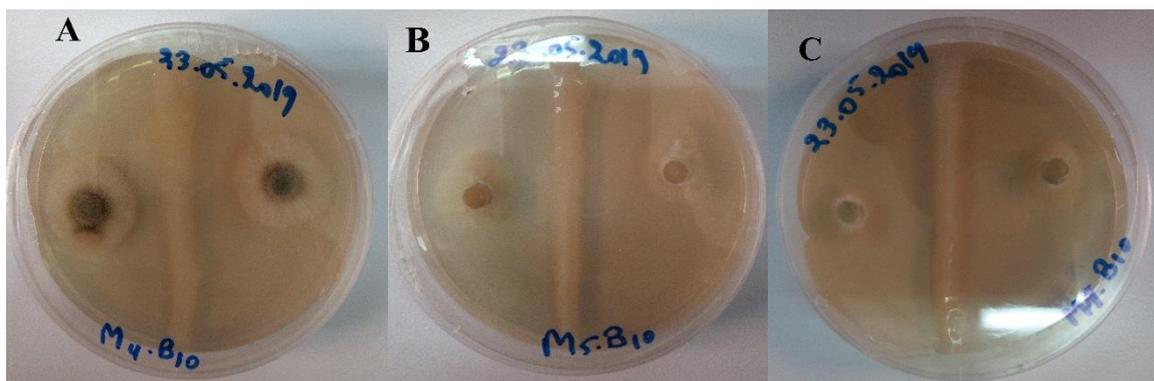


Figure N°18: La croissance des souches pathogènes de A : *Alternaria sp*, B : *Penicillium citrinum*, C : *Aspergillus niger*, en présence de *Bacillus cereus* (B10) après 4 jours d'incubation à 32°C (Originale).

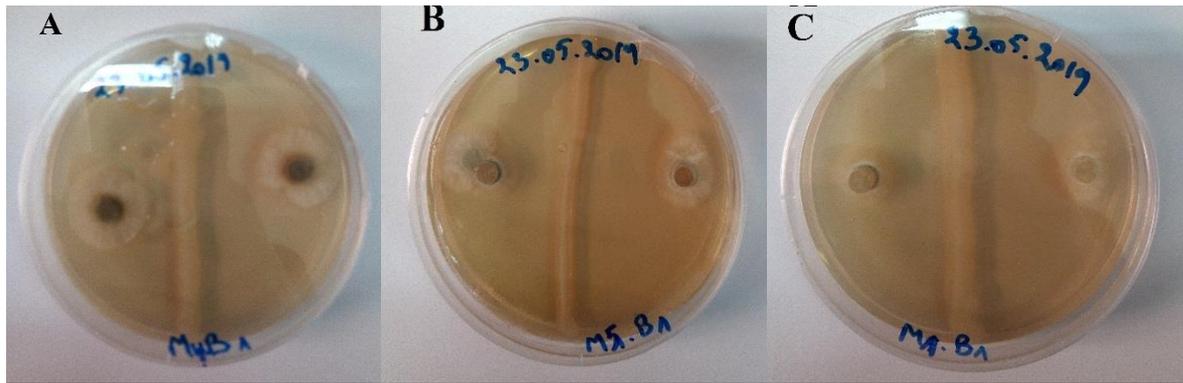


Figure N°19: La croissance des souches pathogènes de **A** : *Alternaria sp*, **B** : *Penicillium citrinum*, **C** : *Aspergillus niger*, en présence de *Bacillus thuringiensis* (B1) après 4 jours d'incubation à 32°C (Originale).

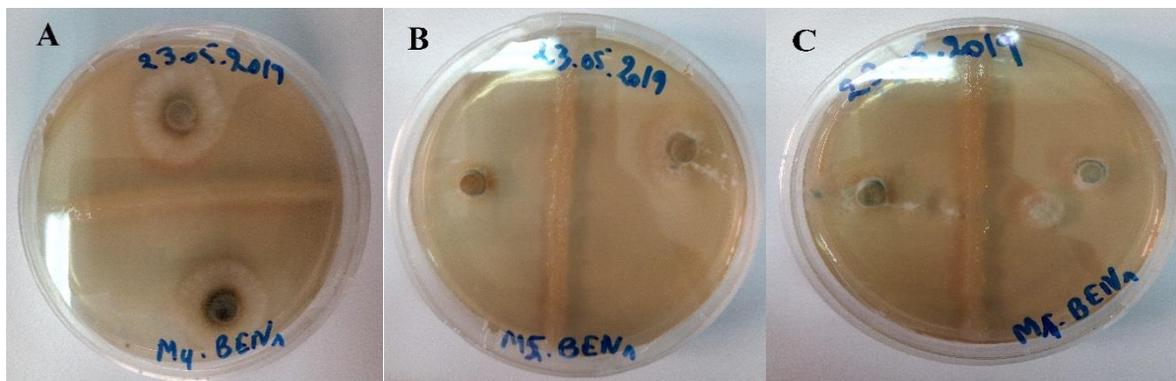


Figure N°20 : La croissance des souches pathogènes de **A** : *Alternaria sp*, **B** : *Penicillium citrinum*, **C** : *Aspergillus niger*, en présence de *Bacillus thuringiensis* (BEN1) après 4 jours d'incubation à 32°C (Originale).

II-2-1-Taux d'inhibition

Après 4 jours d'incubation, les trois souches ont montré une bonne activité inhibitrice vis à vis les isolats pathogènes sélectionnés test et ce, par l'apparition d'une zone d'inhibition suivie par un arrêt de croissance pour l'ensemble des souches pathogènes. Les figure 18 19 20 montres quelques exemples de l'inhibition de croissance de *Alternaria sp*, *Penicillium citrinum* et *Aspergillus niger* par trois souche de *bacillus spp* (B1, BEN1 et B10).

Les résultats montrent qu'au bout des 4 jours d'incubation, la boîte est envahie par l'antagoniste, alors que les isolats des espèces de champignons n'occupent que de petite surface ce qui correspond à une forte action inhibitrice de croissance mycélienne.

Par contre, Les témoin des trois espèces fongique cultivé seul, occupe une surface plus importante.

II-2-2-Activité antifongique

Après quelques jours d'incubation, des mesures de croissance mycélienne sont présent quotidiennement et le test s'achève lorsque l'une des colonies aura couvert l'ensemble de la boîte. Pour l'estimation de la croissance mycélienne, qui consiste à mesurer le diamètre de la colonie mycélienne du champignon pathogène, l'évaluation de l'inhibition exercée par *Bacillus* est estimée par le calcul du pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne.

II-2-2-1-Activité antifongique des souches de *Bacillus spp* sur *Penicillium citrinum*

Après 4 jours d'incubation les souches B10 et B1 de *Bacillus thuriengienssis* semble les plus actives sur *Penicillium citrinum* avec un taux d'inhibition de 79,66% par rapport à la souche BEN1, dont le taux d'inhibition est de 76,27%

Après 5 jours d'incubation la souche B10 semble la plus active sur *Penicillium citrinum* avec un taux d'inhibition de 80,30% par rapport à la souche B1 et BEN1, dont les taux d'inhibition sont respectivement 75,75% et 78,78%.

Après 6 jours d'incubation la souche B10 semble la plus active sur *Penicillium citrinum* avec un taux d'inhibition est de 75,34% par rapport à la souche B1 et BEN1, dont les taux d'inhibition sont respectivement 69,86% et 65,75%.

Tableau N°07 : Pourcentages d'inhibition des souches *Bacillus thuringiensis* (B1 et BEN1) et *Bacillus cereus* (B10) confrontées avec *Penicillium citrinum* en fonction du temps.

Le période La souche	4j	5j	6j
B10	79,66 %	80,30 %	75,34 %
B1	79,66 %	75,75 %	69,86 %
BEN1	76,27 %	78,78 %	65,75 %

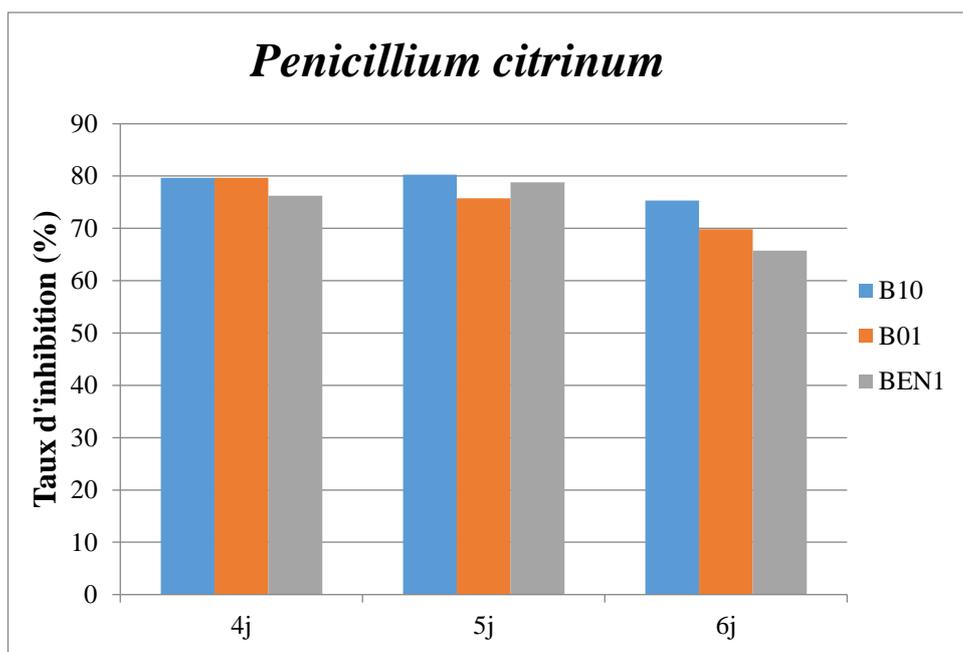


Figure N°21: Taux d'inhibition des souches de *Bacillus thuringiensis* (B1 et BEN1) et *Bacillus cereus* (B10) confrontées au *Penicillium citrinum* en fonction du temps

II-2-2-2-Activité antifongique des souches de *Bacillus spp* sur *Alternaria sp*

Après 4 jours d'incubation la souche B10 semble la plus active sur *Alternaria sp* avec un taux d'inhibition de 71,42% par rapport à la souche B1 et BEN1, dont les taux d'inhibition sont respectivement 55,35% et 53,57%.

Après 5 jours d'incubation la souche B10 semble la plus active sur *Alternaria sp* avec un taux d'inhibition de 63,75 % par rapport à la souche B1 et BEN1, dont les taux d'inhibition sont respectivement 55% et 56,25%.

Après 6 jours d'incubation la souche B10 semble la plus active sur *Alternaria sp* avec un taux d'inhibition est de 43,75% par rapport à la souche B1 et BEN1, dont les taux d'inhibition sont respectivement 40% et 36,25%.

Tableau N°08 : Pourcentages d'inhibition des souches *Bacillus thuringiensis* (B1 et BEN1) et *Bacillus cereus* (B10) confrontées avec *Alternaria sp* en fonction du temps.

Le temps / La souche	4j	5j	6j
B10	71,42 %	63,75 %	43,75 %
B1	55,35 %	55 %	40 %
BEN1	53,57 %	56,25 %	36,25 %

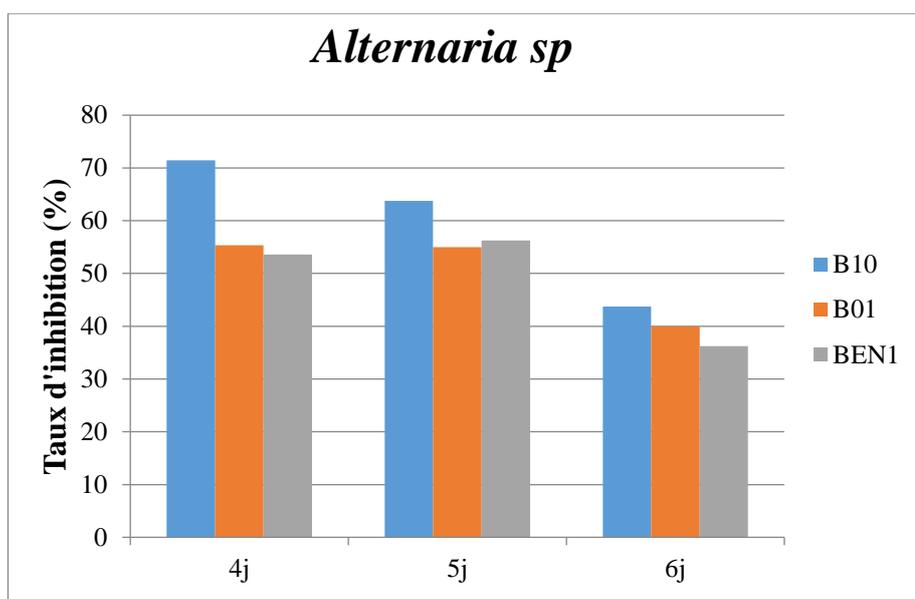


Figure N°22: Taux d'inhibition des souches de *Bacillus thuringiensis* (B1 et BEN1) et *Bacillus cereus* (B10) confrontées au *Alternaria sp* en fonction du temps.

II-2-2-3-Activité antifongique des souches de *Bacillus spp* sur *Aspergillus niger*

Après 4 jours d'incubation les souche B1 et BEN1 semble les plus actives sur *Aspergillus niger* avec un taux d'inhibition de 68,42% par rapport à la souche B10, dont le taux d'inhibition est de 63,15%.

Après 5 jours d'incubation la souche B1 semble la plus active sur *Aspergillus niger* avec un taux d'inhibition de 77,77% par rapport à la souche B10 et BEN1, dont les taux d'inhibition sont respectivement 74,07% et 72,22%.

Après 6 jours d'incubation la souche B10 semble la plus active sur *Aspergillus niger* avec un taux d'inhibition est de 81,57% par rapport à la souche B1 et BEN1, dont les taux d'inhibition sont respectivement 80,26% et 72,36%

Tableau N°09 : Pourcentages d'inhibition des souches *Bacillus thuringiensis* (B1 et BEN1) et *Bacillus cereus* (B10) confrontées avec *Aspergillus niger* en fonction du temps.

Le temps / La souche	4j	5j	6j
B10	63,15 %	74,07 %	81,57 %
B1	68,42 %	77,77 %	80,26 %
BEN1	68,42 %	72,22 %	72,36 %

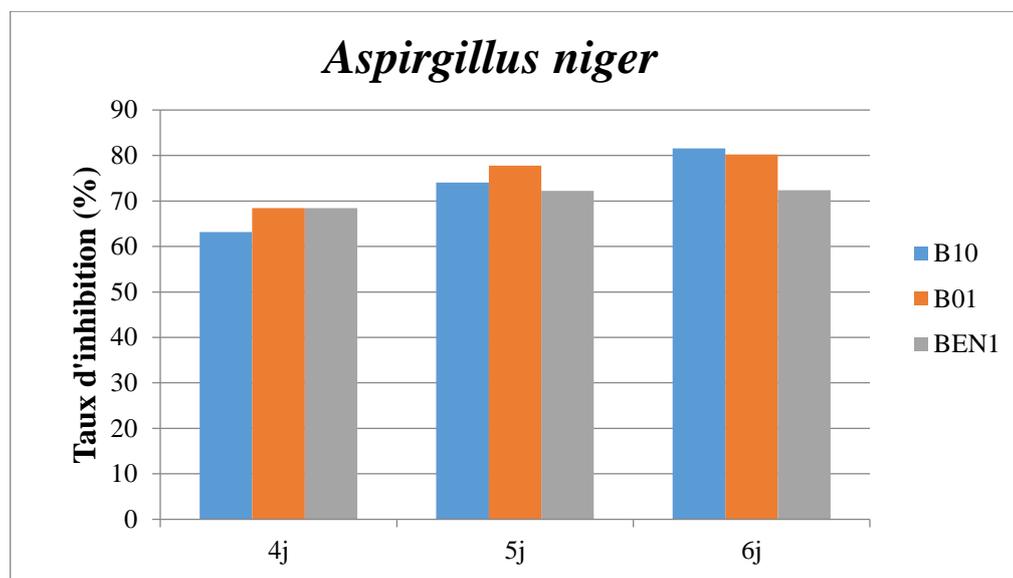


Figure N°23: Taux d'inhibition des souches de *Bacillus thuringiensis* (B1 et BEN1) et *Bacillus cereus* (B10) confrontées au *Aspurgillus niger* en fonction du temps.

❖ Discussion

I-Etude entomologique

La famille des Tephritidae (mouches des fruits) est d'importance économique majeure car de nombreuses espèces de cette famille attaquent les cultures fruitières et légumières des régions tropicales et subtropicales (**White et Elson-Harris, 1992**). Malgré les procédures de quarantaine, un nombre élevé d'invasions et de déplacements compétitifs par des Tephritidae a été observé ces dernières années (**White & Elson-Harris, 1992; White et al., 2000; Allwood et al., 2002; Clarke et al., 2005**).

Les élevages effectués au laboratoire de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* n'ont pas donné des résultats, dont nous avons remarqués une absence totale du développement des œufs, et cela peut être dû aux conditions défavorables du laboratoire, sachant que dans chaque stade, le bon déroulement du cycle de développement de la cératite nécessite certaines conditions climatiques.

Selon **H.G GLIDA (2006)** ce cycle, en conditions défavorables, il peut nécessiter une durée plus longue (de l'ordre de 65 jours), témoignant par-là de la grande capacité de la cératite à s'adapter à quelques conditions changeantes de son environnement.

Pour cela et dans le but de confirmer que les conditions du laboratoire étaient vraiment défavorables pour le développement de la mouche, après 24 jours de la première mise en élevage nous avons procédé à faire un suivie hebdomadaire pendant une durée de 02 mois.

En ce qui concerne la présence de la cératite sur le terrain la où nous avons fait des observations du diagnostic pendant la période de la récolte, nous pouvons la justifier par le haut degré de maturité des fruits lors de cette période.

Les fruits de notre verger étaient très piqués, nous avons trouvé des nombres importants de larves dans les fruits chutés destinés à nos élevages, ce qui nous a permis de déduire que les œufs pondus ont continué leur développement. Cela peut être dû à l'acidité réduite du fruit de notre variété.

Dans la nature, les femelles des Tephritidae ont un rôle clé dans l'exploration des champs ravagés, des variétés, des expositions d'arbres et de fruits, dans le but de trouver les meilleures conditions pour leurs sources d'alimentation (**Gonçalves, 2011**).

Aussi, la date étant liée aux variations climatiques et connaissant l'impact de ces dernières sur la biologie de tous les organismes vivants en général et sur les invertébrés en particulier, il est évident que les populations des Tephritidae sont fortement influencées par ce facteur (**Lamy, 1997**).

Pour leur part, **Dhouibi et al. (1995)** ont rapporté que des paramètres chimiques tels que la teneur en huiles essentielles de l'écorce et la nature des substances volatiles pourraient jouer un rôle non négligeable dans l'attraction ou la répulsion du ravageur.

II-Etude microbiologique

II-1-Identification des champignons

L'identification des espèces fongiques a été réalisée en se basant sur les caractères macroscopiques des colonies et les caractères microscopiques des mycéliums et des conidies. Cela nous permet d'identifier 7 espèces fongiques parmi 30 souches isolées qui sont *Aspergillus niger*, *Alternaria sp*, *Trichoderma*, *Fusarium*, *Penicillium citrinum*, *Verticillium* et *Penicillium sp*.

Ces résultats concordent avec les travaux de **Akintobi et al., (2001)** qui ont trouvé deux genres fongiques associées à la détérioration de *Citrus sinensis* à savoir *Aspergillus* et *Penicillium*.

D'après **Lepoivre (2003)**, les champignons filamenteux sont les pathogènes les plus importants des plantes devant les virus et les bactéries.

D'après, (**Ikhou, 2011**), les principaux agents responsables de la détérioration des fruits commercialisés en Algérie sont des souches appartenant aux genres : *Aspergillus*, *Alternaria* et *Fusarium*. **Aouar en 2012** ainsi que (**Nyongesa et al, 2015**) ont signalé que les genres *Aspergillus* et *Penicillium* sont les plus dominants, ils sont dotées d'un grand pouvoir de dissémination.

D'après ce qu'on a constaté, la flore fongique totale a révélé une dominance de moisissures filamenteuse très sporulante qui ont un très grand pouvoir de dissémination et qui sont *Alternaria*, *Aspergillus* et *penicillium*. Selon **Manner et al., (2005)**, ces derniers s'attaquent aux oranges mures, ce qui est le cas pour nos prélèvements car les échantillons destinés à l'étude microbiologique ont été prélevés au moment de la récolte.

Olsen et al., (2000) a trouvé que les spores d'*Alternaria sp* sont présentes toute l'année dans les vergers, c'est un pathogène de blessures (grattages d'épiderme, plaie de coupe du pédoncule), mais il pénètre surtout dans les fruits par les ouvertures naturelles (ombilic, cicatrice stylaire, craquelures de base du pédoncule).

Par conséquent, les attaques des fruits par *ceratitis capitata* favorisent leur implantation, notamment au niveau des trous de ponte.

II-2-Effet antagoniste

L'étude de l'activité antifongiques a été largement décrite dans plusieurs études. Dans cette étude nous avons pu tester l'activité antifongique de trois souches de *Bacillus spp* vis-à-vis trois espèces fongiques dont la totalité des souches ont développé une action inhibitrice face aux espèces pathogènes.

Après Avoir réalisé un test d'antagonisme in vitro entre ces microorganismes, les résultats obtenus ont montré un taux d'inhibition très important avec le temps ce qui démontre que l'activité antifongique est proportionnelle à la durée d'incubation de la culture. Selon (**Saidiet al, 2009**), cela est dû à l'exposition prolongée aux métabolites secondaires produits et libérés dans le milieu par les souches testées et qui sont responsables du pouvoir antagoniste de ces dernières. D'après **Bonmatin et al (2003)**, les souches *Bacillus spp* sont capables de produire des lipopeptides qui permettent d'augmenter l'effet protecteur des plantes contre les pathogènes.

Plusieurs espèces du genre *Bacillus* sont efficaces dans le bio-contrôle des divers champignons phytopathogènes (**Williams et Asher, 1996**). Les souches de *Bacillus* mésophile peuvent parasiter les microorganismes phytopathogènes en dégradant leurs parois (**Trachuk et al ,2008**), et la plupart ont été capables d'inhiber la croissance de *Fusarium*, *Aspergillus*, et *Penicillium* (**Landa et al ,1997**).

Les travaux de **Essalmani et Lahlou (2002)** ont démontré que les bactéries antagonistes comme *Bacillus subtilis*, *B. cereus*, et *Pseudomonas* sont capables d'induire la défense du palmier dattier atteint de fusariose. Ces microorganismes entraînent l'accumulation des dérivés hydroxy cinnamiques

qui sont connus pour leur rôle majeur dans la réaction du palmier dattier et d'exercer un effet fongitoxique sur *F. oxysporum*.

Des études antérieures s'intéressaient à l'étude de l'activité antifongique des enzymes chitinases produites par différentes souches de *B.thuringiensis*. **Ramirez et al (2004)** ont utilisé *Bacillus thuringiensis sub sp israelensis* pour produire de la chitinase sur les déchets de crevettes. L'activité antifongique de cette chitinase sur les champignons phytopathogènes a été étudiée sur les cultures en croissance et sur les graines de soja infestées par *Sclerotium rolfsii*. L'inhibition fongique s'est révélée être de 100% pour *S. rolfsii*; 55% à 82% pour *A. terreus*, *A. flavus*, *Nigrospora sp*, *Rhizopus sp*, *A. niger*, *Fusarium sp.*, *A. candidus*, *Absidia sp* et *Helminthosporium sp*, 45% pour *Curvularia sp* et 10% pour *A. fumigatus*. Lorsque les graines de soja ont été infectées par *S. rolfsii*, la germination a été réduite de 93% à 25% ; l'ajout de la chitinase a augmenté la germination à 90%.

L'ensemble des résultats obtenus dans le présent travail en plus de ceux obtenus par **Kebdani (2017)** montrent que nous aurions la possibilité d'utiliser des produits à base des souches de *Bacillus thuringiensis* et *Bacillus cereus*, soit comme des Bio-insecticide pour l'éradication de la mouche d'orange *ceratitis capitata*, puisqu'elles ont déjà prouvé un pouvoir entomopathogène important contre un ravageur diptère et/ou des bio-fongicides contre les champignons phytopathogènes de l'oranger, dans le cadre d'un programme de lutte biologique.

CONCLUSION

Conclusion

Les problèmes phytosanitaires de l'oranger constituent le facteur principal de la faible productivité de cette culture, parmi lesquels l'attaque de la mouche d'oranger (*citritis capitata.*), et certains agents fongiques responsables des maladies très redoutables et d'autres ayant une importance secondaire telles que *Penicillium citrinum* et *Alternaria sp.* Ces agents parasites entraînent des pertes de récolte non négligeables allant jusqu'à l'anéantissement total de la récolte.

Au cours de ce travail, nous avons également effectué des prospections et des prélèvements d'échantillons des fruits présentant les dégâts de la mouche dans le site bacha hamid dans la région de Lakhdaria.

En effet, l'isolement de la mycoflore associée aux attaques de la mouche d'orange à partir des fruits d'orangers malades, sur un total de 30 souches nous avons pu caractériser par voie macroscopique et microscopique 7 espèces fongiques qui sont. *Alternaria sp*, *Aspergillus niger*, *Fusarium exysporum*, *Verticillum sp*, *Penicillium sp*, *Penicillium citrinum* et *Trichodirma viride*.

Les tests de l'activité antifongique ont été réalisés *in vitro* dans le cadre de lutte biologique en utilisant trois souches de *Bacillus* (deux souches de *Bacillus thuringiensis* (B1 et BEN1) et une souche de *Bacillus cereus*(B10) par confrontation directe avec des *Penicillium citrinum* et *Alternaria sp*, *Aspergillus niger*.

D'après nos résultats, la meilleure efficacité de l'activité antifongique a été obtenue par la souche *Bacillus cereus* (B10) avec un pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne de 80.30 sur *Penicillium citrinum*, 81.57% sur *Aspergillus niger* et 71.42 % sur *Alternaria sp*.

Les résultats obtenus montrent que lors de la mise en place d'un programme de lutte éventuel nous aurions la possibilité d'utiliser ses souches comme des bio-fongicides contre les champignons phytopathogènes de l'oranger.

Ces résultats ont montré qu'il était possible de limiter l'incidence de certaines maladies cryptogamiques, bien que le niveau de d'irradiation ne soit pas à 100%. Néanmoins, l'utilisation de ce traitement permet de maintenir les maladies à un seuil acceptable, d'autant plus que les mesures prophylactiques préconisées seront affectivement mise en pratique.

En perspective, et vue les résultats importants obtenus, il serait intéressant de faire des recherches dans le proche avenir, dans le but de trouver d'autres souches du genre *Bacillus spp* qui ont un pouvoir antagoniste sur les champignons d'oranger. Ainsi, il est souhaitable d'étudier le mécanisme d'action de cet agent à l'échelle moléculaire.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

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.

Aboussaid, H., Said El Messoussi, Said. & Oufdou, K. (2009). Equipe de Microbiologie et Toxicologie Environnementales, Laboratoire de Biologie et Biotechnologie des Microorganismes Laboratoire de Modélisation moléculaire et Ecophysiologie, Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences-Semlalia, BP 2390, Marrakech, 40000, Maroc. Action of *Bacillus thuringiensis israelensis* parasporal body. pp. 45-65. Dans Bacterial control of mosquitoes and black flies: biochemistry, genetics and applications of *Bacillus thuringiensis israelensis* and *Bacillus sphaericus*. H. de Barjac and D. J. Sutherland (Eds.), Rutgers University. Press, New Brunswick. 556 p.

ACTA (Association de Coordination Technique Agricole), 1990. Guide pratique de defence des cultures. Reconnaissance des ennemis. Notions de protection des cultures. Ed. LE CARRAOUSEL ET ACTA

Aouar Lamia, Sylvain Lerat , Ammar Ouffroukh , Abderrahmane Boulahrouf & Carole Beaulieu (2012).Taxonomic identification of rhizospheric actinobacteria isolated from Algerian semiarid Soil exhibiting antagonistic activities against plant fungal pathogens.«Canadian Journal Of plant Pathology».165-176.

Atcitrus., 2002 : La mosca de la fruta (*Ceratitis capitata*). Asociation Tucumana del Citrus.3p.

Aubert B.1992. Citrus greening disease, a serious limiting factor for citriculture in Asia and Africa. Proc. Int. Soc. Citriculture, 2, 817-820.

Auger P., 2015. Activité anti-cancéreuse d'une parasporine de *Bacillus thuringiensis* 4R2. Mémoire. Université du Québec. 95p.

Bachès B. et Bachès M (2011). Agrumes, nouvelle. Edition ULMER: 7127

Bagnouls, F., Gaussen, h., 1957. Saison sèche et indice xérothermique. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, 3 : 193-239

Balachowsky, 1996. Entomologie appliquée à l'agriculture tome il des lépidoptères. Ed. Maison et cie Pari.pp.330-333.

Balachowsky, A., 1950. Sur l'origine de la mouche des fruits. Acad. Agric. France: p 12.

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.

Barnabé S., 2004. Hydrolyse et oxydation partielle de boues d'épuration comme substrat pour produire *Bacillus thuringiensis* HD-1. Thèse de Doctorat en science de l'eau. Université du Québec : Institut national de la recherche scientifique. Centre terre et Environnement. Canada. 339p.

Ben-Dov et al. 1997 en-Dov E., Zaritsky A., Dahan E., Barak Z., Sinai R., Manasherob R., Khamraev A., Troitskaya E., Dubitsky A., Berezina N., and Margalith Y., 1997. Extended screening by PCR for seven cry-group genes from field-collected strains of *Bacillus thuringiensis*. Applied and Environmental Microbiology 63: 4883-4890.

Bénédictte et Bachès M., 2002. Agrumes. Ed. Ulmer, Paris, 96 p.

Bodenheimer, F.S., 1951. Citrus entomology in the Middle East with special references to Egypt, Iran Palestine, Syria, Turkey: 87-161.

Bonmatin JM, Moineau I, Charvet R, Fleche C, Colin ME, Bengsch ER. A LC/APCI-MS/MS 2003. method for analysis of imidacloprid in soils, in plants, and in pollens.

Boudi. M., 2005. Vulgarisation agricole et pratiques des agrumiculteurs de la Mitidja. Institut national agronomique, El Harrach, Alger, 133 p.

Brunet J. F., 2009. Rôle des facteurs physico-chimiques du micro-environnement intestinal et des boucles inter-hélicales du Domaine I dans l'activité de la toxine insecticide Cry9Ca du bacille de Thuringe. Thèse présentée à la Faculté des études supérieures et postdoctorales en vue de l'obtention du grade de Philosophiae Doctor (Ph.D.) en Physique. Université de Montréal. 177p.

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.

Causse R et Féron M 1967. Influence du rythme photopériodique sur l'activité sexuelle de la mouche méditerranéenne des fruits (*Ceratitis capitata*). Ann. Epiphyties N°18, pp 65-864.

Cayol, J.P., Causse, R., Louis, C. & Barthes, J. (1994). Medfly *Ceratitis capitata* as a rot vector in laboratory conditions. Journal of Applied Entomology, 117. pp. 338-343.

Chapot et Huet, 1963. Clémentines avec ou sans pépins. Fruits, 18 (5) : 25- 261

- Colombo, A. 2004.** La culture des agrumes. Vecchi S.A, Paris. 8548.133p.
- Courboulex M. 2010.** Les agrumes. Ed.Rustica éditions. pp 120
- Crickmore N., Baum J., Brav A., Lereclus D., Narva K., Sampson K., Schnepf E., Sun M., Zeigler D. R., 2014.** *Bacillus thuringiensis* toxin nomenclature. Available:
- D.S.A., 2016.** Donnée climatiques de la région de Lakhdaria
- D.S.A., 2019.** Données statistiques sur le potentiel végétal de la région de Lakhdaria
- Debouzie, D., 1977.** Etude de la compétition larvaire chez *Ceratitis capitata* (Diptera, Trypetidae). Arch.Zool. Exp. Gén.T.118, Fac c 3, p: 315-344.
- 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.
- Delerio G., Conti B. et Croutti A., 1984 :** Effets des facteurs abiotiques sur la *Ceratitis capitata* Wied. Dans le developpement des œufs sous température constante.
- Delrio G. (1985).** Tephritid pests in citriculture. CEC/Proc. Experts meeting. Acireal; Balkema. Rotterdam. Integrated pest control in citrus. Ed. Recher. CAVALORO and DIMARTINO. pp: 135-149.
- Dortu C., Thonart P., 2009.** Les bactériocines des bactéries lactiques: caractéristiques et intérêts pour la bioconservation des produits alimentaires. Biotechnologie Agronomie Société et Environnement. 13: 143-154.
- 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.
- Emberger L., 1955 -** Une classification biogéographique des climats. Trav. Lab. Bot. Zool. Fac. Sci. Serv. Bot. Montpellier, 7: 43 p
- Emberger L., 1957.** Une classification biogéographique des climats. Trav. Lab. Bot. Zool. Fac. Sci. Serv. Bot. Montpellier, 7: 43 p.
- Etienne J (1982).** Etude systématique, faunistique et écologique des Tephritides de La Réunion. Thèse, École Prat. Hautes Études, Paris - France. 100pp.

Fajinmi A.A., Fajinmi O.B. and Amusa N.A (2011). An Overview of Citrus Virus Disease and its Control in Nigeria. *Journal of Advances in Developmental Research* (2), p: 151-157.

Féron, M. (1957). Le comportement de ponte de *Ceratitidis capitata* (Wied.). Influence de la lumière. *Rev. Pathol. Végét. Entomol.Agric. Fr*, 36. pp. 127-144.

Filippi J.B., 2003 : Une architecture logicielle pour la multi-modélisation et la simulation a événements discrets de systèmes naturels complexes. Thèse doctorat.Uni. Corse PASQUALE PAOLI. 162 p.

Girard F., 2008. Importance de l'hélice $\alpha 4$ et des boucles inter-hélicales du domaine 1 dans le mécanisme de formation de pores par la toxine Cry1Aa du bacille de thuringe. Thèse du grade de philosophiae Doctor, Université de Montréal. Faculté des études supérieures et postdoctorales.

Gottwald T.R., Graham J.H., Schubert T.S (2002). Citrus canker: The pathogen and its impact. Online. *Plant Health Progress* (42), p : 152-160.

Guillaumin J. et Legrand P (2005). L'armillaire et le pourridié agaric des végétaux ligneux, ed . INRA, 487 p.

Hafez, 1972: Effet of erradiation on adult fecundity and longevity of the medeteranian fruit fly *Ceratitidis capitata* Wied., in Egypte. (Diptère : Trypetidae). *Z.Ang. Ent.*, Vol72, N°1, pp59-66.

Haineault S. (2011). Les Vertus Thérapeutiques des agrumes, 3éme édition Quebecor : 152 pp

Harley I. M., Richard S. B., Smith V.E, Deborah W., Craig R. E (2006) : Citrus (citrus) and Fortunella (kumquat). *Species Profiles for Pacific Island Agroforestry*, p: 2-22

Helassa N., 2008. Devenir de la protéine insecticide Cry1Aa issue de *Bacillus thuringiensis* (BT) dans le sol. Thèse dirigée par Siobhan STAUNTON et Hervé QUIQUAMPOIX. Centre international d'études supérieures en sciences agronomiques (Montpellier sup agro). Montpellier. Ecole Doctorale. 178p.

Hulle M.,Turpeau E., Leclant F. et Rahn M.J., 1998. Les pucerons des arbres fruitiers. Cycles biologiques et activté de vol. Ed. Asso. Coord. Tech. Agri.(A.C.T.A) et Institut Nationale de Recherche Agronomique (I.N.R.A), Paris, 77p

Ippolito A., Schena L., Nigro F., Soleti L., Yaseen T (2004) : Real-time detection of *Phytophthora nicotianae* and *P. citrophthora* in citrus roots and soil. *European Journal of Plant Pathology* (110), p: 833–843.

Isshiki A.K, Akimitsu M., Yamamoto M., Yamamoto H (2001) : Endopolygalacturonase Is Essential for Citrus Black Rot Caused by *Alternaria citri* but Not Brown Spot Caused by *Alternaria alternate*. (14), p: 749–757.

Jacquemond, C., Agostini, D., Cur, K., 2009. Des agrumes pour l'Algérie, Bureau d'ingénierie en horticulture et agro-industrie. 4p

Jamoussi, B. 1955 les maladies de dépérissement des Agrumes. LABORATOIRE DE GRYPTOGAMIE DU MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE. 12, rue de Buffon, Paris (Ve)

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: 5562.

Kebdani M. (2017). Identification des souches locales de *Bacillus thuringiensis* en vue d'une lutte biologique contre *Ceratitis capitata* et autres pathogènes de l'oranger. Thèse présentée en vue de l'obtention du Doctorat. Université Abou Baker Belkaid de Tlemcen. 130p

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 TiziOuzou. 90 p.

Kimball D.A (1999) : Description of citrus fruits. In: "citrus processing: A complete guide".Ed. An Aspen publication. (2), p: 7-35

Klotz L. J. et Fawcett H. S. 1952. Maladies des Citrus, traduit de l'anglais par A. Comelli et J. Lemaître (I.F.A.C.), 152 p., 40 pl. en coul. Société d'édit. Techn. Coloniales.

Knaak N., Rohr A. A., Fuiza L. M., 2007. In vitro effect of *Bacillus thuringiensis* strains and Cry proteins in phytopathogenic fungi of paddy rice field, Bazil. Journal of Microbiology. 38.

Lacoursière, J.O. et Boisvert, J., 2004. Le *Bacillus thuringiensis israelensis* et le contrôle des insectes piqueurs au Québec. Ministère de l'Environnement 107 pages..

Landa,B.B., Hervas , A.,Bethiol,W.,Jimenez-Diaz,R.M.1997. Antagonistic Activity of bacteria from the chickpea rhizosphere against *Fusarium oxysporum* f.sp.ciceris. Phytoparasitica, 25, pp. 305-318.

Lekchiri A., 1982. La cératite au Maroc. CEC/IOBC Symposium Athènes Ed. R. Cavallero, 571-574.

Lepoivre, P. (2003). Phytopathologie: bases moléculaires et biologiques des pathosystèmes et fondements des stratégies de lutte. Ed De Boeck Supérieur.311-312pp.

Lery, F., 1982. L'agriculture au Maghreb. Techniques agricoles et productions méditerranéennes. Ed. GP. Maison neuve et Larose : 338p.

Liquido, N., Cunningham, R.T., Nacagawa, S., 1990. Host plants of Mediterranean fruit-fly (Diptera, Tephritidae) on the island of Hawaii. J. Econ Entomol, 83 : 1863-1878.

Louriki, (2001). Protection intégrée en agrumiculture. Direction de la protection des végétaux, des Contrôles Techniques et de la Répression des Fraudes. Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Pêches Maritimes, Maroc. 12. pp. 12-24.

Loussert R., 1987. Les agrumes, arboricultures. Ed. Mkalles–Mar Roukoz. Liban. Technique scientifique universitaire, 113 p

Loussert, R., 1989. Les agrumes arboriculture. Ed. Technique agricoles méditerranéennes, Paris.113p.

Maddison. P. A. and Bartlett. B.Y. 1989. A contribution towards the zoogeograph of the Tephritidae. In. A.S. Robinson & G. G. Hooper (ed). Fruit flies, their biology, natural enemies and control. Elsevier, Amsterdam, vol.3, p.p. 27-35.

Manner, H.I., Easton ,R.S.,Smith ,V.&Elevitch, C.R. (2005). *Citrus species (Citrus)*, ver.1.1. In : C.R. Elevitch (ED). Species Profiles for Pacific Island Agroforestry. Permanent Agriculture Resources (PAR), Honolulu, Hawaii. pp. 31.

MEDJDOUB Y. 2014.- Bio-écologie de la cochenille noire *Parlatoria ziziphi* (Homoptera, Diaspididae) sur les agrumes dans la station d'El Fhoul à Tlemcen. Thèse de Master, Univ. Tlemcen, 87 p.

Michael, C. & Thomas, P. (1981). Pest alerts: pictures of Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis Capitata* (Wied.). fronn. Ent. Circ. N°. 223.

Milner, J.L., Stohl, E.A., Handelsman, J. 1996. Zwittermicin A resistance gene from *Bacillus Cereus*. J.Bacteriol., 187, pp.4266-4272.

Mioulane Patrick, 1996 Encyclopédie pratique illustrée du jardin, pp768

Nunez, B.L., 1987. La mosca del mediterreo. Ça : Informa (Enero-Febrero-maio) : 9-17

Nyongesa, B. W., Okoth, S., & Ayugi, V. (2015). Identification Key for Aspergillus Species Isolated from Maize and Soil of Nandi County, Kenya. *Advances in Microbiology*, 5(04), 205 Olsen et al., (2000)

Oukil, S., 1995. Effets des insecticides et des radiations ionisantes en relation avec la variabilité (Diptera : Trypetidae). These 3eme cycle : Univ. Aix. Marseille III, Fac. Sc. Tech-St Jerome. 138p.

Pandiani F, 2010. Mécanismes d'adaptation aux basses températures de croissance de la bactérie pathogène *B. cereus* : rôle des hélicases à ARN. Thèse pour obtenir le titre de Docteur de l'université d'avignon et des Pays de Vaucluse Discipline : Biotechnologie, Microbiologie. Pp 6-9.

Piguet P. (1960) - Les ennemis animaux des agrumes. Copyright by Soviete Sheil d'Algérie. P: 49-55.

Polese J. M (2008) : La culture des agrumes. Édition artémis. pp 94

Praloran, J.C., 1971. Les agrumes, techniques agricoles et productions tropicale. Ed. Maisonneuve et Larose. Paris. p. 665.

Prapagdee B., Kuekulvong C. and Mongkolsuk S. (2008). Antifungal potential of extracellular metabolite produced by *Streptomyces hygroscopicus* against phytopathogenic fungi. *Int. J. Biol. Sci.* 4, 330-337.

Purseglove .1968. Tropical Crops. Dicotyledons Volume 1 and 2. pp 719

Ramirez-Romero, R., Desneux, N., Decourtye, A., Chaffiol, A., Pham-Delégue, M.H. (2008) Does Cry1Ab protein affect learning performances of the honey bee *Apis mellifera* L. (Hymenoptera, Apidae)? *Ecotox. Environ. Safe.* 70 (2), 327–333

Rebbas K. (2014) : développement durable au sein des aires protégées algériennes, cas du Parc National de Gouraya et des sites d'intérêt biologique et écologique de la région de Bejaia. Thèse de doctorat en sciences biologiques université de Sétif, 114P

Rebour, H., 1966. Manuel de culture des Citrus pour le bassin Méditerranéen. Ed. Baillié et fils, Paris : 264p.

Ricci P., Pope C.F., Panabieres A., Marais F. et Augé G (1990). Caractères comparés des espèces de *Phytophthora* pathogènes des agrumes. *EPPO Bulletin.* (1),p : 19–28.

Rieger, M. (2002) : Mark's Fruit Corps. University of Georgia Horticulture.

- Ronald, F.L. & Jayma, L.M. (1992).** Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann). Department of Entomology Honolulu, Hawaii.
- Saidi, N., Kouki, S., M'Hiri, F., Hajlaoui, M. R., Mahrouk, M., Ouzari, H., ... & Hassen, A. (2009).** Characterization and selection of *Bacillus sp.* strains, effective biocontrol agents against *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*, the causal agent of Fusarium crown and root rot in tomato. *Annals of microbiology*, 59(2), 191-198.
- Sansinenea E., Ortiz A., 2011.** Secondary metabolite of soil *Bacillus spp.* *Biotechnol Lett.* 33: 1523-1538.
- Schallmey, M., Singh, A. et Ward, OP (2004).** Evolution de l'utilisation des espèces de *Bacillus* pour la production industrielle. *Can J Microbiol* 50, 1 - 17
- Schnepf E, Crickmore N, Van Rie J, Lereclus D, Baum JR, Feitelson J, 1998.** *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 62:705–806.
- Shoukry, A., Hafez, M., 1979.** Studies on the biology of the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata*. *Ent. Exp and Appl.* 26 : 33-39
- Somon, E. (1987).** Arbres, arbustes et arbrisseaux en Algérie. INRA. Ed. OPU. pp.67-68.
- Soufiane B., 2013.** Propriétés physiologiques et génétiques-communes entre *Bacillus weihenstephanensis* et des souches de *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus cereus* et *Bacillus mycoides*. Thèse. Université du Québec. 222p.
- Sproul A.N., 1983 :** Fruit fly control in backyard orchards. Faemonte N°120, West.Aust. Dep.Agric.,3p
- Stein, AC., M. Sortino, C. Avancini, S. Zacchino et G. von Poser (2005).** Ethnoveterinary medicine in the search of antimicrobial agents: Antifungal activity of *Pterocaulon* (Asteraceae). *J.Ethanopharmacol.*, 99: 211-214. Clarke et al., 2005
- Swingle W. T., 1948.** The botany of citrus and its wild relatives of the orange subfamily. In : The citrus Industry History Botany and Breeding, (Webber H.J., Batchelor L.D). University of California Press. Los Angeles. USA, p.p. 129-479.
- Taale. E., 2016.** Recherche de molécules bioactives d'origine microbienne: caractérisation biochimique et moléculaire des souches de bactéries isolées du Soumbala, du Bikalga et de certains yaourts consommés au Burkina Faso, productrices de bactériocines. Thèse Unique pour obtenir le grade de Docteur. Université Ouaga IPR Joseph Ki-Zerbo. 207p.

- Tschen, J. S. M., & Kuo, W. L. (1985).** Antibiotic inhibition and control of *Rhizoctonia solani* by *Bacillus subtilis*. Chih wu pao hu hsueh hui hui kan= Plant protection bulletin.
- Tucker, DPH., Wheaton, T.A & Muraro, R.P. (1994).** Citrus Tree Pruning Principales and Practices. Fact Sheet HS-144. Horticultural Sciences Department,
- Vassal, J. M. (2004).** *Bacillus thuringiensis*: mode d'action et résistance. Atelier projet Gerico du 06 au 10 décembre 2004.
- Vernière, C., Navaro, L. Bové, JM. (2003).** Statut actuel des pathogènes des agrumes dans le Bassin méditerranéen. CIRAD-FLHOR, TA 50/PS4, 34398 Montpellier cedex 5, France. A Volume 12: August 2005- January 2006
- Virbel-Alonso, C., 2011.** Citron et autres agrumes. Ed. Groupe Eyrolles. 15p
- Webber et Hebert, 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.V., 1981.** Mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata* Wiedmann (Diptera:Tephritidae), plant industry, Florida: 12 p.
- Whipps J. M., 2001.** Microbial interactions and biocontrol in the rhizosphere. Journal of Experimental Botany; 52:487- 511
- White I.M. et Elson Harris M.M., 1992.** Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics. CAB International Wallingford: 602 p.
- WHITE, I.M., DE MEYER, M. & STONEHOUSE, J. 2000.** A review of the native and introduced fruit flies (Diptera, Tephritidae) in the Indian Ocean islands of Mauritius, Réunion, Rodrigues and Seychelles. In: Price, N.S. & Seewooruthum, I., eds, Proceedings of the Indian Ocean commission, regional fruit fly symposium. Mauritius: Indian Ocean Commission, 15-21.
- Williams GE, Asher MJC (1996).** Selection of rhizobacteria for the control of *Pythium ultimum* and *Aphanomyces cochlioides* on sugar-beet seedlings. Crop prot. 15: 479-486.
- Yazza A., 2005.** Conception d'une stratégie de production opérationnelle de biopesticide à base de *Bacillus thuringiensis* utilisant les boues d'épuration comme substrat de fermentation. Thèse de Doctorat en science de l'eau. Université du Québec. Institut national de la recherche scientifique Eau, Terre et Environnement.

Young, J. M., Chicott, C. N., Broadwell, A., Wicley, P. J. and Lecadet M. M. (1998). Identification of serovars of *Bacillus thuringiensis* Berliner 1915 in New Zeland. New Zeland J. Crop. Horicult. Sci. 26: 63-68.

ANNEXES

Annexe 01

MEA(Gélose à l'extrait de malt)

Extrait de malt.....30g

Agar -agar.....15g

Eau distillée.....1000ml

Milieu GN (Gélose nutritif)

Extrait de levure.....2 g

Extrait de viande.....1g

Peptone.....5g

Chlorure de sodium.....5 g

Agar.....15g

Milieu BN (Bouillon nutritif)

Extrait de levure.....2 g

Extrait de viande.....1g

Peptone.....5g

Chlorure de sodium.....5 g

Résumé

Les agrumes sont parmi les plus anciens arbres fruitiers cultivés dans le monde, cette culture peut être endommagée par de nombreuses maladies et parasites.

Les objectifs principaux du présent travail étaient ; la réalisation une étude entomologique qui concerne les attaques de la cératite sur l'oranger *citrus sinensis*, l'isolement et identification de la mycoflore fongique qui s'attaque aux orangers, et enfin, de tester l'activité antifongique de *Bacillus thuringiensis* et *Bacillus cereus* par confrontation directe avec les champignons isolés.

Après avoir identifier les moisissures suivantes : *Alternariasp*, *Aspergillus niger*, *Fusariumoxysporum*, *Penicillium sp*, *Penicillium citrinum*, *Trichodermaviride*, *Verticillium sp*, l'étude du pouvoir antagoniste de *Bacillus sp*. in vitro s'est basé sur sa capacité à inhiber la croissance mycélienne des moisissures phytopathogènes identifiés qui sont les plus dominants a savoir : *Alternaria sp*, *Aspergillus niger* et *Penicillium citrinum*, dont les trois souches bactériennes utilisées ont montrés des très hauts pouvoirs d'inhibition, notamment la souche B10 (*Bacillus cereus*), avec laquelle nous avons enregistré les taux d'inhibitions suivants: 71,42% (contre *Alternaria sp* après 5 jours d'incubation), 80,30 % (contre *Penicillium citrinum* après 6 jours d'incubation) et 81,57% (contre *Aspergillus niger* après 7 jours d'incubation).

Mots clés : La cératite, *citrus sinensis*, *Bacillus spp*. *Bacillus cereus*, *Alternariasp*, *Aspergillus niger*, *Fusarium oxysporum*, *Penicillium sp*, *Penicillium citrinum*, *Trichodermaviride*, *Verticillium sp* Lutte biologique.

ملخص

تعد ثمار الحمضيات من أقدم أشجار الفاكهة التي تزرع في العالم، ويمكن أن يتلف هذا المحصول بسبب العديد من الأمراض والآفات.

الأهداف الرئيسية لهذا العمل كانت؛ تحقيق دراسة هجوم حشرة الحمضيات ceratite على البرتقال *Citrus sinensis*، وعزل وتحديد الفطريات التي تهاجم أشجار البرتقال، وأخيراً، لاختبار النشاط المضاد للفطريات لعصيات *Bacillus thuringiensis* و *Bacillus cereus* في مواجهة مباشرة مع الفطريات المعزولة.

بعد تحديد الفطريات التالية: *Aspergillus niger*، *Fusariumoxysporum*، *Penicillium sp*، *Penicillium*، *citrinum*، *Trichodermaviride*، *Verticillium sp*، كانت دراسة القدرة المضادة للبكتيريا *Bacillus sp*. in vitro على أساس قدرتها على تثبيط نمو النسل الفطريات النباتية المحددة السبب الأكثر شيوعاً، وهي: *Alternaria sp*، و *Aspergillus niger* و *Penicillium citrinum*، الذين أظهرت سلالاتهم البكتيرية الثلاث المستخدمة قوى تثبيط عالية جداً، وخاصة سلالة B10 (*Bacillus cereus*)، والتي سجلنا بها مستويات التثبيط التالية: 71.42 % (ضد *Alternaria sp* بعد 5 أيام من الحضانة)، 80.30 % (ضد *Penicillium citrinum* بعد 6 أيام من الحضانة) و 81 و 57 % (ضد *Aspergillus niger* بعد 7 أيام من الحضانة).

الكلمات المفتاحية: *La cératite*, *citrus sinensis*, *Bacillus spp*. *Bacillus cereus*, *Alternariasp*, *Aspergillus niger*, *Fusarium oxysporum*, *Penicillium sp*, *Penicillium citrinum*, *Trichodermaviride*, *Verticillium sp* Lutte biologique.