

République Algérienne démocratique et populaire

Université Abdelhamid Ibn
Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة والحياة

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

YSSAAD Halima

MEDAOUAR Zahra

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN AGRONOMIE

Spécialité PROTECTION DES CULTURES

THÈME

Caractérisation morphologique de *colletotrichum gleosporioides* et *colletotrichum* sp. , responsables de l'antracnose des agrumes à Mostaganem et spécialisation parasitaire du pathogène.

Soutenue publiquement le **04/07/2018**

DEVANT LE JURY

Présidente	DR BOUALEM. M	MCA U. Mostaganem.
Encadreur	DR MAHIOUT. DJ	MCB U. Mostaganem
Examineur	DR DEBBA. M	MAA U. Mostaganem.

Thème réalisé au Laboratoire de protection des cultures

Année universitaire 2017 / 2018

Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

En seconde lieu, nous tenons à remercier notre encadreur Dr :Mahiout D, son précieux conseil et son aide durant toute la période du travail.

Nos vifs remerciement vont aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Nous tenons également à remercier Dr :BENABDELMOUMENE.D pour son aide pendant notre période du travail.

Nos remercions ;AliSliman Sarah, Babadjikhadidja et Boutamra NADIA qui ont participé à notre aide

Enfin , nous également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Avant tout, je dois rendre grâce à dieu de m'avoir donné le courage de terminer ce travail

Je dédie ce modeste travail:

A celle qui a été toujours la source d'inspiration et de courage ma mère

A celui qui a inséré le gout de la vie et le sens de la responsabilité mon père

A mes chères soeurs "Fatima et Malak"

A mes frères "Abdel Kader et Habibo"

A ma grande mère et mon grand père

A tout la famille « YSSAAD »

A mes amies proches "Nadia, Sara, Kheira, Gherissia, Houda, Djamila"

Particulièrement Ma copine « Zahra »

A tous personnes que n'aurions nommées ici et tous que connue moi.

HALLLOUMA

Résumé

Cette étude a pour but la caractérisation morphologique et pathogénique de *Colletotrichum gloeosporioides* et *Colletotrichum* sp. responsable (s) de l'antracnose des agrumes dans la région zone de Bouguirat, région de Mostaganem et d'identifier l'espèce ou éventuellement les espèces de *Colletotrichum* causant cette maladie.

Notre étude est menée sur huit isolats de *Colletotrichum*; cinq appartiennent à *C. gloeosporioides* dénommés Ti1, Ti2, Fi2, Fi3 et Fi5 et obtenus, durant l'année 2015, à partir de tiges et des feuilles de l'espèce Thomson Navel, les autres sont isolés en mars 2018 à partir des feuilles de clémentine et sont dénommés CF13, CF12 et CF2. Tous les échantillons sont prélevés d'un même champ, situé au niveau de la zone de Bouguirat, dans la région de Mostaganem.

La caractérisation morphologique a porté sur la mesure de la taille des conidies et la notation des caractères microscopiques du champignon. Nous avons aussi étudié l'effet de trois niveaux de température (22, 25 et 28°C) sur la croissance mycélienne et la sporulation du parasite.

La longueur des conidies varie de 13.65 à 16.32 µm et la largeur de 4.83 à 7.40 µm. La croissance mycélienne est favorisée par les températures de 25 et 28 °C. La dernière température favorise aussi une importante sporulation.

Nous n'avons pas pu identifier les espèces grâce à leurs caractères morphologiques, ceci est en accord avec les travaux de nombreux chercheurs qui préconisent dans ce cas l'utilisation de marqueurs moléculaires.

Sur le plan pathogénique, nous avons étudié la réaction de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (var. kawa) et le piment (*Capsicum frutescens*) (Var. Biskra) à l'inoculation par le champignon.

Au huitième jour après l'inoculation, la P.D.I sur feuilles de piment atteint 100% pour les isolats CF13, CF12, CF2, Ti1 et Ti2. La PDI est moins importante dans le cas de Fi2, Fi3 et Fi5, respectivement 90, 40 et 93%. Dans le cas de la tomate, la plus forte P.D.I est induite par l'isolat Ti2 atteignant la valeur de 90% et la plus faible par Fi3 (30%).

Mots clés : agrumes, *Colletotrichum* sp. , caractérisation morphologique, pouvoir pathogène.

Abstract

This study aims at morphological and pathogenic characterization of *Colletotrichum gloeosporioides* and *colletotrichum* sp. responsible for citrus anthracnose in the area of Bouguirat, Mostaganem region and to identify the species or species of *Colletotrichum* causing this disease.

Our study is conducted on eight isolates of *Colletotrichum*; five belong to *C. gloeosporioides* named Ti1, Ti2, Fi2, Fi3 and Fi5 and are obtained, during the year 2015, from stems and leaves of the species Thomson Navel, the others are isolated in March 2018 from clementine leaves and are named CF13, CF12 and CF2. All samples are taken from the same field, located in the Bouguirat area, in the Mostaganem region.

Morphological characterization focused on measuring conidial size and notation of fungal microscopic characters. We also studied the effect of three temperature levels (22, 25 and 28 °C) on mycelial growth and parasite sporulation.

The length of the conidia varies from 13.65 to 16.32 µm and the width from 4.83 to 7.40 µm. Mycelial growth is promoted by temperatures of 25 and 28 °C. The last temperature also favours an important sporulation.

We were not able to identify the species by to their morphological characteristics, this is in agreement with the work of many researchers who recommend the use of molecular markers in this case.

On the pathogenic level, we studied the reaction of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) (var. kawa) and pepper (*Capsicum frutescens*) (Var. Biskra) to inoculation by the fungus.

On the eighth day after inoculation, the P.D.I on pepper leaves reaches 100% for isolates CF13, CF12, CF2, TI1 and TI2. The PDI is lower for Fi2, Fi3 and Fi5, respectively 90, 40 and 93%. In the case of tomatoes, the highest P.D.I is induced by the Ti2 isolate reaching the value of 90% and the lowest by Fi3 (30%).

Keywords: citrus fruits, *Colletotrichum* sp. morphological characterization, pathogenicity.

Remerciement	
Résumé	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction	

Revue bibliographique

Chapitre I : les agrumes

I.1.Historique et origine	1
I.2. Classification et caractère botanique.....	2
I.2.1. Classification.....	2
I.2.2. Caractères botaniques.....	3
I.2.2.1.Système racinaire.....	3
I.2.2.2.Système aérien.....	3
I.2.2.2.1.Les feuilles.....	3
I.2.2.2.2. Fleurs.....	3
I.2.2.2.3. Les fruits.....	4
I.2.2.2.4. Les rameaux.....	4
I.3. Cycle de vie des agrumes	4
I.4.Exigence agro-écologiques des agrumes.....	5
I.5.Quelques variétés d'agrumes cultivées en Algérie.....	6
I.5.1. Orangers (nom scientifique).....	6
I.5.2. Mandarinier (nom scientifique).....	6
I.5.3. Citronnier (<i>Citrus Limon L</i>).....	6
I.5.4. Pomélo (<i>Citrus paradisi</i>).....	6
I.5.5. Bigaradier (<i>Citrus aurantium</i>).....	6
I.5.6. Variété cultivé Cédratier (<i>Citrus medica L.</i>).....	6
I.5.6.Kimquat (<i>Fortunellasp.</i>).....	6
I.5.7. lime.....	7
I-6- La production d' agrumes dans le monde.....	7
II.2.3. dans le bassin méditerranéen	8
I.2.2. En Algérie	9
I.3.3. la production à Mostaganem.....	9
I.4. Les maladies des agrumes.....	10
I.4.1. Maladie fongique.....	10
I.4.2.Les ravageurs.....	11

chapitre II : Anthracnose des agrumes

II.1. Présentation de l'anthracnose des agrumes.....	12
1.1. Définition et nomenclature.....	12
1.2. Symptômes de l'anthracnose.....	12
2. Agents responsables de l'anthracnose des agrumes.....	12
2.1. Définition.....	12
2.2 Historique	13
2.3 Distribution et extension géographique dans le monde.....	13
2.4.Principales caractéristiques de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> et <i>C.acutatum</i> ...	15
2.4.1. <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	15
2.4.2. <i>Colletotrichum acutatum</i>	16
2.5. Description taxonomique.....	17
2.6.Symptômes.....	18
2.6.1.Symptômes de <i>colletotrichum gloeosporioides</i>	18
2.6.2.Symptômes de <i>colletotrichum acutatum</i>	18
2.7. Cycle de maladie et épidémiologie	19
3. Lutte contre l'anthracnose.....	20

Partie expérimentales

Chapitre I : matériels et méthodes

I. Matériel.....	21
I.1. Matériel fongique.....	21
I.2. Matériel végétal.....	21
II. Méthodes.....	22
II.1. Echantillonnage.....	22
II.2. Notation des symptômes sur terrain.....	22
II.2.1. Notation de la maladie.....	22
II.2.1.1. Sur l'arbre.....	22
a) Sévérité de l'anthracnose sur l'arbre.....	22
b) Indice de la maladie en pourcentage.....	23
c) I.2.1.2.. Sur feuilles.....	24
d) a) Sévérité de la maladie sur feuilles.....	24

II.3. Isolement de l'agent pathogène.....	24
II.4. Culture monospore.....	25
II.5. Identification des isolats.....	25
II.6. Effet de la température sur les isolats de <i>Colletotrichum</i>	26
II.6.1. Mesure de la croissance mycélienne.....	26
II.6.2. Mesure de la sporulation.....	26
II.7. Mesure de la taille des conidies.....	27
II.8. Pouvoir pathogène des isolats en laboratoire.....	27
II.8.1. Inoculation des feuilles détachées.....	27
8.1. Préparation de l'inoculum de <i>Colletotrichum</i>	27
8.2. Obtention des folioles et des fruits.....	27
II.8.3. Inoculation des feuilles/folioles.....	28
II.8.4. Inoculation des fruits.....	28
II.8.5. Notation de la maladie.....	28
II.8.5.1. Notation sur les feuilles détachées.....	28
II.8.5.2. Notation sur les fruits.....	29
II.8.6. Calcul de l'AUPDC.....	29

Chapitre II : résultats et discussion

I. Résultat.....	30
I.1. Symptômes.....	30
I.2. Notation de la maladie.....	31
I.2.1. Sur arbre.....	31
I.2.1.1. Indice de la maladie en pourcentage.....	31
I.2.2. Sur feuilles.....	31
I.2.2.1. Sévérité de la maladie sur feuilles.....	31
a. Variété Thomson Navel.....	31
b. Variété Clémentine.....	31
I.3. Caractéristiques morphologiques et culturelles des isolats de <i>Colletotrichum</i> sp.....	32
I.3.1. Aspect macroscopique.....	32
I.3.2. Aspect microscopique.....	33
I.4. Taille des conidies.....	33
I.5. Effet de la température sur la croissance et la sporulation de <i>Colletotrichum</i>	34
I.5.1. Croissance mycélienne.....	34
I.5.2. Mesure de la sporulation.....	35

I.6. Test de pathogénicité.....	36
I.6.1. Degré d'attaque	36
I.6.1.1. Sur feuille de piment (var. Biskra).....	36
I.6.1.2. Sur les feuilles des tomates.....	38
I.6.1.3. Sur les fruits de piment.....	40
I.6.1.4. Sur les fruits des tomates	41
I.6.2. Calcul de l'AUDPC.....	43
II. Discussion.....	44
Conclusion	
Références bibliographique	
Annexes	

Liste des tableaux

Tableau 1. La position systématique des agrumes	03
Tableau 2. Principaux pays et zones producteurs d'agrumes en 2012.....	07
Tableau 3. Les principales maladies fongiques d'agrumes	11
Tableau 4. les principaux ravageurs d'agrumes insectes et autres.....	11
Tableau 5. Espèces de <i>Colletotrichum</i> de différents pays du monde déclarées comme agents causaux de l'anthracnose sur les agrumes.....	14
Tableau 06. Isolats de <i>Colletotrichum</i> sp.	21
Tableau 07. Notation de la sévérité sur feuilles.....	24
Tableau 08. Echelle de la sévérité de la maladie sur feuilles.....	28
Tableau 09. L'ongueur et largeur des conidies de <i>colletotruchum</i> sp.....	34

Liste des figures

Figure 01 : Classification des agrumes et origine génétique des <i>Citrus</i> cultivé.....	02
Figure02 : cycle phénologique des agrumes	04
Figure 03 : répartition géographique de la production mondiale d'agrumes.....	07
Figure 04 : Pourcentages de la production mondiale des principaux groupes d'agrumes commercialisés pour l'année 2012.....	08
Figure 05 : les principaux pays producteurs du bassin méditerranéen dans la production méditerranéenne des agrumes (22.6 millions de tonnes) en 2012	08
Figure 06 : la production des agrumes en Algérie	09
Figure 07 : Production (%) par variété d'agrumes à Mostaganem	10
Figure 08 :production (%) d'agrumes dans divers Dairate de Mostaganem.....	10
Figure 09 : <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> . A ,Colonie sur PDA; b , Conidies; c , Appressorium, masse noire, émergeant d'une conidie . - Barres d'échelle = 10 µm.....	16
Figure 10 : Aspect culturel de <i>C. acutatum</i> , sur PDA: (a) sommet de la culture; (b) le fond de la culture(c) appressoria (d) aservule (e) conidies,	17
Figure11 :Symptômes de <i>colletotricum gloeosporioides</i> sur les agrumes	18
Figure 11 : Symptômes causés par <i>Colletotrichum acutatum</i> sur les agrumes.....	19
Figure12 : Symptômes causés par <i>Colletotrichum acutatum</i> sur les agrumes: A lésionssurfeilles et fruits avant la récolte; B, fleurs d'orange douce infectées; C, calices persistantaprès la chute des fruits.....	19
Figure 13 : Cycle de vie de <i>C. acutatum</i> sur les agrumes.....	20
Figure 14 :photo satellitaire de parcelle d'échantillonnage àBouguirat.....	22
Figure 15 :Echelle de notation de la sévérité sur l'arbre [var. clémentine] : A, indice 2 ; B, indice 3 ; C (indice 4) et D (indice 5)	23
Figure 16 : Symptômes d'antracnose sur feuille de clémentine.....	30
Figure 17 : Symptômes d'antracnose sur feuille de Thomson.....	30
Figure18 : Sévérité de maladie, selon l'orientation des feuilles au niveau de l'arbre, pour la variété Thomson Navel.....	31
Figure 19 : Sévérité de l'antracnose, selon l'orientation des feuilles au niveau de l'arbre, pour la variété clémentine.	32
Figure 20 : Aspect macroscopique de <i>Colletotrichum</i> sp. Morphotype 1 : A, face inférieure de la colonie; C, face supérieure ; Morphotype 2 : B, face inférieure de la colonie ; D : face supérieure.....	32

Figure 21 : caractérisation microscopiques de <i>colletotrichum</i> sp. A, les conidies ; B,C,D,E : appressoria; F : mycélium ; (g) Conidiophore portant des conidies au sommet (x 40).....	33
Figure22 : croissance mycélienne des isolats de <i>colletotrichum</i> sp. à 22°C.....	34
Figure 23 : croissance mycélienne des isolats de <i>colletrichum</i> sp. à 25°C.....	35
Figure 24 : croissance mycélienne sur les isolats de <i>colletotrichum</i> sp. à 28°C.....	35
Figure 25 : sporulation de <i>Colletotrichum</i> sp. à différents niveaux de température (22°C 25°C et 28°C).....	36
Figure 26 : Symptômes d'antracnose et degré d'attaque sur feuilles de piment inoculée chacune par un isolat de <i>colletotrichum</i> sp. Après 8 d'incubation.....	37
Figure 27 : Evolution des symptômes de <i>colletotrichum</i> sp. Sur les feuilles de piment après 8 jours d'incubation.....	37
Figure 28 : les symptômes de <i>colletotrichum</i> sp sur les feuilles de tomate après 9 jours d'incubation.....	38
Figure 29 : Evolution de l'indice de la maladie causé par <i>colletotrichum</i> sp . Sur les feuilles de la tomate pendent 9 jours d'incubation.....	39
Figure30 : les symptômes de <i>colletotrichum</i> sp.,sur les feuilles de tomate après 9 jours d'incubation.....	40
Figure 31 :Evolution de l'indice de la maladie causé par <i>colletotrichum</i> sp . Sur les fruits piments pendent 21 jours d'incubation.....	41
Figure 32 : les symptômes causés par <i>colletotrichum</i> sp. Sur les fruits de Tomate après 10 jours D'incubation.....	42
Figure 33 : Evolution des diamètres des lésions sur les fruits de Tomate après 10 jours d'incubation.....	42
Figure 34 : L'intensité de la maladie sur les feuilles de piment et de tomate.....	43

Liste des abréviations

AUDPC: Area under the disease indice

d : diamètre de l'explant

D : diamètre de la colonie

DL : diamètre des lésions

DSA : direction des services agricole

FAO : Food agriculture organisation

Ha: hectare

IM : Indice de la maladie

ITAFV : Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne

L : croissance mycélienne

Mt : millions de tonnes

P.C.A : Milieu de culture a base de carotte

P.D.A: Potato Dextrose Agar

P.D.I : Percent Disease Index

Sp : espèce

Sp/ml : Spore par 1 millilitre

TA : Témoin avec blessure

TS : Témoin sans blessure

µl : micro litre

Introduction

Le nom Agrume est donné aux arbres appartenant à la famille des Rutacées et au genre botanique *Citrus*. Cette appellation d'origine italienne, désigne les fruits comestibles et par extension les arbres qui les portent. A cette catégorie d'arbre appartiennent les orangers, les mandariniers, les citronniers, les cédratiers et les pamplemoussiers (**Loussert, 1989**). En Afrique tropicale humide et au Cameroun en particulier, les agrumes sont produits généralement dans des systèmes où ils jouent un rôle important à plus d'un titre. Ils constituent des sources de revenus pour les ménages et des apports nutritionnels de qualité notamment pour leurs richesses en éléments minéraux, en vitamines et en fibres (**Economos et Clay, 1998**). De par leur nature pérenne, ils sont aussi un des éléments de restauration des équilibres écologiques après la déforestation (**Westphalet al., 1985**).

Boudi (2005) signale que les agrumes sont les fruits les plus produits dans le monde. Ce même auteur souligne que l'Algérie qui était 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. Cependant, l'Algérie peut à juste titre prétendre occuper sur les places européennes une position de choix pour l'ensemble de sa production agrumicole par sa situation géographique, son climat et la qualité de sa production.

L'agriculture 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 2002, l'agrumiculture en Algérie occupe une superficie de 52 710 ha et présente une production de 5 194 590 qx, donc un rendement de 122,9 qx/ha (**Mouhammedi-Boubekka, 2007**).

Les agrumes sont sensibles à divers types de maladies telle l'antracnose qui est couramment appliquée à toute lésion sur les fruits qui contient des aservules de *colletotricum gloesporioides*. *Colletotrichum sp.* a été décrit à l'origine sous le nom de *Vermicularia* par Tode (1790), mais plus tard il a été révisé comme *Colletotrichum sp.* par Corda (1837).

Colletotrichum sp. est un genre asexué, classé parmi les champignons imparfaits. Il appartient aux *Coelomycètes*, produisant ses conidies dans les acervules (Dean R. et al., 2012). Il n'apparaît habituellement que sur les fruits endommagés (Timmer et al 1988), il provoque des lésions nécrotiques enfoncées sur les feuilles, les tiges et fruits ainsi qu'une chute prématurée de ces derniers et la réduction de commercialisation (Dodd et al 1992)

Les espèces de *Colletotrichum* ont été signalées dans de nombreux pays tel que l'Inde (Ajay K. 2014), Ghana (Kidist, 2015).

Notre travail se divise en deux parties : partie bibliographique qui comporte deux chapitres : généralité sur les agrumes comme premier chapitre et le deuxième chapitre sur la maladie d'antracnose et l'agent causal. La partie expérimental sur les caractérisations morphologique de *colletotrichum gleosporioides* et *colletotrichum* sp., agent responsables de l'antracnose des agrumes à Mostaganem et spécialisation parasitaire du champignon.

Chapitre I : les agrumes

I.1. Historique et origine

D'après Parloran (1971) le problème posé par la détermination exacte du centre d'origine géographique des agrumes se complique, à cause de l'existence de certaines variétés issues d'une hybridation naturelle interspécifique dans ce groupe de plante, quoi qu'il en soit de cette incertitude relative, quant aux limites exactes du centre d'origine des agrumes il se situe principalement, dans le Sud-Est Asiatique. Selon Parloran (1971) Tanaka admet que le centre principal couvrirait, à la bordure Sud-Est de l'Himalaya, l'Assam et le Nord de la Birmanie. En fin deux centres secondaires servaient formés par la région côtière de la Chine méridionale et le Sud du Japon. Selon Parloran (1971) Les auteurs s'accordent pour admettre que la culture des agrumes a pris naissance en Chine et en Inde, pendant le premier millénaire avant J-C.

La première étude qui a porté sur la phylogénie et l'origine des espèces est celle de (Barrett et Rhodes, 1976). Cette étude basée sur des marqueurs biochimiques et morphologiques suggère que la plupart des agrumes cultivés appartenant au genre *Citrus* serait issu de trois espèces vraies : *Citrus medica* L. (Cédratier), *Citrus reticulata* Blanco (mandarinier), *Citrus maxima* L. Osbeck (pamplemoussier). Par la suite d'autres études ont été conduites à l'aide de différents outils: la diversité des caractères morphologiques (Ollitrault *et al.*, 2003), l'analyse des métabolites primaires (Luro *et al.*, 2011) et secondaires (Fanciullino *et al.*, 2006), l'utilisation des marqueurs moléculaires (Luro *et al.*, 2011; Ollitrault *et al.*, 2012 ; Curket *et al.*, 2014). Ces études convergent toutes vers l'existence de quatre taxons à l'origine des agrumes cultivées, qui sont aussi appelés espèces ancestrales. Aux trois premières citées s'ajoute en effet un papéda nommé *C. micrantha* Wester qui serait à l'origine du limettier (Nicolosi *et al.*, 2000). C'est autour de ces quatre espèces de base que s'établit la structuration de la diversité des *Citrus* cultivés (Ollitrault *et al.*, 1999) (Figure 1).

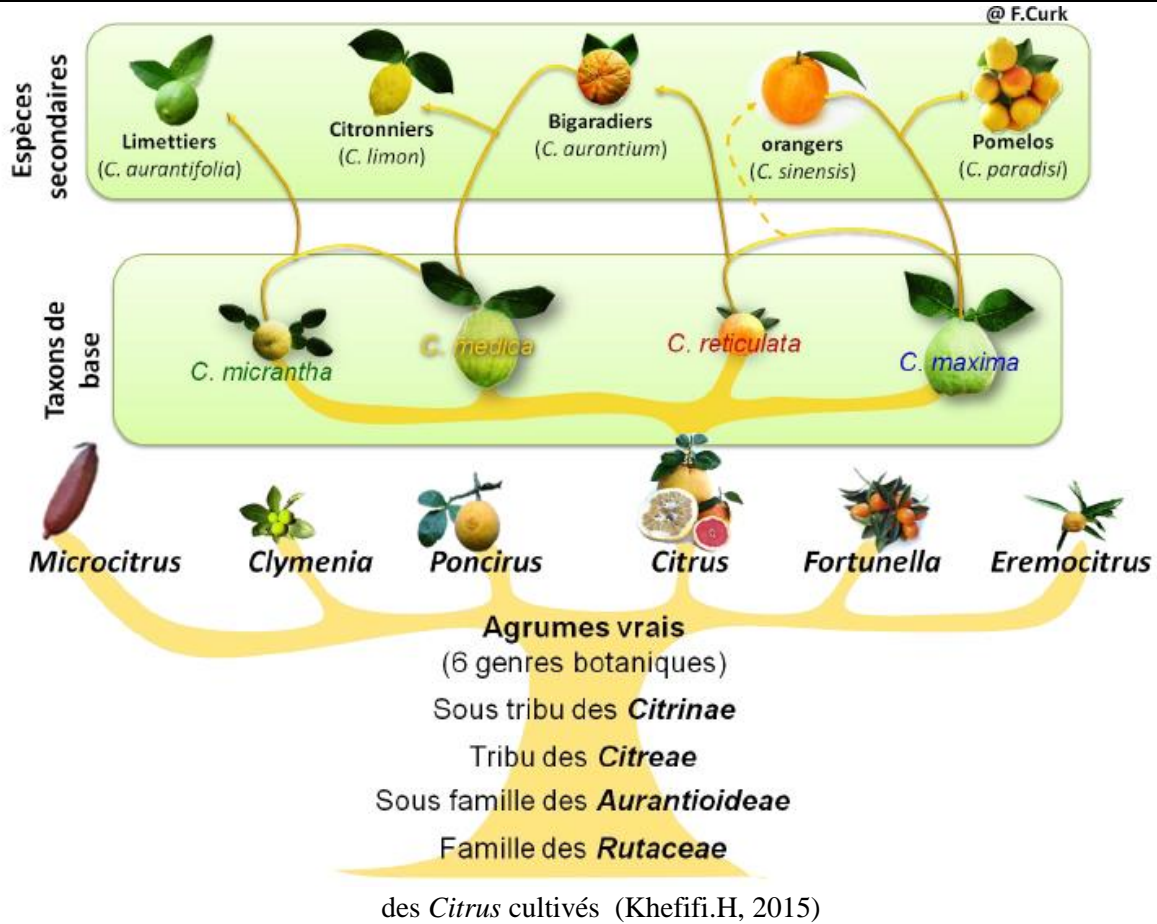


Figure 1. Classification des agrumes et origine génétique

I.2. Classification et caractère botanique

I.2.1. Classification

D'après Jacquemondet *al.* (2009) beaucoup de travaux ont été réalisés au cours du XXème siècle afin de classer les différentes variétés et espèces, il est admis que les agrumes se répartissent en trois genres botaniques, compatibles entre eux : *Poncirus*, *Fortunella* et *Citrus*. Ces trois genres appartiennent à la tribu des *Citreae*. Les *Poncirus* ne produisent pas de fruits consommables, mais sont utilisés comme porte-greffe car ils confèrent certaines résistances intéressantes. Les *Fortunella* produisent des petits fruits qui se dégustent avec la peau.

La position taxonomique (Swingle, année in Praloran, 1971) des agrumes est la suivante :

Règne : Végétale Embranchement : Angiospermes

Classe : *Eudicotes*

Sous classe : *Archichlomydeae*

Ordre : *Germinale (Rutales)*

Famille : *Rutaceae*

Sous-famille : *Aurantioideae*

Tribus : *Citreae*

Sous-tribu : *Citrinae*

Tableau 1. La position systématique des agrumes (Guignard, 2001)

Famille	Genre	Espèce	Nom commun	Variété
<i>Rutaceae</i>	<i>Citrus</i>	<i>Citrus sinensis</i> (Osbeck, 1765)	Orange	Double Fine Thomson Navel Sanguine
		<i>Citrus reticulata</i> (Blanco, 1837)	Mandarine	Clémentine Carnaval
		<i>Citrus limon</i> (Burm, 1768)	Citronnier	Eureka
		<i>Citrus maxima</i> (Merr, 1917)	Pamplemousse	

I.2.2. Caractères botaniques

Ce sont des petits arbres et arbrisseaux, épineux de 5 à 10m de haut, dicotylédones, dialypétale, hypogynes et composés de deux parties:

I.2.2.1. Système racinaire

Chez les agrumes, le système racinaire occupe plus de 70% de la taille de l'arbre, les racines ont un pivot qui peut dépasser 2m au dessous de la surface, ces racines fibreuses se prolonger généralement bien au-delà de la canopée (Walter et Sam, 2002)

I.2.2.2. Système aérien

I.2.2.2.1. feuilles

Les feuilles sont simples, de 4 à 8 cm de longueur, unifoliées, denses, avec des pétioles ailés et articulés (MACKEE, 1985). Les *Poncirus* ont une feuille trifoliée et caduque. Les *Citrus* et *Fortunella* ont une feuille entière et persistante (Benedicte et Baches, 2011).

I.2.2.2.2. Fleurs

Les fleurs sont généralement de couleur blanche, de 4 à 5 pétales imbriqués, souvent recourbés vers l'arrière, souvent très odorantes (Benedict et Baches, 2011). Les fleurs ont entre 2 à 4 cm de diamètre, axillaires, parfumées, simples souvent parfaites (ayant les étamines et les pistils fonctionnels) et parfois staminées (comportant des étamines tout en étant dépourvues de pistils) (Somon, 1987).

I.2.2.2.3. fruits

De forme et de coloration variable en fonction des différents groupes auxquelles ils appartiennent.

I.2.2.2.4. rameaux

Les rameaux, parfois épineux, connaissent plusieurs vagues de croissance, la plus importante étant celle du printemps (Virbei-Alonso, 2011).

I.3. Cycle de vie des agrumes

Les agrumes sont des arbres fruitiers à feuilles persistantes, le cycle de vie de ces arbres débute par une phase de dormance suivi par une phase de débourrement ou il y a le gonflement des bourgeons et le développement des feuilles suivis par une phase de floraison (début, pleine et fin). L'image n°2 récapitule les différents stades phénologiques selon l'échelle BBCH.

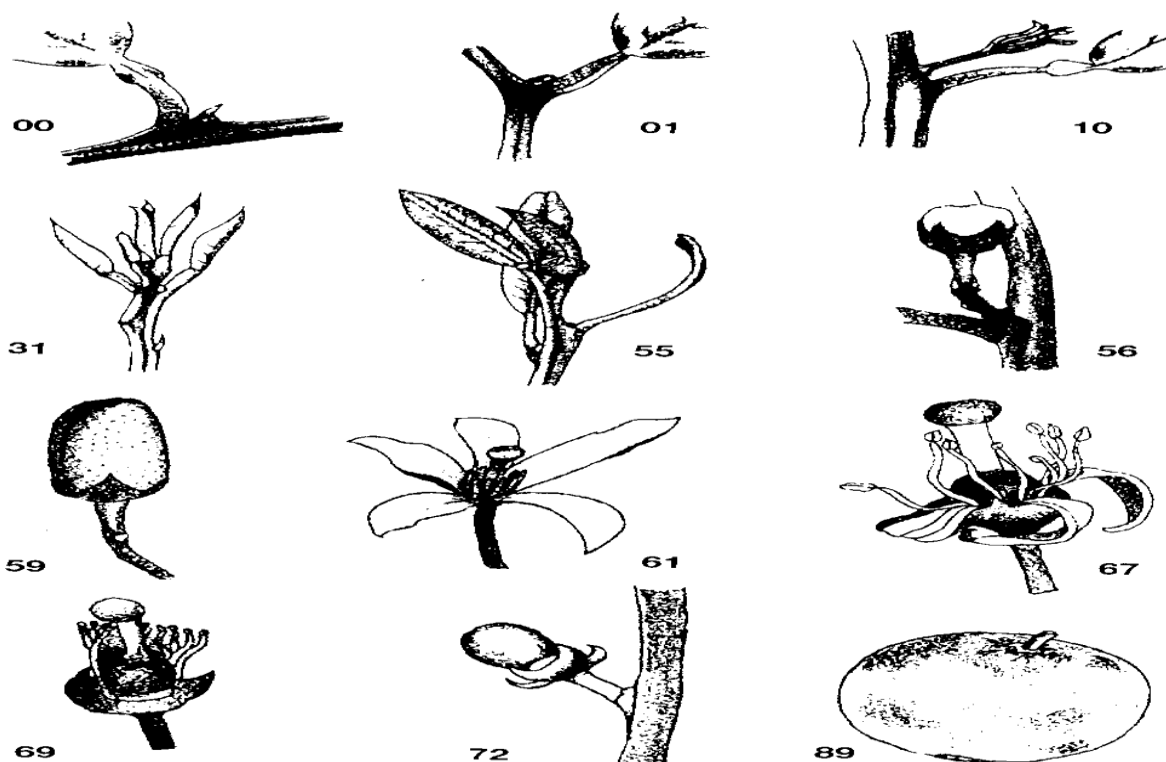


Figure 2 : cycle phénologique des agrumes (Agusti et al. 1995)

Légende :

00 : Début de dormance : stade de dormance.

01 : début du gonflement des bourgeons : stade développement des bourgeons.

10 : Séparation des premières feuilles : stade de développement des feuilles.

31 : début de la croissance des pousses: stade développement des pousses.

55 : les fleurs sont visibles mais encore fermées : stade d'apparition de l'inflorescence.

56 : les pétales s'allongent les sépales entourent la moitié de la corolle (stade bouton blanc) : stade de développement de l'inflorescence.

59 : La plupart des fleurs avec des pétales formant une boule creuse : stade d'apparition de l'inflorescence.

61 : début floraison (environ 10% des fleurs sont ouvertes) : stade de floraison.

67 : les fleurs sont flétries (la majorité des pétales sont tombés) : stade de floraison.

69 : Fin floraison (tous les pétales sont tombés) : stade de floraison. **72 :** le fruit vert est entouré par les sépales en forme d'une couronne : stade de développement du fruit.

89 : Le fruit a atteint la maturité demandée pour la consommation avec son goût et sa consistance caractéristique : maturation du fruit et de la graine.

I.4. Exigences agro-écologiques des agrumes

I.4.1. La température

Les agrumes sont considérés comme des arbres à climat chaud, néanmoins, les températures minimales et maximales constituent un facteur limitant. Le zéro végétatif des agrumes est de 13°C. La température optimale de croissance serait de 25 à 26°C ; au-delà, l'activité décroît pour s'arrêter aux environs de 38 à 40°C (Loussert, 1989).

I.4.2. L'humidité de l'air

Selon le même Auteur la transpiration du végétal est élevée et ses besoins en eau augmentent. Cette faible humidité de l'air peut être amplifiée par des vents chauds desséchants pouvant provoquer des brûlures sur le feuillage et les fruits.

I.4.3. Vent

Il est l'ennemi redoutable des citrus. Les vents forts et froids provoquent la chute des fleurs, des fruits, des feuilles et arrivent même à dégarnir les rameaux. Il cause de grands dommages surtout au moment de la chute biologique et la récolte (Mahmoudi, H, 2012).

I.4.4. Sol

Les agrumes se développent bien en sols légers, perméables, profonds et sains. En cas des sols argileux, il vaut mieux installer un système de drainage ou pratiquer la culture sur ados afin de favoriser une bonne aération du sol.

Les agrumes craignent les sols riches en calcaire actif, le taux de ce dernier ne doit pas dépasser 12 % (et pas plus de 5 % pour le porte greffe du genre poncirus). Le pH du sol doit être voisin de la neutralité (entre 6 et 7). En pH alcalin, l'absorption des oligo-éléments, devient déficiente et les agrumes manifestent des carences en ces éléments (Mahmoudi, H, 2012).

I.4.5. Eau

Les agrumes sont des cultures d'origines tropicales, donc sont exigeantes en eau. Une moyenne de 1200 mm par an est nécessaire pour le bon déroulement du cycle de culture dans le bassin méditerranéen.

Les agrumes sont sensibles à la salinité, une eau de bonne qualité ne doit pas contenir plus de 1.5 de résidu sec par litre (avec un taux de chlorure de sodium inférieur à 1g/litre). Les agrumes craignent la stagnation d'eau qui

cause l'asphyxie des racines et la maladie de gommose pour les portes greffe sensibles. Condition (stagnation) qui se présente en cas des sols lourds (Mahmudi.H, 2012).

I.5. Quelques variétés d'agrumes cultivées en Algérie

I.5.1. Orangers (*Citrus Sinensis* (L.) Osbeck)

Les variétés d'Oranges cultivé en Algérie sont assez nombreuses, mais aucune ne jouit d'une estime aussi grande que la Portugaise demi-sanguin, fruit de qualité, dont la saison de vente s'échelonne du début de février à la fin d'avril. Les variétés précoces, Thomson et Washington Navel, qui nous viennent de Californie, alimentent les marchés pour les fêtes de Noël et du nouvel An. L'orange d'été Valencia late, commence à peine à être connue, mais son extension n'est pas douteuse, car elle arrive à une période où les fruits de ce genre sont rares.

I.5.2. Mandarinier

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

I.5.3. Citronnier (*Citrus Limon* L.)

Comme pour les autres arbres fruitiers, il existe de nombreuses variétés de citronnier dont les fruits dissemblables ont des époques de maturité différentes comme Eureka, Meyer et Citronnier panaché (BENEDICTE et BACHES, 2011).

I.5.4. Pomélo (*Citrus paradisi*)

On distingue les pomelos « jaune » (ou « blanc », ou « communs ») des pomelos « roses » (Benedicte et Baches, 2011).

I.5.5. Bigaradier (*Citrus aurantium*)

Selon Esclapon (1975), le Bigaradier avec ses divers clones est cultivé surtout pour les fleurs, les fruits, les feuilles et les brouts de taille, qui assurent la production « après distillation » de l'eau de fleur d'oranger, de confiture (avec les fruits mûrs) et de vins apéritifs avec les fruits verts.

I.5.6. Variété cultivé Cédraier (*Citrus medica* L.)

Ce fruit intéresse les producteurs de fruits confits et accessoirement ceux de la liqueur « Cédraïne »

I.5.6. Kumquat (*Fortunella* sp.)

Selon Virbel-Alonso (2011) le kumquat (*Fortunella* sp.) produit des petits fruits que l'on mange tout entiers, avec l'écorce qui ne contient pas d'huiles essentielles brûlantes. Ils peuvent également être utilisés en confiserie ou en sirop. Une autre caractéristique de cet arbre est de bien résister au froid. Les principales variétés sont Kumquat marumi (*Fortunella japonica*), et Kumquat nagami (*Fortunella margarita*).

I.5.7. lime

Selon Esclapon (1975), ils ont la taille d'un petit citron, se récolte principalement entre la fin septembre et la fin décembre lorsque sa peau est encore verte.

I-6-production d'agrumes dans le monde

Actuellement le nombre des pays producteurs d'agrumes dans le monde augmente progressivement, et l'agrumiculture s'observe presque dans toutes les zones du globe, essentiellement dans les régions méditerranéennes et tropicales où cette production est possible (Fig.03)

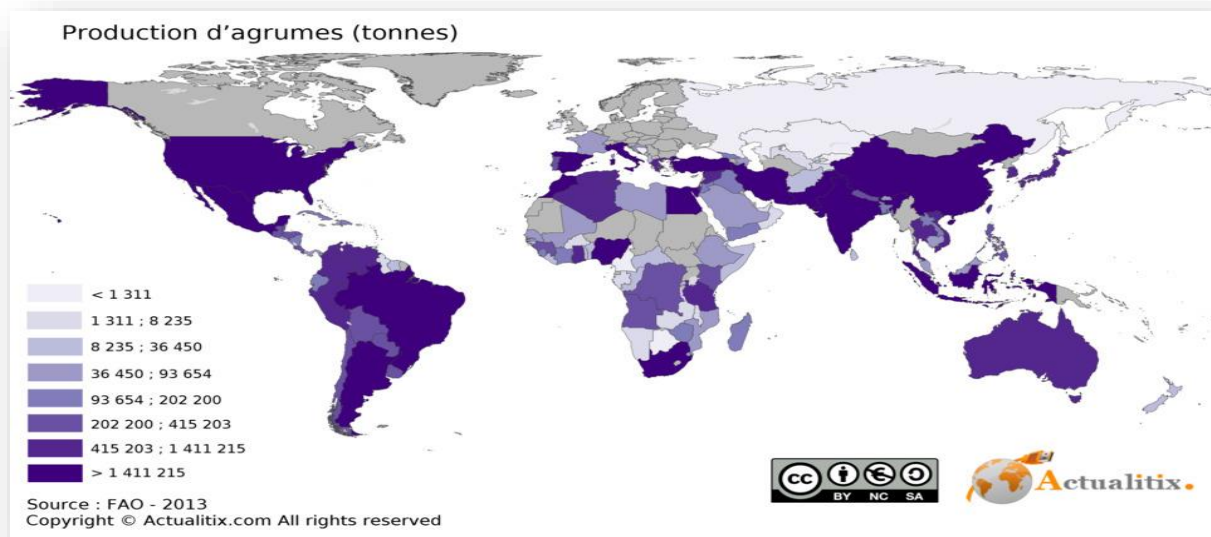


Figure 03: répartition géographique de la production mondiale d'agrumes (FAO 2013)

Tableau 2. Principaux pays et zones producteurs d'agrumes en 2012 (FAO, 2014).

Régions de production	Production (Tonnes)	Part de la production Mondiale (%)
Chine	31 700 000	24.1
Bassin méditerranéen	22 600 263	17.2
Brésil	20 258 500	15.4
Etats Unis	10 619 500	8.1

En 2012, la production mondiale a dépassé les 131 millions de tonnes (FAO 2014). Les oranges représentent de loin la plus grosse production d'agrumes avec un pourcentage de 52%. Les petits agrumes occupent le deuxième rang avec une production de 20.6 millions de tonnes, représentant 21% de la production totale d'agrumes. Suivent ensuite les limes et les citrons, les autres agrumes et pour finir les pomelos. Ces derniers occupent la dernière place avec une production de 6.1 millions de tonnes (Figure 4).



Figure 04 : Pourcentages de la production mondiale des principaux groupes d'agrumes commercialisés pour l'année 2012 (FAO, 2014)

I.2.3.dans le bassin méditerranéen

Le bassin méditerranéen est la zone de prédilection des agrumes. La part la plus importante de la production dans le bassin méditerranéen est fournie par l'Espagne avec 24% de la production totale de cette zone. Après l'Espagne viennent l'Egypte, la Turquie et l'Italie avec respectivement 17, 15 et 12% de la production méditerranéenne (Figure 5) (FAO, 2014).

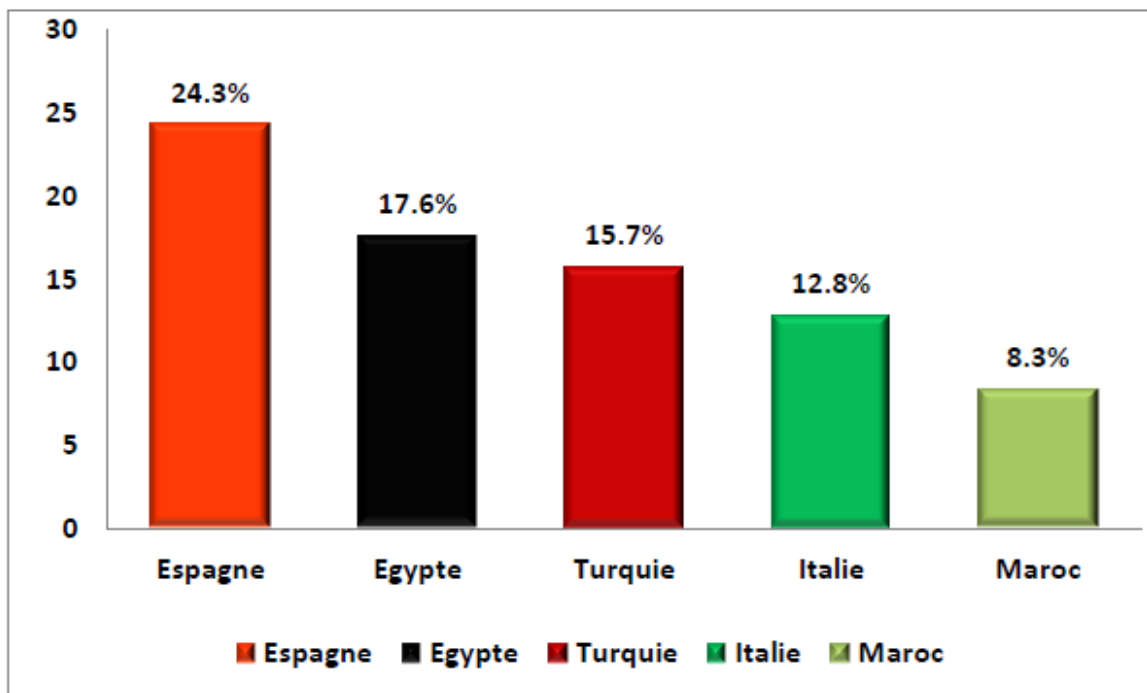


Figure 5

5 :Part des principaux pays producteurs du bassin méditerranéen dans la production méditerranéenne des agrumes (22.6 millions de tonnes) en 2012 (FAO, 2014).

I.2.2. En Algérie

En Algérie, la culture des agrumes revêt une importance stratégique, c'est une source d'approvisionnement en fruits frais. Ces dernières années, l'Algérie a connu un développement remarquable dans la production d'agrumes (Figure 6)

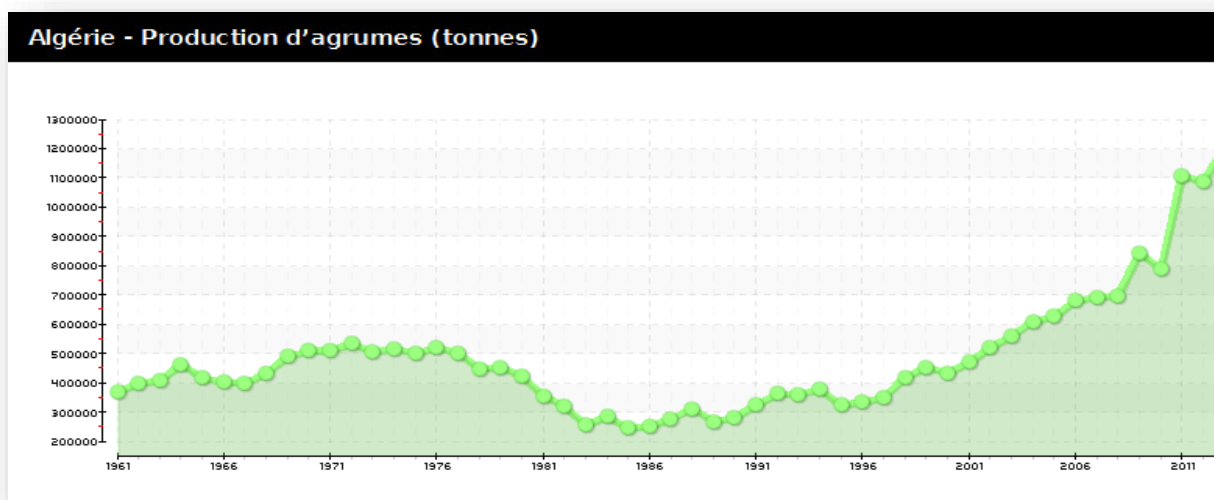


Figure 06: la production des agrumes en Algérie (FAO, 2015)

La production totale des agrumes est estimée annuellement à 13.417.540 quintaux avec un rendement moyen de 224qx/ha. Le verger agrumicole national, s'étend sur une superficie de 67.190ha, dont 59.935 ha en rapport, selon une note de l'Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne (ITAFV).

Cette note précise que l'occupation des superficies est 49.201ha d'orangers, soit 73,2%, avec la prédominance des variétés précoces (Washington et Thomson Navel) et des variétés tardives (Valencia Late), 11.082 ha de clémentinier, soit 16,5%, dominée par la clémentine 49 2.623 ha de mandariniers, soit 04%, constituée principalement de la mandarine commune 4.193ha de citronniers, soit 06,2%, constituée de la variété Eureka 91 ha de pomélos, soit 0,1% (ITAFV,2017).

Les principales wilayas agrumicoles sont : Blida (15809 ha), Chlef (5777 ha), Alger (5065ha), Relizane (4417 ha), Mascara (4232 ha), Mostaganem (4079 ha), Tipasa (3725 ha). En fin juillet 2011, il a été créé le premier Club des agrumiculteurs en Algérie à Tipasa. (Anonyme, 2013).

I.3.3.production à Mostaganem

Mostaganem est parmi les wilayas les plus productrices des agrumes. Les principales daira agrumicoles sont: Bouguirate(61%), Kheireddine (13%), Mesra (11%) , Ain Tedeles (8%) (figure 10). Les variété les plus productives sont W, navel (35%) et viennent ensuiteThomson navel (27%) et clémentine (14%) (Figure 07) (DSA 2017).

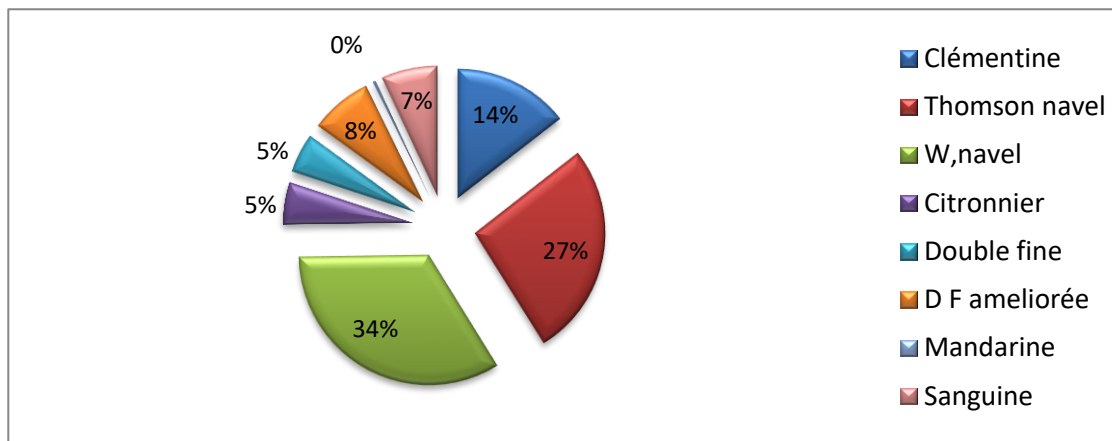


Figure 07 : Production (%) par variété d'agrumes à Mostaganem (2017/2018)

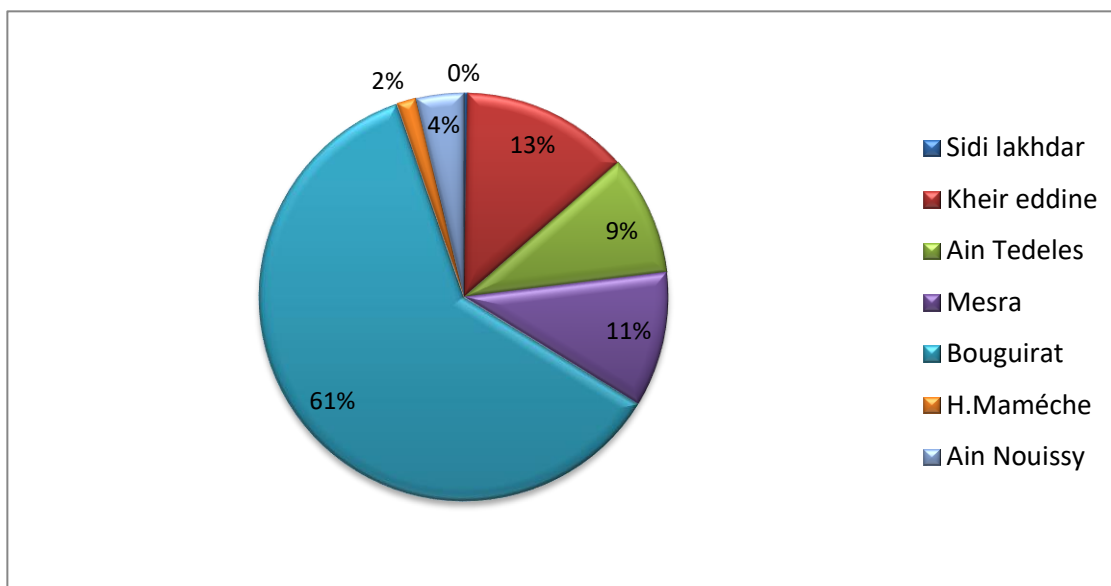


Figure 08: production (%) d'agrumes dans divers Dairate de Mostaganem (DSA, 2017/2018)

I.4. maladies des agrumes :

I.4.1. maladie fongique

Les agrumes font face à plusieurs maladies fongiques (tableau3), les dégâts causés par ces maladies peuvent être considérés comme importants par leur influence sur la durée de vie des arbres ou par les pertes qu'elles entraînent sur la production.

Tableau 3 : Les principales maladies fongiques d'agrumes (ACTA, 2008)

Maladies	Pathogène	symptômes
Gombose (pourriture des racines).	<i>phytophthora</i>	Dépérissement de l'arbre Jaunissement des feuilles Chancre gommeux à la base du tronc
Pourridiés	<i>Armillariamellea</i>	Dépérissement brutale de l'arbre,
Greasy spot	<i>Mycosphaerellacitri</i>	Taches d'aspect graisseux brun foncé surtout visibles sur la face inférieure du limbe
Trachéomycose	<i>Deutterophoma</i>	Dessèchement des extrémités des branches et défoliation partielles

I.4.2 ravageurs

En Algérie, les principaux ravageurs des agrumes sont les cochenilles, la mouche des fruits, les aleurodes et les pucerons il cause divers dégâts (tableau 4)

Tableau 4: les principaux ravageurs d'agrumes insectes et autres (ACTA, 2008)

Nom Scientifiques	Commun	Description et dégâts	Lutte
<i>Toxopteraaurantii</i> <i>Apfisspiraecola</i>	Pucerons	Avortement des fleurs et déformation des très jeunes feuilles	Lutte chimique
<i>Phyllocnistiscitrella</i>	Mineuse des feuilles	Feuilles minées entre les deux épidermes par une chenille de micro-lépidoptère	Un parasitisme naturel contrôle cet insecte
<i>Scirtothripsaurantii</i>	Thrips	Déformation des feuilles dues aux piqûres d'insectes	Lutte chimique

Chapitre II : anthracnose des agrumes

II.1. Présentation de l'antracnose des agrumes

II.1.1. Définition et nomenclature

Le terme anthracnose est couramment appliqué à toute lésion sur fruit qui contient des acervules de *Colletotrichum*. *C. gloeosporioides* est un envahisseur commun sans symptômes de la peau d'agrumes et n'engendre généralement pas de nécrose. L'antracnose n'apparaît habituellement que sur les fruits endommagés par d'autres agents tels que les pulvérisations de produits chimiques sur les parasites et sur les fruits qui sont trop mûrs ou conservés trop longtemps. (Timmer L. et al 1988)

II.1.2 Symptômes de l'antracnose

Les symptômes de la maladie anthracnose sur de nombreuses cultures, y compris les agrumes montrent des lésions nécrotiques enfoncées sur les feuilles, les tiges et les fruits, ainsi que la brûlure des plantules (Cannon et al., 2012, Nelson, 2008, Agrios, 2005). Les symptômes comprennent également la flétrissure florale et aboutit à un mauvais ensemble de fruits (Estrada et al. 2000).

L'antracnose provoque une chute prématurée des fruits, réduit la qualité des fruits mûrs et raccourcit la durée de conservation (Dodd et al., 1992). L'infection de la fleur ou des jeunes fruits peut entraîner un échec total de la récolte (Estrada et al., 2000; Ploetz, 1994). De plus, le pathogène provoque également une infection latente sur les fruits en développement au champ (Prusky, 1996). Les symptômes de l'antracnose peuvent également se développer sur les fruits en transit ou en stockage et réduire leur commercialisation (Freeman et al. 1998).

La maladie affecte également les feuilles des agrumes, selon Nelson (2008), les symptômes sur les feuilles se présentent initialement comme une petite tache angulaire, brune à noire, qui peut coalescer pour former de grandes lésions étendues sur la feuille. Ceci est particulièrement commun autour des bords des feuilles et le niveau avancé mène à une large plage nécrotique des feuilles. Dans des conditions favorables, le champignon peut envahir les rameaux et causer le dépérissement (Nelson, 2008).

II.2 Agents responsables de l'antracnose des agrumes

II.2.1 Définition

Colletotrichum est un genre asexué, classé parmi les champignons imparfaits. Il appartient aux *Coelomycètes*, produisant ses conidies dans les acervules (Dean R. et al. 2012). Malgré son importance, la taxonomie et la nomenclature de ce genre prêtent à confusion. Sur la base de critères d'interprétation taxinomique, Von Arx (1957) pense que le nombre d'espèces peut varier de 29 à plus de 700. D'autres ont également indiqué qu'il y a 802 enregistrements dans la mycobank, mais seulement 66 espèces ont été répertoriées comme étant actuellement utilisées (Hyde et al., 2009).

L'identité de nombreuses espèces est discutable, tandis que les grands complexes d'espèces sont supposés contenir diverses espèces (Sreenivasaprasad et Talhinhos, 2005; Johnston et Jones, 1997).

Une telle compréhension du complexe des espèces de *Colletotrichum* exige une révision des espèces rapportées auparavant, où les techniques traditionnelles ont été utilisées pour le groupement taxonomique approprié et sa gestion efficace. De plus, Phoulivong et al. (2010) ont signalé que certains isolats qui ont été considérés à tort comme des variants de *C. gloeosporioides*, en particulier sur les cultures fruitières tropicales, sont des isolats de *Colletotrichum* différents dont le statut des espèces n'a pas encore été établi.

II.2.2. Historique

Colletotrichum a été décrit à l'origine sous le nom de *Vermicularia* par Tode (1790), mais plus tard il a été révisé comme *Colletotrichum* par Corda (1837). *Colletotrichum* a été classé dans "*Melanconiales*" sous "*Coelomycetes*" (Hawksworth D., 1983). Les épithètes *Colletotrichum* et *Vermicularia* ont été utilisées indistinctement au cours du 19ème et début du 20ème siècle pour une gamme d'espèces, qui sont maintenant classées dans *Colletotrichum* (Sutton 1992). *Colletotrichum* se distingue de *Vermicularia* par la présence de soies marginales par rapport aux soies dispersées dans les *conidiomata* de *Vermicularia* (Clements&Shear 1931). Cependant, Duke (1928) avait précédemment démontré que la structure et la forme conidiomatiques, la présence / absence de soies et leur disposition à l'intérieur de l'acervule sont extrêmement variables et n'ont aucune signification taxonomique au niveau du genre. Cela a entraîné le transfert d'un grand nombre d'espèces de *Vermicularia* à *Colletotrichum* (Duke 1928, Cannon et al. 2012). *Gloeosporium*, un anamorphe morphologiquement similaire, a également posé des problèmes lors de l'identification, et le distinguer de *Colletotrichum* était difficile, car bien que *Gloeosporium* ne produisait pas de soies, certains pouvaient générer des soies sur certains substrats (Baker et al., 1940). Dernièrement, G. Hori a été transféré à *C. horii* (Weir et Johnston 2010) et *G. pedemontanum* a été synonyme de *C. gloeosporioides* (Weir et al. 2012).(sharma et al.2016)

II.2.3. Distribution et extension géographique dans le monde

Les espèces de *Colletotrichum* en tant qu'agents causaux de l'antracnose des agrumes sont incompatibles d'un endroit à l'autre. Les espèces de *Colletotrichum* qui ont été signalées dans de nombreux pays sont présentées dans le tableau 05.

Des études récentes ont découvert que ce que l'on pensait auparavant être une seule espèce, comprend plusieurs lignées distinctes. Par exemple, *C. gloeosporioides* (sensu stricto) a récemment été épitypé avec une souche vivante (Cai L. et al. 2009). Cela a abouti à la description d'environ 22 espèces différentes dans le complexe de *C. gloeosporioides* (Cannon et al., 2012, Noireung et al., 2012, Weir B. et al., 2012, Wikee S. et al., 2011, Damm et al. 2010, Phoulivong et al., 2010, Cai et al., 2009, Prihastuti H. et al. 2009; Yang Y. et al., 2009).

Tableau 05: Espèces de *Colletotrichum* de différents pays du monde déclarées comme agents causaux de l'antracnose sur les agrumes (Kidist F. , 2015).

Espèces spécifiques	Complexe d'espèces auquel elle appartient	Hôte signalé	Références
<i>C. gloeosporioides</i>	<i>C. gloeosporioides</i>	<i>Mangifera indica</i> , <i>Citrus sinensis</i>	Chowdappa et Kumar (2013) Awa et al. (2012) , Phoulivong et al. (2012).
<i>C. godetiae</i>	<i>C. acutatum</i>	<i>Citrus aurantium</i>	Dammet al. (2012b)
<i>C. simmondsii</i>	Complexe de <i>C. acutatum</i>	<i>Citrus reticulata</i> , <i>Mangifera indica</i> et <i>Carica papaya</i>	Giblinet al. (2010); Lijuanet al. (2012); Phoulivong et al. (2010) et Weir et al. (2012)
<i>C. cordylinicola</i>	<i>C. gloeosporioides</i>	<i>Mangifera indica</i>	Phoulivong et al. (2010b).
<i>C. boninense</i>	<i>C. boninense</i>	<i>Mangifera indica</i> , <i>Carica papaya</i> , <i>Citrus</i> spp.	Lijuanet al. (2012)
<i>C. tropicicola</i>	<i>C. gloeosporioides</i>	<i>Citrus maxima</i>	Noireunget al. (2012) et Lima et al. (2013)
<i>C. fructicola</i>	<i>C. gloeosporioides</i>	<i>Mangifera indica</i> , <i>Citrus</i> and <i>Carica papaya</i>	Lijuanet al. (2012); Lima et al. (2013) ; Phoulivong et al. (2010)
<i>C. karstii</i>	<i>Colletotrichum boninense</i>	Feuille d'agrumes, <i>Mangifera indica</i>	Lijuanet al. (2012) et Lima et al. (2013)
<i>C. brevisporum</i>		<i>Citrus maxima</i> <i>Citrus maxima</i>	Lijuanet al. (2012) and Noireunget al. (2012).
<i>C. murrayae</i>		Feuille d'agrumes	Lijuanet al. (2012) .
<i>C. siamense</i>	<i>C. gloeosporioides</i>	<i>Mangifera indica</i> , <i>Carica papaya</i> .	Phoulivong et al. (2010) and Yanget al. (2012).
<i>C. thailandicum</i>		<i>Citrus maxima</i>	Noireunget al. (2012)

<i>C. acutatum</i>	<i>C. acutatum</i>	<i>Mangifera indica</i> , <i>Citrus</i> spp., <i>Caricapapaya</i> .	Peres <i>et al.</i> (2002); Tarnowski and Ploetz (2008) and (Peres, 2008)
--------------------	--------------------	---	---

II.2.4. Principales caractéristiques de *Colletotrichum gloeosporioides* et *C. acutatum*

II.2.4.1. *Colletotrichum gloeosporioides*

C. gloeosporioides a montré de nombreuses variations physiologiques rapportées par Von Arx (1957). Palo (1932) décrit le champignon comme ayant des conidies irrégulières. Les acervules étaient très variables en taille, en forme et exsudent un liquide visqueux dans lequel baignent des conidies (Sattar et Malik, 1939). Les conidies sont droites, cylindriques, ovales et portées par des conidiophores (Sattar et Malik, 1939). La taille des conidies est de 11-16 x 4-6 µm et 13,8 x 4,8 µm (Bose *et al.*, 1973). Les cellules conidiogènes sont entéroblastiques, phialidiques, hyalines, les conidies sont hyalines, unicellulaires, droites, cylindriques et obtuses. La variation de la dimension des cellules conidiogènes est également observée dans différentes études. Généralement, le champignon produit des colonies circulaires, laineuses ou cotonneuses sur les milieux de culture. Elles ont une couleur caractéristique, c'est-à-dire brun pâle ou blanc grisâtre (Hiremath *et al.*, 1993) ; (Vidyalakshni, *et al.* 2013) (Figure 9). Le mycélium est hyalin.

En culture, le champignon produit des sclérotés brun foncé, occasionnellement soyeux. Les soies sont longues, brunes et septées. Les acervules cireux produits dans les tissus infectés sont subépidermiques, typiquement avec des soies, et des conidiophores simples, courts et dressés.

Il a également été démontré que les composants nutritionnels de la culture médias ainsi que d'autres paramètres de croissance comme la température, l'humidité et le pH pourrait affecter la croissance et la sporulation de *C. gloeosporioides* (Rani *et al.* 2004).

Il a été observé que *C. gloeosporioides* montre une croissance maximale dans la gamme de pH de 6-7 à température de 25-30°C, tandis que l'exposition du champignon à l'alternance des cycles de 12 heures de lumière et 12 heures d'obscurité favorise une croissance mycélienne maximale par rapport à 24 h d'exposition à la lumière continue et à 24 heures d'exposition à l'obscurité (Hubballia, *et al.* 2011 ; Ajay, 2014).

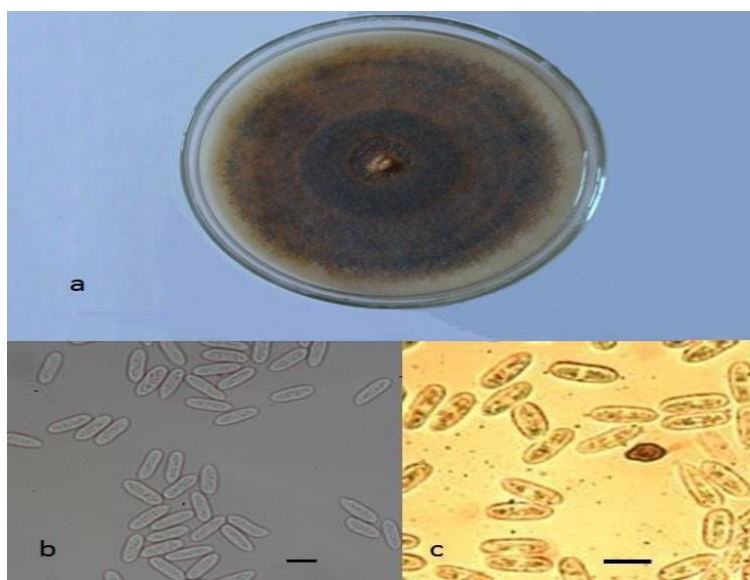


Figure 09 : *Colletotrichum gloeosporioides*. **A.**, Colonie sur PDA; **b**, Conidies; **c**, Appressorium, masse noire, émergeant d'une conidie . - Barres d'échelle = 10 µm. (Taheri. et al 2016).

II.2.4.2. *Colletotrichum acutatum*

C. acutatum est un Ascomycète classé au *Pyrenomycètes* et inclus dans la famille *Phyllachoraceae*. Colonies de *C. acutatum* sont habituellement blanches initialement (Zulfiqar M., 1996) plus tard elles se couvrent d'une masse de conidies de couleur rose à orange ((figure 1A). La production primaire de conidies se fait dans les acervules; cependant, *C. acutatum* est également capable de former des conidies à la surface des feuilles vivantes (Leandro L. et al 2001) Les conidies sont généralement ellipsoïdes et fusiformes (figurey), au moins à une extrémité, plutôt que d'avoir typiquement les deux extrémités arrondies comme *C. gloeosporioides* (Adaskaveg, J et al .2000). Les conidies ont une taille de 8 x 2,54 µm, fusiformes, à paroi mince et hyalines. Les setae sont généralement clairsemés s'ils sont produits. Les appressoria sont produites sur des conidies en germination et varient en forme et en taille (Agostini J., 1992). Le stade sexuel de certains sous-groupes génétiques de *C. acutatum* a été caractérisé dans des conditions de laboratoire et a été désigné comme *Glomerella acutata* (Guerber J. et al 2001) (figure 10). (Guerber, J. 2003) a trouvé que un grand nombre d'isolats de diverses hôtes étaient capables de s'accoupler et de former des périthèces matures en culture (figure 10). Croisements dans les isolats du groupe C, et certains croisements intergroupes, étaient très fertiles, mais d'autres étaient faiblement fertiles ou infertiles.

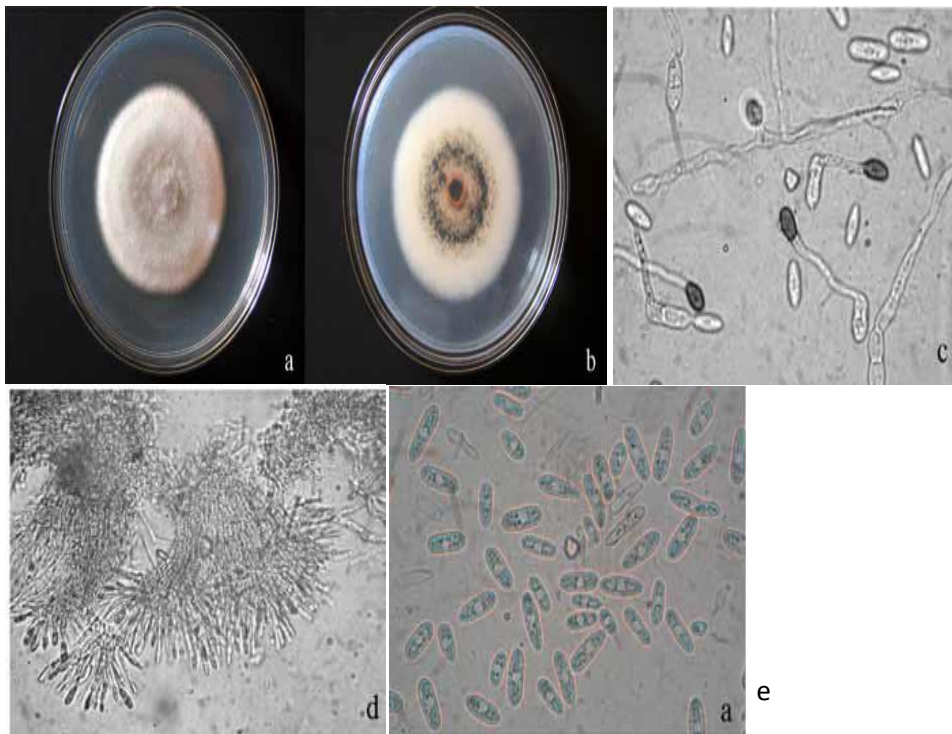


Figure 10 : Aspect culturel de *C. acutatum*, sur PDA: (a) sommet de la culture; (b) le fond de la culture (c) appressoria (d) aservule (e) conidies, (Svetlana Z. et al, 2010)

II.2.5. Description taxonomique

Ajay, (2014) propose la classification suivante :

Règne: Champignons

Division: *Ascomycota*

Classe: *Sordariomycètes*

Ordre: *Phyllachorales*

Famille: *Phyllachoraceae*

Genre: *Colletotrichum*

Espèce : *gloeosporioides*

Nom scientifique : *C. gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc

Télomorphe: *Glomerellacingulata* (Stoneman) Spauld. & H. Schrenk.

II.2.6. Symptômes

II.2.6.1. Symptômes de *colletotrichum gloeosporioides*

Les symptômes caractéristiques sont de nombreuses taches brunâtres ou brunes, ovales ou irrégulières de différentes tailles disséminées sur toute la surface de la feuille dans des conditions

humides. Le champignon se développe rapidement en formant des zones nécrotiques brunes de masse allongée brun ou brun momie de 20-25 mm de diamètre qui, une fois brisées, se brisent et se détériorent (Sattar, et al., 1936).

La symptomatologie de l'infection de *C. gloeosporioides* varie très peu entre différents hôtes et se caractérise par des lésions foncées et déprimées sur les fruits mûrs accompagné de masses de spores visqueuses roses qui se développent en acervules mûres (Jeffries, P. et al 1990). Les lésions coalescent souvent pour former de grandes zones nécrotiques fréquemment le long des bords de la feuille gravement touchées. Les lésions se développent principalement sur les jeunes tissus et des conidies se forment et peuvent être observées dans les lésions de tout âge. Dans des conditions favorables, les conidies sont éparpillées et envahissent les jeunes rameaux, provoquant leur mort dans certains cas (Ploetz, R.C. et al 1996). L'infection progresse plus rapidement dans les tissus blessés et dans les fruits mûrs (Prakash et al., 1996) (figure 11).



.Figure11:Symptômes de *colletotricumgloeosporioides* sur les agrumes(Kidist, 2015).

II.2.6.2.Symptômes de *colletotrichumacutatum*

Les symptômes foliaires des feuilles sont visibles sous forme des taches nécrotiques qui peuvent produire des trous. Dans les infections sévères, les feuilles et les jeunes pousses entières peuvent devenir complètement abîmées et tomber. De plus, les pointes des pousses peuvent mourir et la déformation des feuilles peut survenir.

Sur les fruits, l'infection des jeunes fruits entraîne généralement une chute prématurée. Les infections tardives produisent des lésions souvent grandes et profondes accompagnées de distorsion des fruits.

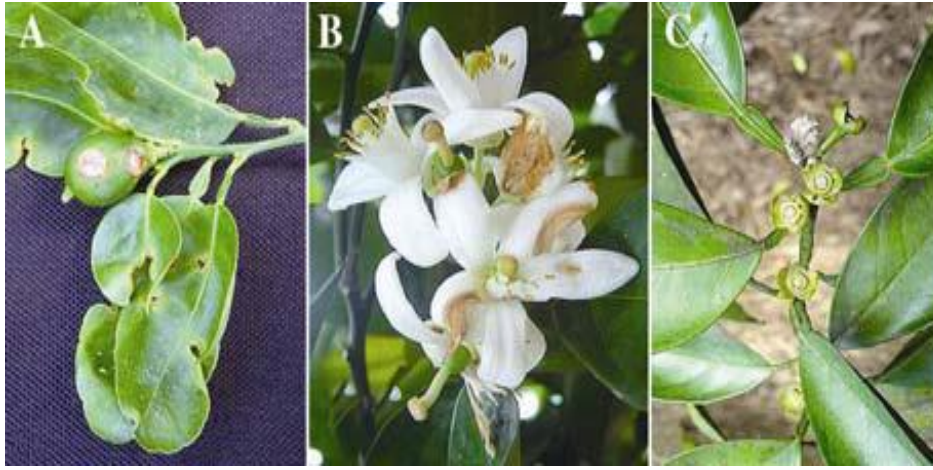


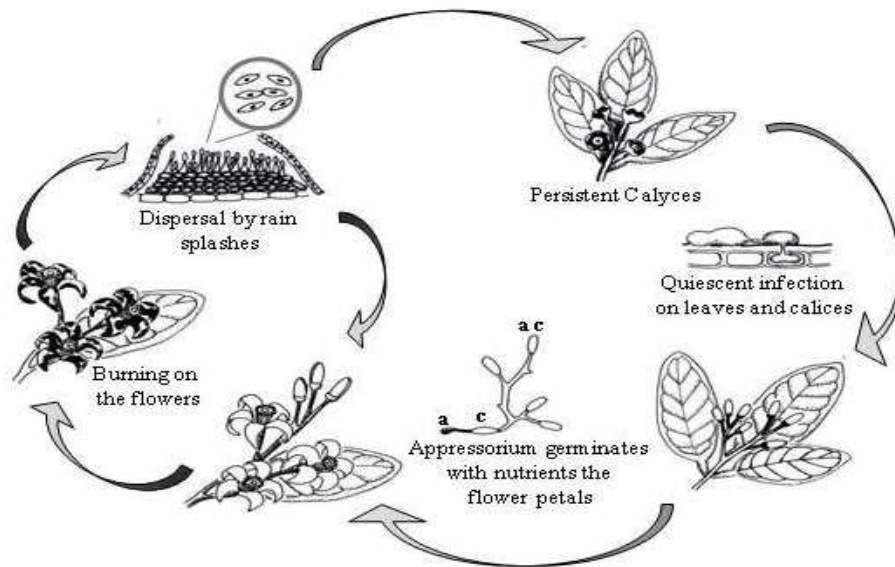
Figure 12: Symptômes causés par *Colletotrichum acutatum* sur les agrumes: **A**, lésions sur feuilles et fruits avant la récolte; **B**, fleurs d'orange douce infectées; **C**, calices persistant après la chute des fruits (Timmer et al 2005)

II.2.7. Cycle de maladie et épidémiologie

Les conidies de *C. gloeosporioides* sont produites abondamment sur des rameaux morts et sont réparties sur des distances relativement courtes par la pluie. Les ascospores sont moins nombreuses que les conidies mais sont en suspension dans l'air. Après la germination des conidies, le champignon reste quiescent sous forme d'appressoria non germés ou comme appressoria germé qui forment des hyphes intercellulaires à une profondeur de pas plus de trois cellules dans la croûte. Une invasion ultérieure du tissu et une désintégration subséquente ne se produisent habituellement que lorsque le tissu est affaibli par d'autres facteurs.

L'antracnose est sévère sur les fruits récoltés précocement qui doivent être traités avec de l'éthylène pendant plus de 24 à 36 heures pour obtenir une couleur de couenne acceptable. L'éthylène déclenche la croissance du champignon quiescent, et il augmente également la susceptibilité de l'écorce à l'invasion ultérieure. Des concentrations d'éthylène supérieures à celles requises pour un dévernissage

optimal des fruits récoltés augmentent de manière significative l'apparition de cette maladie (Timmer et



al 2000)

Figure13. Cycle de vie de *C. acutatum* sur agrumes (adapté de PERES et *al.*, 2005)

II.3. Lutte contre l'antracnose

De bonnes pratiques culturales favorisent le contrôle de l'antracnose en réduisant la quantité de bois mort disponible pour la production d'inoculum. Les fruits doivent être manipulés avec précaution pour éviter les blessures et ne doivent pas être conservés trop longtemps.

Le fait de laisser le fruit après la récolte élimine au moins une partie des appressoria quiescents présents sur la surface de la croûte, ce qui réduit les risques de pénétration ultérieure de la croûte. Cependant, il est déconseillé de procéder à un lavage avant le déverdissement car cela interfère avec le processus de dégrillage et augmente la durée d'exposition à l'éthylène nécessaire pour colorer le fruit. La sélection à la volée de fruits qui montrent déjà une certaine couleur, ou retarder la récolte jusqu'à ce que la plupart des fruits se colorent naturellement, réduit le temps d'exposition à l'éthylène et aide ainsi à prévenir l'antracnose.

Les applications en pré-récolte des traitements au bénomyl ou post-récolte avec du thiabendazole (ou les deux) et le stockage du fruit à des températures inférieures à 10°C aident aussi à contrôler l'antracnose. (Timmer L. et *al* 1988).

Partie expérimentale

I. Matériel

I.1. Matériel fongique

La variabilité de *Colletotrichum* a été étudiée sur une collection de huit isolats (Tableau 06). Parmi lesquels cinq appartiennent à la collection du laboratoire de recherche en protection des végétaux sis à l'INES de chimie. Ils sont isolés par monsieur Mahiout durant le mois de mars 2016. Les trois autres ont été obtenus récemment par isolement à partir d'échantillons frais, récoltés sur les mêmes champs à Bouguirat.

Tableau 06 : Isolats de *Colletotrichum* sp.

Codification	Origine	Date d'isolement	Variété hôte	Zone d'isolement
Ti1	Bouguirat	Mars 2016	Thomson Navel	Tige
TI2	Bouguirat	Mars 2016	Thomson Navel	Tige
FI2	Bouguirat	Mars 2016	Thomson Navel	Feuille
FI3	Bouguirat	Mars 2016	Thomson Navel	Feuille
FI5	Bouguirat	Mars 2016	Thomson Navel	Feuille
CF13	Bouguirat	Février 2018	Clémentine	Feuille
CF12	Bouguirat	Février 2018	Clémentine	Feuille
CF2	Bouguirat	Février 2018	Clémentine	Feuille

I.2. Matériel végétal

L'étude de la variabilité du pouvoir pathogène des isolats de *Colletotrichum* a été réalisée vis-à-vis deux espèces végétales (piment, tomate). Pour chaque espèce, nous avons inoculé une seule variété. Pour la tomate nous avons utilisé le cultivar Kawa et pour le piment la variété Biskra.

II. Méthodes

II.1. Echantillonnage

Les échantillons prélevés en 2018 sont prélevés à partir d'un champ d'orangers (var. clémentine) situé dans la région de Bouguirat, à nord-est de Mostaganem (figure 14). D'une superficie de deux hectares. Un hectare pour la variété clémentine et un hectare pour la Thomson Navel. Pour chaque variété, cinq arbres présentant

les symptômes de l'antracnose sont échantillonnées. Cinq feuilles portant des symptômes caractéristiques de la maladie sont prélevées selon chaque orientation géographique (Nord, Sud, Est et Ouest).



Figure 14: Photo satellitaire de parcelle de l'échantillonnage à Bouguirat (Google Earthe, 2018)

II.2. Notation des symptômes sur terrain

II.2.1. Notation de la maladie

II.2.1.1. Sur l'arbre

a) Sévérité de l'antracnose sur l'arbre

Dix arbres disposés selon deux diagonales ont servi au calcul de la sévérité. Pour ce faire, nous avons établie l'échelle (Figure 15) suivante :



11% de défoliation de l'arbre [indice 2]



30% de défoliation de l'arbre [indice 3]



60% de défoliation de l'arbre [indice 4]

80 % de défoliation de l'arbre [indice 5]

Figure 15 : Echelle de notation de la sévérité sur l'arbre [var. clémentine] : **A**, indice 2 ; **B**, indice 3 ; **C** (indice 4) et **D** (indice 5) (**Original, 2018**).

Indice 0 : Pas de défoliation de l'arbre

Indice 3 : 26 à 50 % de défoliation

Indice 1 : Jusqu'à 10 % de défoliation

Indice 4 : 51 à 75 % de défoliation

Indice 2 : 11 à 25 % de défoliation

Indice 5 : 75 à 100 % de défoliation

b) Indice de la maladie en pourcentage

L'indice de maladie en pourcentage est effectué selon la formule de Mayee et Datar (1986) donnée comme suit :

$$\text{Indice de la maladie en pourcentage (PDI)} = \frac{\text{Somme de la notation numérique} \times 100}{\text{Nombre d'unités examinées} \times \text{note maximale}}$$

I.2.1.2.. Sur feuilles

a) Sévérité de la maladie sur feuilles

Le calcul de la sévérité de la maladie sur feuilles est réalisé sur 5 arbres pris aléatoirement. Les notations de la maladie sont effectuées sur 20 feuilles par arbre, à raison de 5 feuilles par orientation. Les notations sont réalisées selon l'échelle Lakshmi et al. (2011) (Tableau 07).

Tableau 07: Notation de la sévérité sur feuilles

Zone affectée	Indice d'attaque
Pas de symptômes	0
Jusqu'à 5 % de la surface foliaire affectée	1
6 à 10 %	2

11 à 20 %	3
21 à 50 %	4
Supérieure à 50 %	5

L'indice de maladie en pourcentage est effectué selon la formule de Mayee et Datar (1986) donnée en paragraphe (II.2.1).

II.3. Isolement de l'agent pathogène

L'isolement est fait à partir des feuilles présentant des nécroses caractéristiques de la maladie de « anthracnose ». La technique consiste à découper les feuilles atteintes de la maladie en petits fragments à l'aide d'un scalpel.

Les feuilles sont désinfectés dans des conditions aseptiques somme suit:

- + Laver les échantillons à l'eau de robinet
- + Désinfecter superficiellement à l'éthanol
- + Découper de petits fragments de 5 mm² sur le front d'attaque de la maladie,
- + Désinfectés les fragments par trempage dans l'hypochlorite de sodium à 1% pendant 03 minutes.
- + Rincer les fragments 03 fois dans des bains d'eau distillée stérile, puis séchez-les entre deux papiers joseph,
- + Les fragments sont alors déposés dans des boîtes de pétri contenant le milieu PDA additionné du chloramphénicol (0,0125g / 500ml)).

Après 7 jours d'incubation à 28°C, les boîtes sont examinées et les repiquages de colonies sont effectués.

II.4. Culture monospore

Le but de la culture monospore est d'obtenir un matériel fongique génétiquement homogène (Booth, 1971). Un milieu de culture gélosé à 1,5 % est étalé aseptiquement de façon à obtenir une mince couche de 1 à 2 mm d'épaisseur sur la lame préalablement déposée à l'intérieur d'une boîte de de Pétri stérile.

Nous avons prélevé un fragment du champignon à partir d'une culture âgée 10 jours et mètre dans un tube contient 5 ml de l'eau distillée stérile. Les suspensions obtenues sont agitées pendant 2 min puis filtrée par l'utilisation d'une mousseline stérile.

Une suspension sporale, obtenue à partir d'une colonie âgée de 10 jours, est diluée jusqu'à l'obtention de 10² spore/ml. Une goutte (100 µl) de chaque suspension est prélevée à l'aide d'une micropipette stérile, puis étalée sur la lame porte-objet contenant la mince couche de PDA. Les boîtes sont mises à incuber sous à

28°C, en obscurité. Après 16 à 24 heures lorsque les spores émettent des tubes germinatifs, un prélèvement monospore est effectué sous une loupe binoculaire à l'aide d'une pipette pasteur étiré, repiquée en boîte de Petri contenant du PDA (Bouznad, 1989). La composition du milieu est fournie en annexe 1.

Après 7 jours d'incubation, sous les mêmes conditions, un deuxième repiquage est réalisé en tubes à essai inclinés lesquels sont conservés au réfrigérateur (4°C), pour être utilisés lors des manipulations ultérieures.

II.5. Identification des isolats

L'identification des isolats obtenus s'est basée sur les caractères morphologiques du champignon et l'aspect cultural (couleur des colonies, aspect du mycélium et sa pigmentation).

Les appressoria mycéliens ont été produits à l'aide d'une technique de culture sur lame (Sutton, 1980). Des carrés (10 mm de côté) du milieu de culture carotte-pomme de terre (PCA) (annexe 2) de 1 à 1,5 mm d'épaisseur sont placés dans une boîte de Petri stérile. La périphérie de chaque carré estensemencée à l'aide d'un petit fragment mycélien. Chaque carré de gélose est alors recouvert d'une lamelle stérile. Au bout de 5 jours, des appressoria formés sont aisément observables au microscope photonique, grossièrement 10 x 40. Nous avons noté la forme et la couleur de ceux-ci.

II.6. Effet de la température sur les isolats de *Colletotrichum*

II.6.1. Mesure de la croissance mycélienne

La mesure de la croissance mycélienne est réalisée selon la méthode de Kaiser (1973) qui consiste à mesurer la croissance linéaire et diamétrale des colonies.

La croissance linéaire a été évaluée par la mesure de l'accroissement mycélien au cours du temps d'un explant mycélien initial de 5 mm de diamètre au moment du repiquage selon la formule :

$$L = (D - d) / 2 \quad (\text{Rapilly, 1968})$$

L : croissance mycélienne (mm)

D : diamètre de la colonie (mm)

d : diamètre initial de l'explant (5 mm)

La vitesse moyenne de croissance de chaque isolat est calculée comme suit :

$$VM = \frac{\frac{L_1}{1} + \frac{L_2}{2} + \frac{L_3}{3} + \dots + \frac{L_n}{n}}{N}$$

V_m = vitesse moyenne (mm / jour)

L = croissance mycélienne (mm)

N = nombre de jours

Les explants sont prélevés à l'aide d'un emporte pièce stérile à partir d'une culture de 10 jours. Ils sont disposés au centre des boîtes de Petri contenant le milieu PDA.

Les boites ainsi préparées sont mises à incuber à l'obscurité, sous les niveaux de température suivante : 22°C, 25°C, 28°C. Pour chaque isolat, nous avons réalisé 3 répétitions.

II.6.2. Mesure de la sporulation

Des explants mycéliens sont prélevés, à l'aide d'un emporte-pièce stérile à partir d'une culture de 10 jours. Ils sont disposés au centre des boîtes de Petri contenant le milieu PDA.

Les boites ainsi préparées sont mises à incuber à l'obscurité, sous les niveaux de température suivants : 22°C, 25°C, 28°C.

La sporulation a été évaluée à partir d'une culture âgée de 10 jours. La technique consiste à gratter superficiellement, à l'aide d'un scalpel stérile, la colonie, puis à laver avec 10 ml d'eau distillée stérile la boîte de Pétri. La suspension de spores est filtrée à travers une mousseline.

De chaque suspension ainsi préparée, on prélève 3 échantillons de 100 µl ; ils sont examinés sous microscope. A l'aide d'une cellule de Malassez, on compte alors le nombre de conidies pour chaque échantillon. Cette étude est réalisée sur trois répétitions.

II.7. Mesure de la taille des conidies

Les mensurations sont effectuées sur des cultures âgées de 10 jours. Cette étude porte sur la longueur et la largeur de 50 conidies par isolat ; elle est réalisée grâce à un microscope préalablement étalonné.

On verse sur chaque colonie 10 ml de l'eau distillée stérile, celle-ci est alors grattée à l'aide d'un scalpel stérile afin de libérer les conidies. La suspension ainsi obtenue est filtrée à travers une couche de mousseline stérile afin d'éliminer les fragments mycéliens. La technique consiste à déposer goutte de suspension conidienne entre lame et lamelle qu'on observe au grossissement (10 x 40).

II.8. Pouvoir pathogène des isolats en laboratoire

II.8.1. Inoculation des feuilles détachées

8.1. Préparation de l'inoculum de *Colletotrichum*

Les suspensions d'inoculum du parasite préparées à partir de colonies âgées de 10 jours et cultivées sur milieu P.D.A qui favorise la sporulation de ce champignon (Yang et al., 2015).

Les explantas sont prélevés et mis dans des Erlensmeyer contenant de l'eau distillée stérile. Ils sont fermés hermétiquement pour éviter toute contamination et mis en agitation magnétique pendant quelques minutes afin de libérer le maximum de conidies. La concentration conidienne est évaluée à l'aide de la cellule de Malassez puis ajustée à 10⁶ spores/ml. Une goutte de Tween 20 (concentration finale à 0,01 %) est ajoutée à la suspension.

8.2. Obtention des folioles et des fruits

Des feuilles tendres sont prélevées au sommet des plantes. Afin de maintenir leur fraîcheur, elles sont disposées à l'intérieur d'une glacière et transportées jusqu'en laboratoire. Elles sont inoculées le jour même. Les fruits mûrs, ne présentant aucune altération visible sont récoltés à partir des plantes cultivées sous serre. Seize piments (50-80 g) et seize tomates de calibre moyen (130-150 g) sont récoltés.

II.8.3. Inoculation des feuilles/folioles

Un papier sopalin est déposé à l'intérieur de la boîte (17× 10,5×6 cm), puis humidifié avec de l'eau distillé stérile. Dans chaque boîte en plastique, nous avons déposé trois feuilles/folioles préalablement désinfectés à l'eau javéalisée à 1 % puis rincées trois fois à l'eau distillé stérile et séchées entre deux papiers sopalins.

Afin de permettre la réussite de l'inoculation, deux piqûres effectuées à l'aide d'une aiguille stérile sont réalisées de part et d'autre de la nervure centrale de la feuille (Rhaiem et Taylor, 2016). Une gouttelette d'inoculum (10^6 sp/ml) de 6 μ l est déposée à l'endroit de chaque blessure. Ce test est réalisé avec trois répétitions techniques.

II.8.4. Inoculation des fruits

Trois blessures légères espacées de quelques centimètres et réalisées à l'aide d'une aiguille stérile sont réalisées sur chaque fruit. Une gouttelette de 6 μ l contenant un inoculum de 10^6 sp/ml est déposée à l'endroit des blessures.

II.8.5. Notation de la maladie

II.8.5.1. Notation sur les feuilles détachées

La notation de maladie est estimée grâce à l'échelle de Lakshmi et al. (2015) (Tableau 08). **Tableau 08 :** Echelle de la sévérité de la maladie sur feuilles

Pourcentage de l'infection	Note
Pas d'infection	0
Jusqu' 5%	1
6% à 10 %	2
11- 20%	3
21- 50%	4

Supérieure à 50%	5
------------------	---

L'indice de maladie en pourcentage est effectué selon la formule de Mayee et Datar (1986) donnée comme suit :

$$\text{Indice de la maladie en pourcentage (PDI)} = \frac{\text{Somme de la notation numérique} \times 100}{\text{Nombre d'unités examinées} \times \text{note maximale}}$$

II.8.5.2. Notation sue les fruits

La notation est réalisé après 48 heure d'inoculation, les notations suivantes toutes les 48 heures pour la tomate et 72 heure pour le piment, suivant le développement des symptômes.

La taille de la lésion mesurée suivant le plus grand axe du fruit suivant le plus petit axe du fruit, ont également été mesurées à l'ide d'une règle graduée suivant deux façon circulaire, leur diamètre (DL) a été évalué comme suite :

$$DL = \frac{\text{largeur de lésion} + \text{Longueur de lésion}}{2}$$

II.8.6. Calcule de l'AUPDC

L'AUDPC est utilisée pour quantifier l'intensité de la maladie (Madden et *al.* 2007) donnée comme suit :

$$UPDC = \frac{(y_i + y_{i+1})}{2} (T_{i+1} - T_i)$$

T : temps

Y : indice moyen de maladie

Pour confirmer la présence et la virulence de l'isolat inoculé, les plantules utilisées dans le test du pouvoir pathogène (y compris le témoin) ont été récupérées pour effectuer un réisolement de l'agent pathogène et vérifier le postulat de koch. Le réisolement a été fait par repiquage d'un fragment de deux centimètres des feuilles et des fruits, de toutes les plantules, sur le milieu PDA, les cultures fongiques obtenues sont comparées à leurs cultures mères (postulat de koch) (Marcheur et *al.* 2006).

I. Résultat

I.1. Symptômes

Sur clémentine : les symptômes se présentent sous forme des tâches nécrotiques de couleur marron foncé commençant à partir à l'extrémité de la feuille, du haut ou du bas. Une zone jaunâtre délimite la

nécrose, avant de disparaître et laisser la place à la première qui occupe alors toute la surface de la feuille. Les acervules sont absents (Figure 16).

Sur Thomson : les symptômes se présentent sous forme de taches nécrotiques plus ou moins circulaires à centre gris portant de petits points noirs : les acervules. La nécrose est entourée d'un liseré de couleur marron foncé (figure17). Si les conditions climatiques sont favorables à l'évolution de la maladie, toutes les nécroses finissent par coalescer et les feuilles chutent sur le sol. Les arbres présentent une défoliation plus ou moins sévère selon l'importance de l'attaque du pathogène.



Figure 16: Symptômes d'antracnose sur feuille de clémentine



Figure 17: Symptômes d'antracnose sur feuille de Thomson

I.2. Notation de la maladie

I.2.1. Sur arbre

I.2.1.1. Indice de la maladie en pourcentage

Lors de l'échantillonnage, les arbres de la variété Thomson Naval ne présentaient pas de défoliations, ne n'avons donc pas estimé la sévérité de la maladie sur l'arbre. En revanche, nous avons pu l'estimer sur la Clémentine. La sévérité de la maladie au niveau de verger de Clémentine est estimée à 63 %.

I.2.2. Sur feuilles

I.2.2.1. Sévérité de la maladie sur feuilles

▪ Variété Thomson Navel

Les résultats d'analyse de la variance de la sévérité indiquent une différence non significative (annexe 1). La figure x montre un même niveau de sévérité pour toutes les orientations (Nord, Ouest, Est et Sud). L'orientation n'a pas d'effet sur la sévérité de maladie.

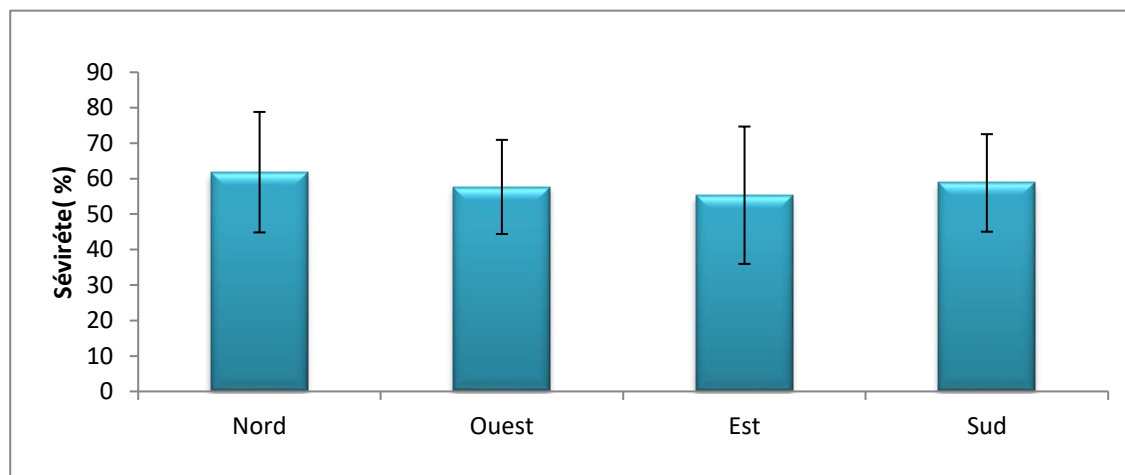


Figure18 : Sévérité de maladie, selon l'orientation des feuilles au niveau de l'arbre, pour la variété Thomson Navel

▪ Variété Clémentine

Les différences notées au niveau de la courbe ne sont pas significatives sur le plan statistique (annexe 2). Comme pour la variété Thomson Navel, l'orientation (Nord, Ouest, Est et Sud) n'a pas d'effet sur la sévérité de maladie.

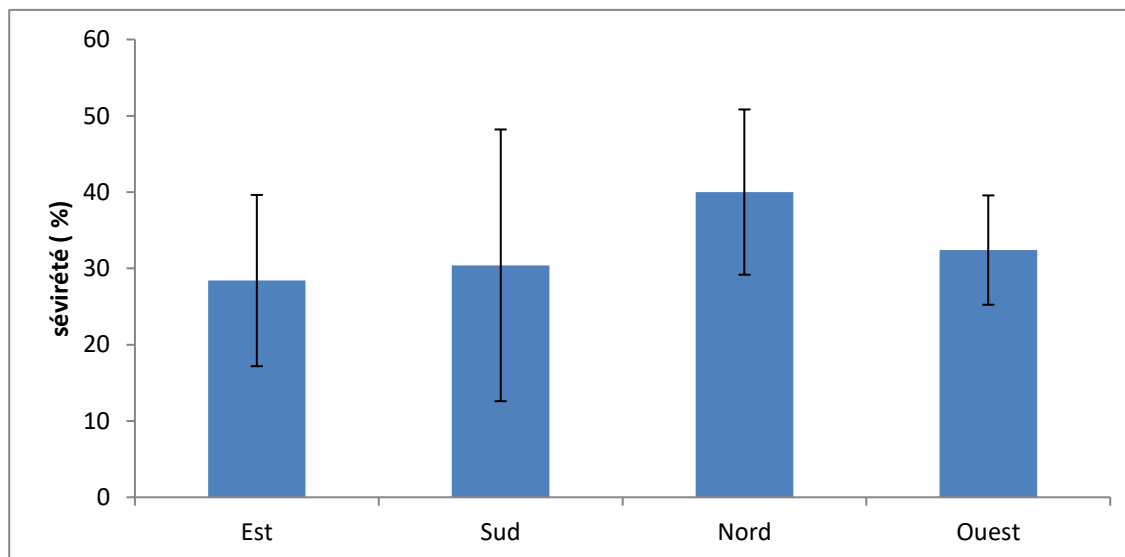


Figure 19: Sévérité de l'antracnose, selon l'orientation des feuilles au niveau de l'arbre, pour la variété clémentine.

I.3.

Caractéristiques morphologiques et culturelles des isolats de *colletotrichum* sp.

I.3.1. Aspect macroscopique

Après 7 jours d'incubation sur PDA, nous avons noté deux types de morphotypes. Chez le premier, les colonies ont un mycélium aérien, dense plus ou moins cotonneux et de couleur blanc-crème (Figure

20A), le revers est vert au centre et orange à la périphérie (Figure 20C). Chez le deuxième, les colonies sont blanches tirant légèrement au rose (figure 20B), le revers est roses-pâle (Figure 20D).

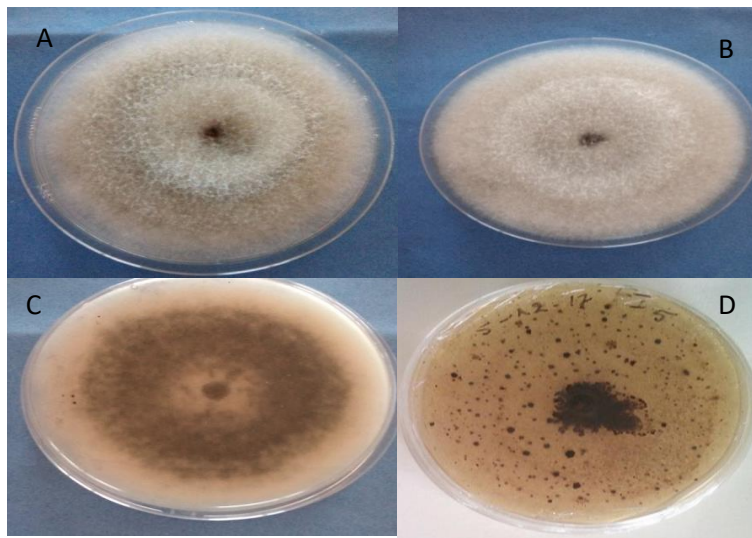


Figure 20 : Aspect macroscopique de *Colletotrichum* sp. Morphotype 1 : **A**, face supérieure de la colonie; **C**, face inférieure ; Morphotype 2 : **B**, face supérieure de la colonie ; **D** : face inférieure.

Les acervules de quelques millimètres de diamètre sont dispersés sur la colonie ou condensés.

I.3.2. Aspect microscopique

Les conidies (figure 21A) *Colletotrichum* isolées sont hyalines, droites, de formes cylindriques et les arrondis aux deux extrémités. Elles sont produites à partir des acervules. Les appressoria observés sur milieu PCA sont bruns (figure 21(B, C, D, E)). Le mycélium est hyaline et condensé (Figure 21F). Les Conidiophores, sont hyalins à brun pale (figure 21 G).

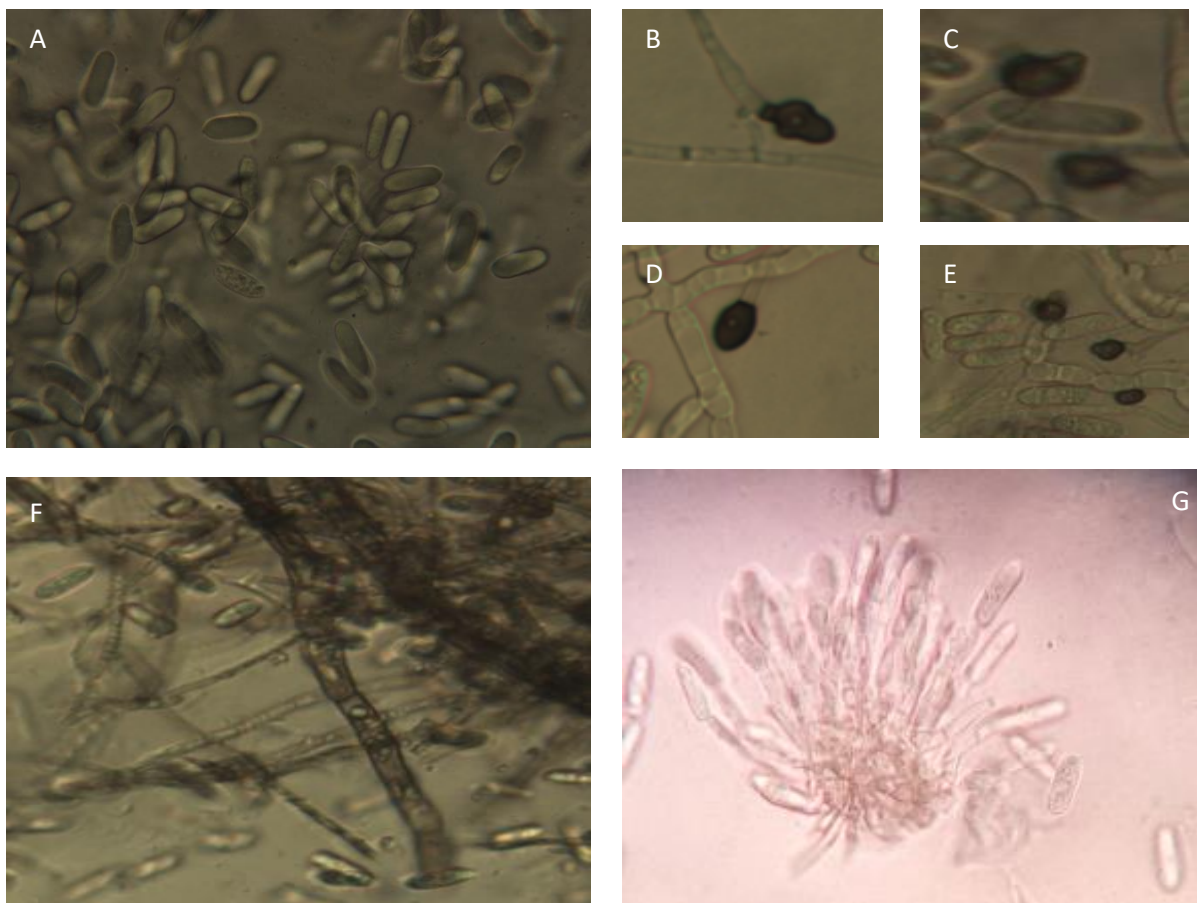


Figure 21: caractérisation microscopiques de *colletotrichum* sp. A, les conidies ; B, C, D, E : appressoria; F : mycélium ; (G) Conidiophore portant des conidies au sommet (x 40).

I.4. Taille des conidies

La taille des conidies est variable selon l'isolat, les valeurs moyennes pour la longueur varient de 13,65 à 16,32 μm . La largeur moyenne varie entre 4,83 à 7,40 μm . La longueur maximale atteinte est de 20,8 μm , elle revient aux isolats TI1 et TI2. En revanche, la longueur minimale revient à l'isolat CF13, CF12, CF2, TI1, TI2, FI2, FI5 avec une valeur de 10,4 μm . La largeur varie de 2,6 à 9,1 μm .

La longueur et largeur moyenne des conidies des isolats CF13, CF12 et CF2 isolés à partir de la Clémentine sont inférieures à celles des isolats obtenus à partir de variété Thomson Navel.

Tableau 10 : longueur et largeur des conidies de *colletotrichum* sp.

Isolats	Longueur (μm)	Largeur (μm)
Cf13	13,65 (10,4-18,2)	5,2 (2,6-7,8)
Cf12	13,67 (10,4-18,2)	4,83 (2,6-5,2)
Cf2	13 ,68 (10,4-18,2)	4,98 (2,6-7,8)
Ti1	16, 32 (10,4-20,8)	6,68 (5,2-7,8)
Ti2	15,29 (10,4-20,8)	7,40 (5,2-9,1)
Fi2	14, 32 (10,4-18,2)	5,90 (5,2-7,8)
Fi3	15,96 (13-18,2)	6,31 (5,2-7,8)
Fi5	14,44 (10,4-18,2)	6,29 (5,2-7,8)

I.5. Effet de la température sur la croissance et la sporulation de *Collétotrichum*

I.5.1. Croissance mycélienne

Les figure 22, 23 et 24 ne montrent pas une grande variation entre les isolats. En revanche, l'effet de la température et net, Les résultats obtenus montrent que les températures 28°C et 25°C favorisent mieux la croissance mycélienne par rapport à 22°C avec des valeurs moyennes maximales de 40,083 μm , 39,833 μm et 38 μm respectivement. Effet de la température sur la croissance mycélienne des isolats montre une différence significative ($p < 0,05$) (Annex4).

D'après nos résultats on constate que la meilleur température pour la vitesse de croissance est 28°C avec une moyenne de vitesse pour tous les isolats 4,16 mm/jours.

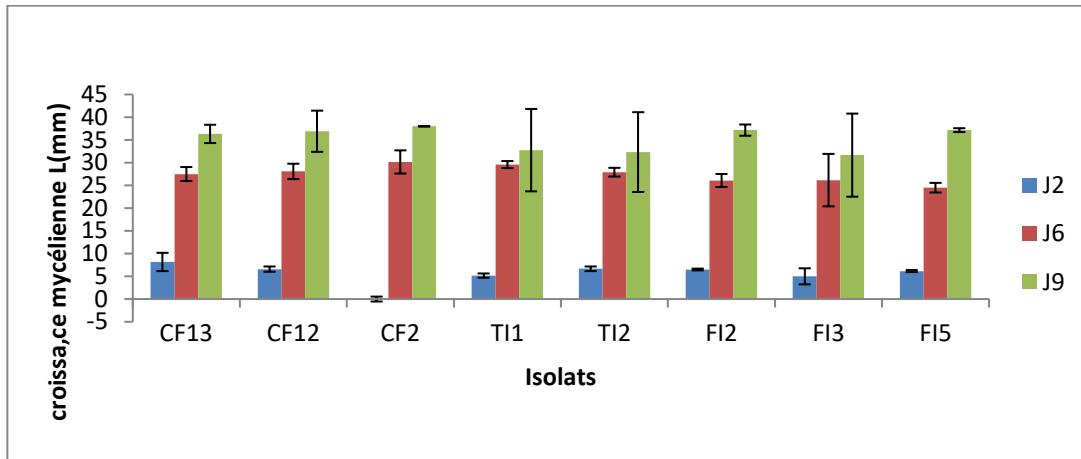


Figure 22: croissance mycélienne des isolats de *colletotrichum* sp. , à 22°C

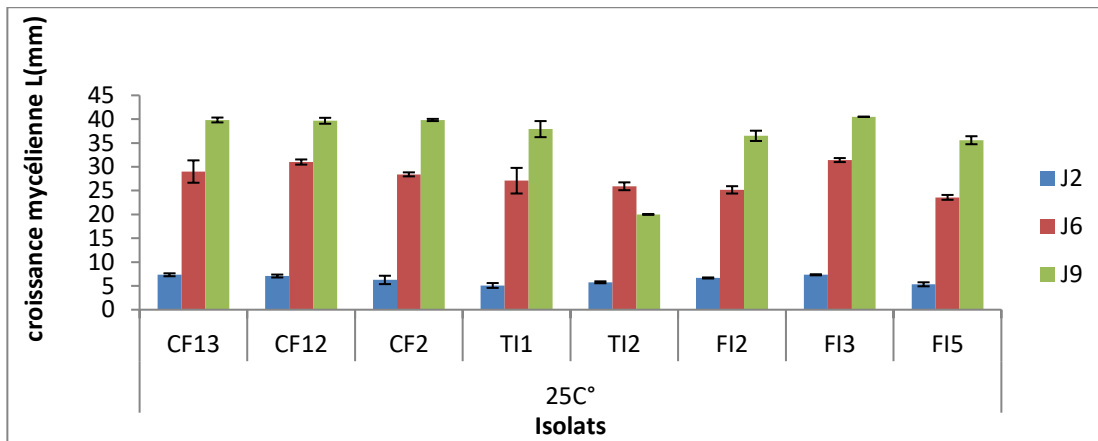


Figure 23 : croissance mycélienne des isolats de *colletrichum* sp. , à 25°C

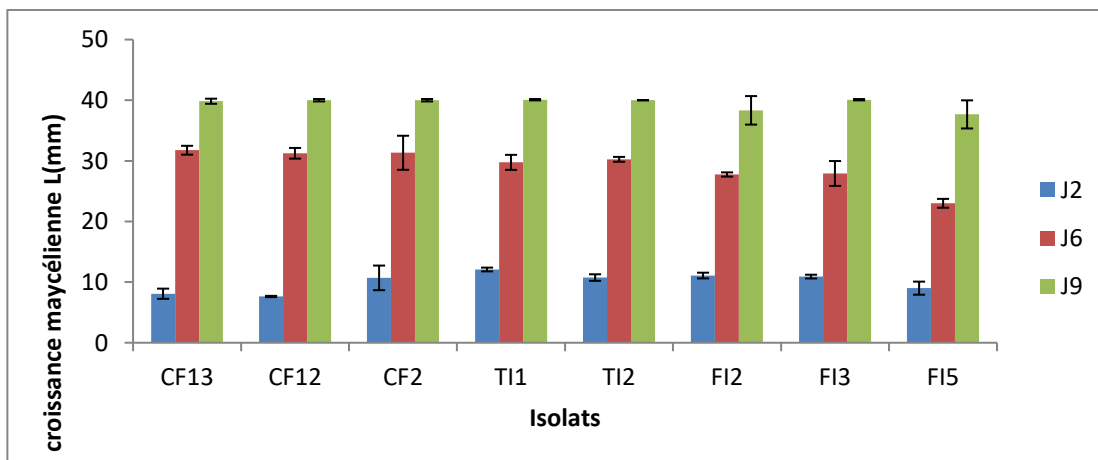


Figure 24: Croissance mycélienne sur les isolats de *colletotrichum* sp. , à 28°C

I.5.2. Mesure de la sporulation

L'influence de la température sur la sporulation révèle une différence significative entre les trois températures à $p < 0,05$ (figure 25). Les résultats obtenus montrent que la température optimale pour la sporulation est 28°C avec une moyenne de $2,73 \times 10^6$ spores/ml contrairement aux autres températures 22°C et 25°C qui ont une moyenne de $1,13$ et $1,12 \times 10^6$ spores/ml respectivement (figure 25). L'isolat Ti1 possède la plus importante sporulation (10×10^6 spores/ml) à 28°C .

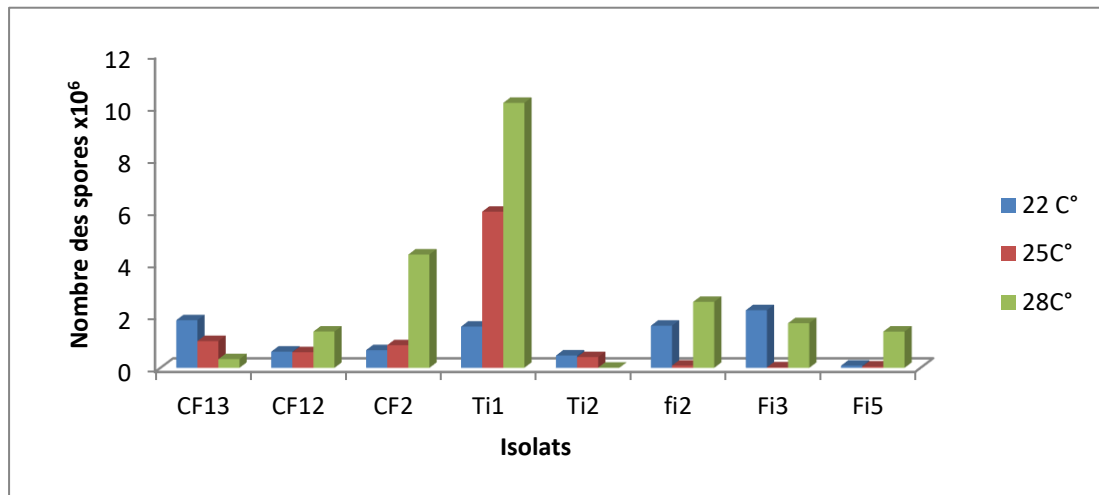


Figure 25 : Sporulation de *Colletotrichum* sp. à différents niveaux de température (22°C , 25°C et 28°C).

I.6. Test de pathogénicité de *colletotrichum* sp. sur la tomate (Kawa) et piment (Biskra)

Le pouvoir pathogène est estimé par la PDI. Cette dernière permet de quantifier l'agressivité des isolats. Les symptômes sur feuilles et fruits inoculés. Apparaissent d'abord sous forme de petites nécroses, de quelques millimètres de diamètre, de couleur brun foncé. Elles s'élargissent au fur et à mesure de la persistance des conditions idéales d'incubation, notamment sur toute la surface des feuilles et du fruit.

1.6.1. Degré d'attaque

1.6.1.1. Sur feuilles de piment (var. Biskra)

Les indices d'attaque obtenus à partir de notation effectuées pendant huit jours nous permettent de distinguer plusieurs niveaux de réaction, variant selon les isolats et les variétés. la figure(26), montre les symptômes sur feuilles de piment (var. Biskra).

D'après les analyses de variance (Annexe06) nos résultats relèvent une différence significative ($p < 0,05$) de la PDI des isolats sur les feuilles de piment (figure 27); au cours du huitième jour l'évolution de la PDI a atteint 100% pour les isolats CF13, CF12, CF2, Ti1, Ti2 et est moins importante pour les trois autres Fi2, Fi3 et Fi5 (90,40 et 93) respectivement.

On remarque que les valeurs de PDI des isolats sont supérieures à celle de témoin (83,62 % et 20%) respectivement.

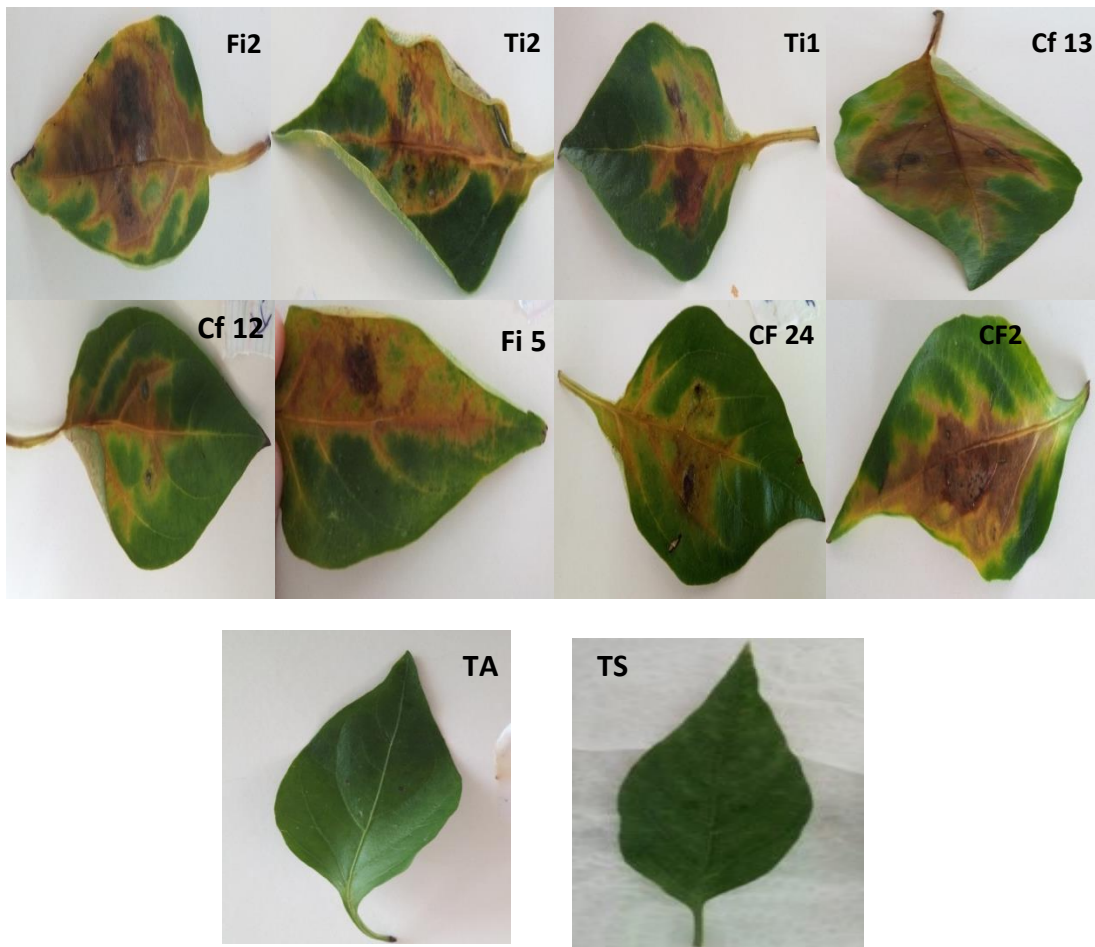


Figure 26 : Symptômes d’antracnose et degré d’attaque sur les feuilles de piment inoculées chacune par un isolat de *colletotrichum* sp. Après huit jours d’incubation

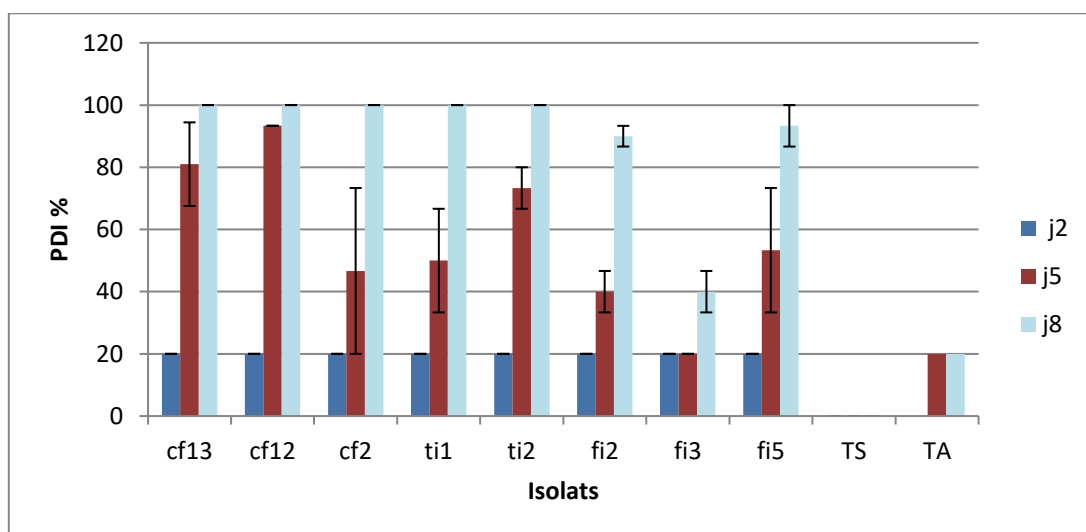


Figure 27 : Evolution des symptômes de *colletotrichum* sp. Sur les feuilles de piment après 8 jours d'incubation

1.6.1.2. Sur les feuilles des tomates

Dés le deuxième jour d'incubation, on a observé qu'il y a une apparition des tache brun entourés par des zones jaunes sur les feuilles de tomate. Ces derniers s'évoluent en fonction des jours et atteignent le maximal d'attaque (échelle 5) Le neuvième jour (figure28)

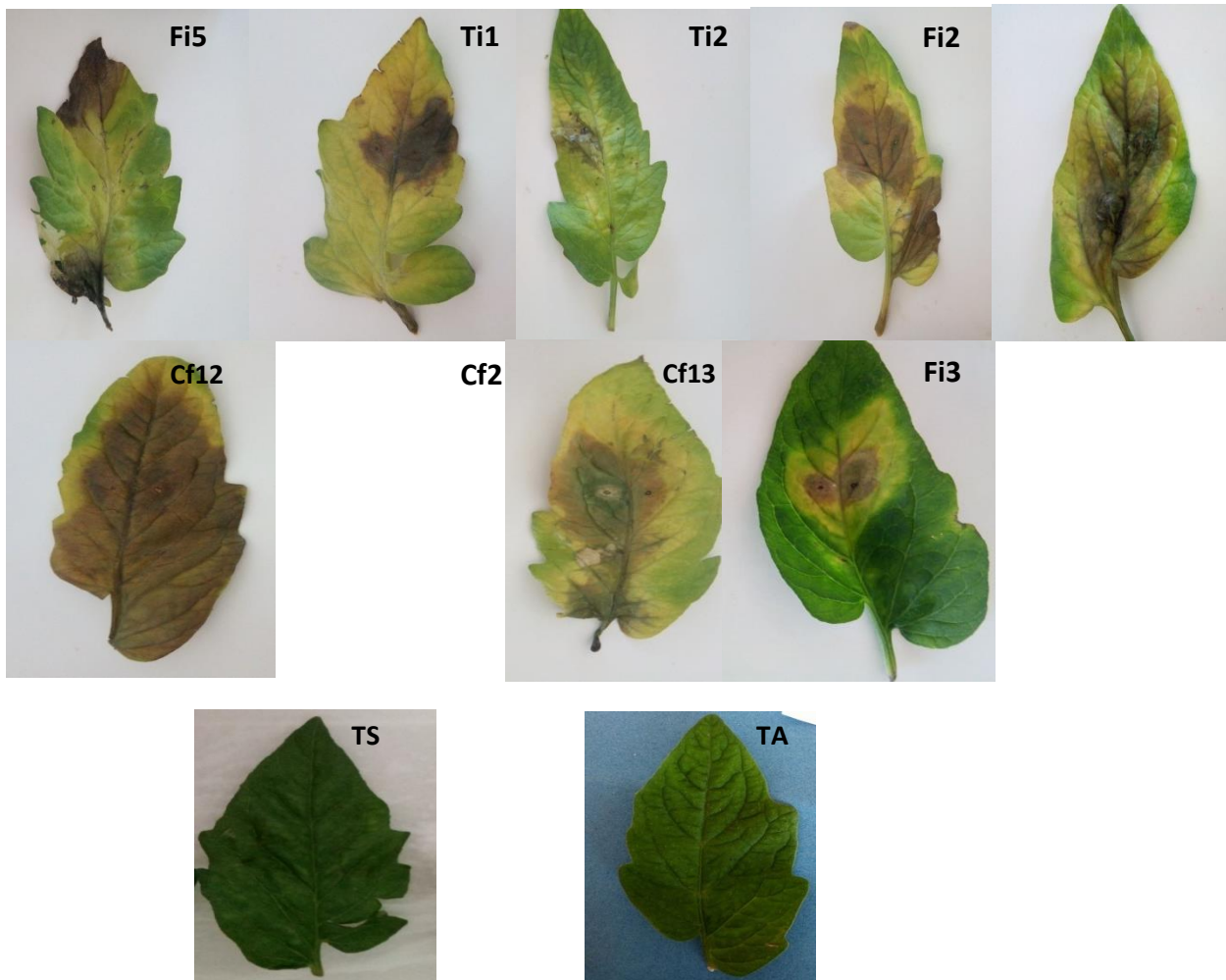


Figure 28: les symptômes de *colletotrichum* sur les feuilles de tomate après 9 jours d'incubation

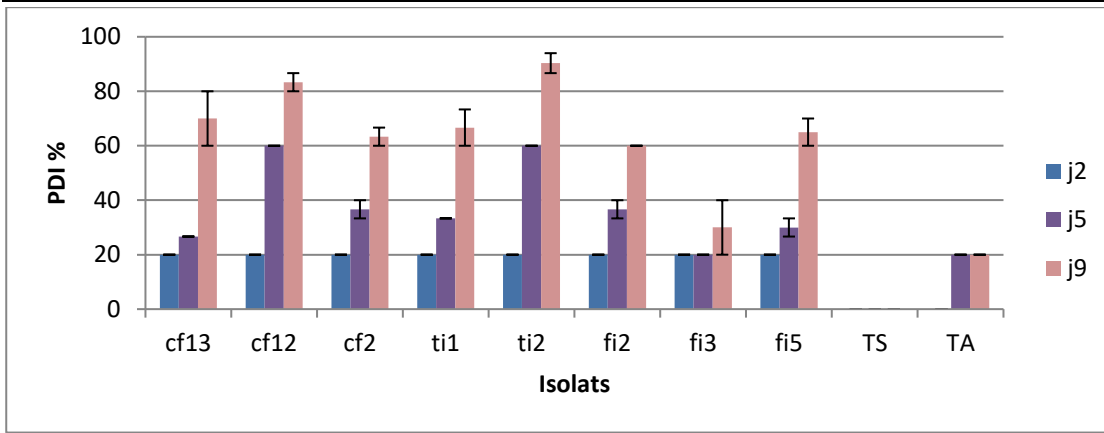


Figure 29 : Evolution de l'indice de la maladie causé par *colletotrichum* sp. Sur les feuilles de la tomate pendant 9 jours d'incubation

D'après les analyses de variance nos résultats relèvent une différence significative ($p < 0.05$) de PDI des isolats sur les feuilles de tomate (figure 29) au cours de neuvième jour on observe une variation dans l'évolution de la PDI la plus marquée est celle de Ti2 avec 90%, la valeur minimale a été observée chez l'isolat Fi3 avec 30% .

Nos résultats sont supérieurs à celle de témoin avec une moyenne de 65.87 % des isolats contre 20 % de témoin.

Les résultats de l'analyse de variance par le test Anova révèlent une différence significative de PDI selon les isolats (Annexe 07).



1.6.1.3
 . Sur les fruits



Figure 30 : les symptômes de *colletotrichum* sur les fruits de piment après 21 jours d'incubation

La figure (30) montre les nécroses causées par chaque isolat de *colletotrichum* sp. , sur les fruits de piment après 21 jour d'incubation. le développement des symptômes était lent pour les huit isolat sous forme des



lésions de taille entre 1- 3 mm, par contre les deux témoin ne réveille aucune réaction.

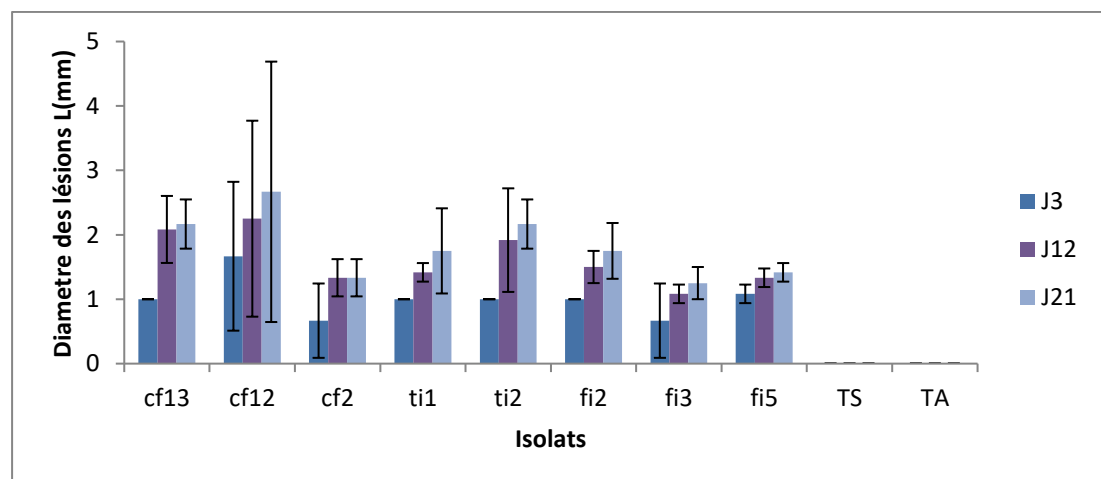


Figure 31 : Evolution de l'indice de la maladie causé par *colletotrichum* sp . Sur les fruits piments pendant 21 jours d'incubation

La figure 31 représente Les résultats de notre expérience qui montre des différences significative ($p < 0.05$) entre le diamètre des lésions des isolats pendant 21 jour dans le fruit de piment, au cours de 21 jour CF12 représente un diamètre supérieure à celle des autres isolats 2.66 mm, la valeur de diamètre la moins importante par rapport aux autres isolats a été noté chez Fi3

Notre expérience démontre l'absence totale de l'évolution de diamètre chez les témoins TS et TA

1.6.1.4 .Sur les fruits des tomates

Après 10 jours d'incubation des fruits de tomate (var, kawa) inoculés chacun par un isolat de *colletotrichum* sp., Le champignon se développe provoquant des lésions blancs grisâtres avec une masse orange des conidies sur la peau des fruit (figure 31)

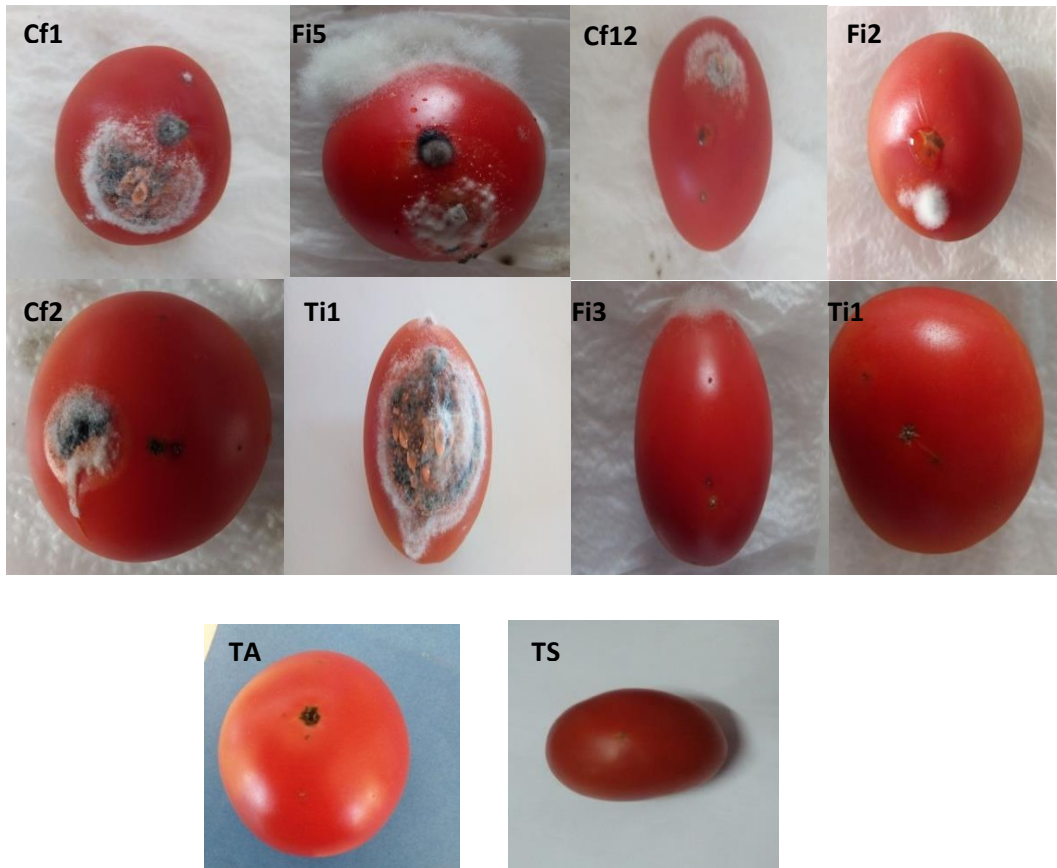


Figure 31 : les symptômes causés par *colletotrichum* sp. Sur les fruits de Tomate après 10 jours D'incubation

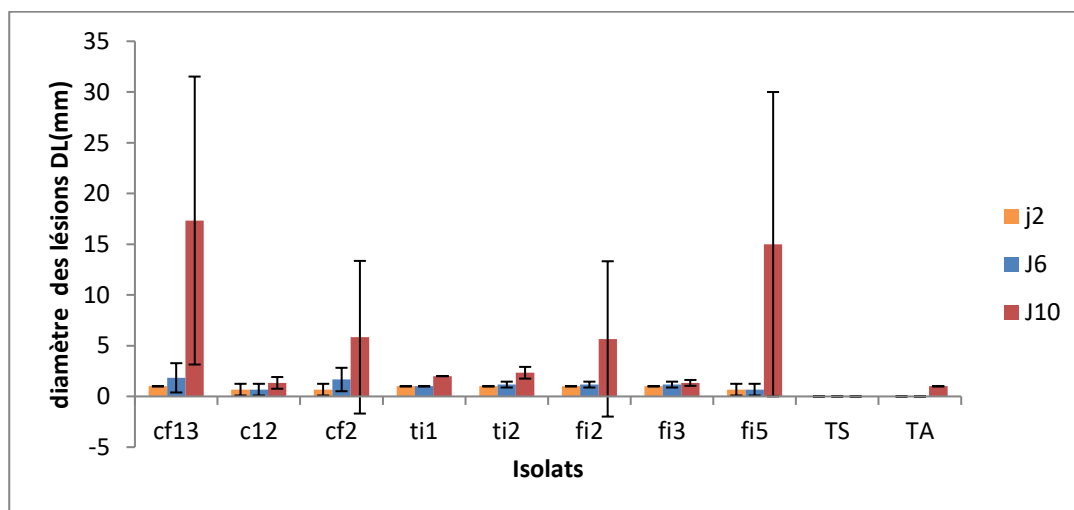


Figure 32 : Evolution des diamètres des lésions sur les fruits de Tomate après 10 jours d'incubation

Notre recherche expérimental révèle des différences significative ($p < 0.05$) entre le diamètre des lésions des isolats pendant 21 jour entre le fruit de la tomate (figure 32), la grande valeur des diamètres des lésions des isolats a été observé chez Cf13 (17.33 mm) au cours 10 jour, en revanche la plus petite a été noté chez C12 et Fi3 (1.33 mm).

On remarque l'absence totale de l'évolution de diamètre chez le témoin TS par contre le témoin TA représente une valeur de 1 mm au cours de 10 jour

I.6.2. Calcul de l'AUDPC

L'AUDPC est utilisée pour quantifier l'intensité de la maladie (Madden et al., 2007). Les AUDPC faibles représentent une lente progression de la maladie et une grande résistance de la plante, le contraire des AUDPC élevés représentent une progression rapide de la maladie et une haute sensibilité de la plante. Elle révèle différents degrés de sévérité chez chaque isolat dans le test de pathogénicité sur feuilles détachées, ce qui ne mène à dire que cette plante réagit d'une manière différente vis-à-vis des isolats de *Colletotrichum* sp. (figure 33).

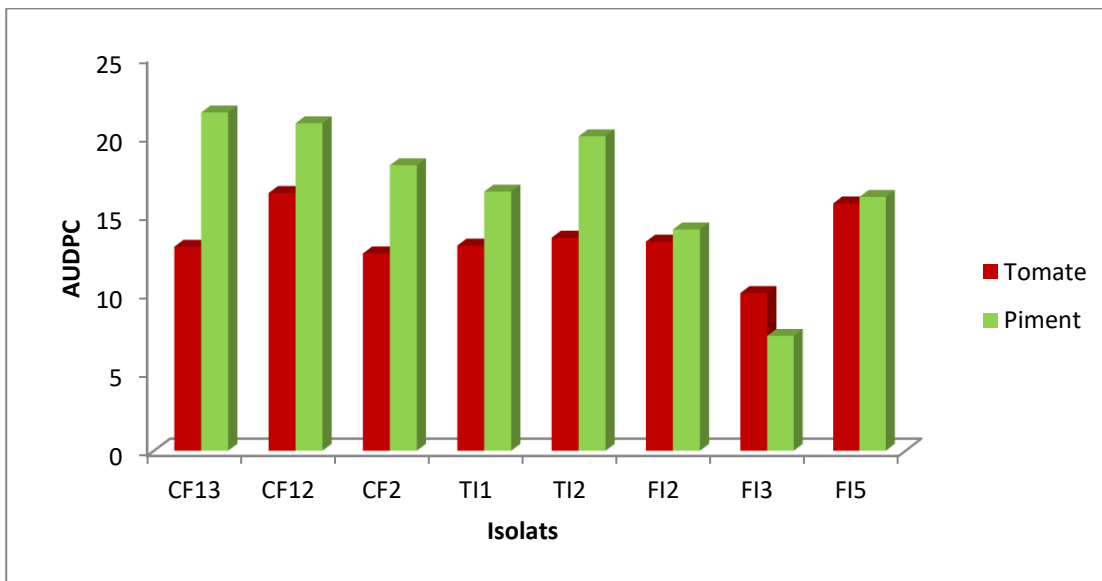


Figure 33: intensité de maladies sur les feuilles de piment et de tomate

Les résultats obtenus dans la figure 33 montrent une certaine faiblesse de l'AUDPC chez les feuilles de tomate par rapport à celles des piments pour les isolats (cf13, cf12, cf2, Ti1, Ti2) par contre, chez les isolats (fi2, fi5), on observe que l'intensité de la maladie entre les deux cultures est presque convergée, l'isolat (fi3) représente un AUDPC de 10,05 chez le piment et de 7,33 chez les feuilles de tomate.

II. Discussion

Les résultats de l'étude nous ont permis d'identifier l'espèce de l'agent causal de l'antracnose des agrumes et d'identifier les conditions optimales pour une bonne croissance mycélienne et sporulation.

La connaissance de l'influence de la température sur le développement de *colletotrichum* peut être utilisée comme un moyen de prévention contre la maladie d'anthracnose.

Nos résultats concordent avec ceux obtenus par Sharma M. et al (2014), qui affirme que ce champignon nécessite une température de 25-28 C° pour une meilleure croissance et sporulation de *C. gloeosporioides* sur PDA.

Les résultats obtenus sur l'aspect macroscopique et microscopique culturale sont les mêmes ceux de H.Tahri et al, 2016. Les conidies hyalines cylindrique à fusiformes. Les appressoria bruns, ovoïdes et parfois claviforme.

Les longueurs de nos conidies sont légèrement différentes de celles relevées par Rhaiem et Taylor (2016) en Tunisie pour des souches de *Colletotrichum gloeosporioides* isolées à partir d'agrumes. La longueur moyenne pour l'ensemble de nos isolats est 14,66 µm contre 15.3 mm pour les isolats tunisiens. En revanche, la largeur moyenne de nos conidies est 5,94 µm contre 4,85 pour les isolats tunisiens. Ceci est par contre cohérent avec les résultats obtenus par M.Lourd, et al 1979. L'inoculation artificielle des isolats de *colletotrichum sp.* Sur une gamme des cultures maraichères (tomate, piment) montre une caractérisation de pouvoir pathogène des huit isolats de *colletotrichum sp.* Evaluée à quatre périodes d'incubation (8, 9, 10, 21 jours) pour les feuilles de piment, tomate, fruits piment et de tomate respectivement. En effet, l'apparition des symptômes dès le deuxième jour d'inoculation des fruits de tomate nous confirme les résultats trouvés par (Svetlana Z. , et al 2010) qui dit que les symptômes de la maladie sur les fruits de la tomate commencent par des petites lésions foncées qui ont un aspect imbibé d'eau, ce qui augmente de diamètre et coalesce, laissant un grand creux submergé région. Sous des températures favorables, des lésions sur mûres les fruits deviennent visibles dans les 5 à 6 jours suivant l'infection. Les masses de conidies orange peuvent être dispersées ou anneaux concentriques sur la lésion (Figure 31). Acervules noires sont produites juste sous la peau de l'infecté fruit Selon (Simonds et al 1965) (Cannon et al, 2000) plusieurs espèces de *Colletotrichum spp.* Peuvent être associées à l'anthracnose du piment tel que *C. acutatum*, *C. gloeosporioides*, cela confirme les résultats des symptômes développés sur les feuilles de piment Selon (Kim et al 2004) différentes espèces infectent la plante de piment à différents stades. Les feuilles et les tiges sont endommagées par *C. acutatum* et *C. gloeosporioides* infectent les fruits du piment.

Conclusion

Conclusion

Le travail réalisé sur *colletotrichum* sp. et *colletotrichum gloeosporioides* de la région de Bouguirate, wilaya de Mostaganem sur les agrumes avait pour but d'étudier les caractérisations morphologiques et culturales des pathogènes afin de tester leurs pouvoir de pathogénicité.

Une différence de croissance, de vitesse de croissance mycélienne, de sporulation et de taille des conidies est constatée entre les différents isolats.

La meilleure croissance est noté en condition de température 25°C et 28°C, tandis que 28°C est l'optimum pour la vitesse de croissance et la sporulation

La moyenne des tailles de conidies varie entre 13.65 à 16.32 µm et de 4.83 à 7.40 pour la largeur.

Sur le plan pathogénique, le degré d'agressivité n'était pas similaire pour les différents isolats, certains sont plus agressifs que d'autres.

L'estimation de l'intensité de maladie par L'AUDPC avait démontré que la tomate (Kawa) est plus résistante à la majorité des isolats comparant au piment (Biskra).

A l'avenir ce travail mérite d'être approfondi en s'intéressant à l'identification moléculaire des isolats (CF13, CF12 et CF2) et il sera intéressant de réaliser d'autres test sur d'autres plantes hôtes afin de tester leurs pouvoir pathogène sur d'autres cultures.

Au niveau de la lutte, il est souhaitable de trouver un moyen de lutter contre cette maladie.

Références bibliographiques

Référence bibliographique

- **A.C.T.A., 2008** – Guide pratique de défense des cultures, Association de Coordination Technique Agricole, A..C.T.A., paris, 867 P.
- **Adaskaveg, J. E., and Förster, H.** 2000. Occurrence and management of anthracnose epidemics caused by *Colletotrichum* species on tree fruit crops in California. Pages 317-336 in: *Colletotrichum: Host Specificity, Pathology, and Host-Pathogen Interactions*. D. Prusky, S.Freeman, and M. B. Dickman, eds. American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
- **Agostini, J. P., Gottwald, T. R., and Timmer, L. W.** 1993. Temporal and spatial dynamics of postbloom fruit drop of citrus in Florida. *Phytopathology* 83:485-490.
- **Agrios, G.** (2005). *Plant Pathology*. 5th edn. Academic Press, New York. pp 922.
- **Agusti.M ;Zaragoza.S ;Bleiholder.H ;Buhr.L ;Hack.H ;Klose.R et satauss. R(1995)-** Echelle BBCH des stades phénologiques des agrumes.
- **Ajay K.**(2014) *Colletotrichum gloeosporioides*: biology, pathogenicity and management in India *Journal of Plant Physiology & Pathology India*.

- **Ana L. Rodrigues, Danilo B. Pinho, Daniela O. Lisboa, Robson J. Nascimento, Olinto L. Pereira, Acelino C. Alfenas & Gleiber Q. Furtado** *Colletotrichum theobromicola* causes defoliation, stem girdling and death of mini-cuttings of eucalyptus in Brazil. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 36570-900, Brazil
- **Anonyme(2013)**-Production des agrumes : Comment augmenter le rendement.
- **Awa O., Samuel, O., Oworu, O. and Sosanya, O. (2012).** First report of fruit anthracnose in mango caused by *Colletotrichum gloeosporioides* in 24 Southwestern Nigeria. International Journal of Scientific and Technology Research, 1(4): 30-34.
- **Badoc C., De Meeu T., Bertout S., Odds F.C., Maille M et Bastide J.M. 2002.** Clonality
- **Baker RED, Crowdy SH, Mckee RK. 1940** – A review of latent infections caused by *Colletotrichum gloeosporioides* and allied fungi. Tropical Agriculture 17, 128–132.
- **Barrett H., Rhodes A. (1976),** A numerical taxonomic study of affinity relationships in cultivated Citrus and its close relatives. *Systematic Botany*, pp. 105-136.
- **Booth C. 1981.** Perfect states (teleomorph) of Fusarium species pages 446-452.
- **Bose SK, Sindhan GS, Pandey BN (1973)** Studies on the die back disease of mango in the Tarai region of Kumaon. Prog Horticult 5: 41-53.
- **Botton B., Breton A., Fevre M., Ganthier S., Gus PH., Larpent J.P., Reymond P., Sanglier J.J., Vayssier Y. et Veau P., 1990**-Moisissure utiles et nuisibles importances industrielles. 2 Ed. 3 Ed. Milan Barcelone Mexico. Paris. 120p
- **Bouznad, 1989,** contribution à la connaissance du genre Aschochyta chez les légumineuses en Algérie. Etude biologique, ultra structure et cytochimique des relations hôte-pathogène chez le couple *A. pisi/ pisium sativum*. Thèse. Doc. Es-sa-nat. Université Pierre Marie Curie, 190P.
- **Cai, L., Hyde, K., Taylor, P., Weir, B., Waller, J., Abang, M., Zhang, J., Yang, Y., Phoulivong, S. and Liu, Z. (2009).** A polyphasic approach for studying *Colletotrichum*. *Fungal Diversity*, 39: 183-204.
- **Cannon PF, Buddie AG, Bridge PD (2008)** The typification of *Colletotrichum gloeosporioides*. Mycotaxon 104:189-204.
- **Cannon PF, Damm U, Johnston PR, Weir BS (2012)** *Colletotrichum* - current status and future directions. Studies in Mycology 73:181-213.
- **Cannon, P.F., Bridge, P.D., Monte, E., 2000.** Linking the past, present and future of *Colletotrichum* Systematics. In: Prusky, D., Freeman, S., Dickman, M. (Eds.), causing anthracnose of *Pisonia alba* in India. Arch Phytopathol Pl Prot 46:201-204.

- **Chowdappa, P. and Kumar, S. M.** (2013). Existence of two genetically distinct populations of *Colletotrichum gloeosporioides* Penz in mango from India. *PestManagement In Horticultural Ecosystems*, 18: 161-170.
- **Clements FE, Shear CL.** 1931 – The general of Fungi. Hafner Press, New York. p. 496. *Colletotrichum: Host specificity, Pathology and Host- Pathogen Interactions.* APS Press, St. paul, Minnesota, p.1-20.
- **Corda ACJ.** 1837 – Pilze in J. Sturm. Deutschland Flora 3, 41.
- **Damm U., Baroncelli, R., Cai, L., Kubo, Y., O'Connell, R., Weir, B., Yoshino, K. and Cannon, P. F.** (2010). *Colletotrichum: species, ecology and interactions IMA Fungus: The Global Mycological Journal*, 1:161
- **Dean, R., Van Kan, J. A., Pretorius, Z. A., Hammond-Kosack, K. E., Di Pietro, A., Spanu, P. D., Rudd, J. J., Dicman, M., Kahmann, R. and Ellis, J.** (2012). The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 13: 414-430.
- **Dodd, J. C., Estrada, A. B. and Jeger, M. J.** (1992). Epidemiology of *Colletotrichum gloeosporioides* in the tropics, pp. 308-325 In: J.A. Bailey and M.J. Jeger (eds). *Colletotrichum-Biology, Pathology and Control.* Wallingford, UK; CAB International.
- **Dolar, A., and V.J.Higgins.,** 1994 Detached leaf for screening chickpea for resistance to *Aschochyta* blight.
- **Duke MM.** (1928) – The genera *Vermicularia* Fr. and *Colletotrichum* Cda. *Transactions of the British Mycological Society* 13, 156–184.
- **Esclapong D.R.,** (1975) : Les agrumes. Ed. La Somivac, Crose, n°68, 12P.
- **Estrada, A. B., Dodd, J. C. and Jeffries, P.** (2000). Effect of humidity and temperature on conidial germination and appressorium development of two Phillipine isolates of the mango anthracnose pathogen *Colletotrichum gloeosporioides*. *Plant Pathology* 49: 608-618
- **Estrada, A. B., Dodd, J. C. and Jeffries, P.** (2000). Effect of humidity and temperature on conidial germination and appressorium development of two Phillipine isolates of the mango anthracnose pathogen *Colletotrichum gloeosporioides*. *Plant Pathology* 49: 608-618
- **FAO.** 2014. FAOSTAT [http:// faostat3. Fao.org/home/E](http://faostat3.fao.org/home/E).
- **Freeman, S., Katan, T. and Shabi, E.** (1998). Characterization of *Colletotrichum* species responsible for anthracnose diseases of various fruits. *Plant Disease*, 82: 596-605.
- **Fusarium: Diseases, biology and taxonomy.** Nesison P.E, Toussoun T.A et Cook R.J (Ed). Pennsylvania states. University Press. University Park. Pp: 457.

- **Giblin F., Coates, L. and Irwin, J.** (2010). Pathogenic diversity of avocado and mango isolates of *Colletotrichum gloeosporioides* causing anthracnose and pepper spot in Australia. *Plant Pathology* .39: 50–62.
- **GoogleEarth**,(2018):<https://www.google.com/maps/search/google+earth+bouguirat+mostagane+m/@35.751282,0.237753,5249m/data=!3m1!1e3>
- **Guerber, J. C., and Correll, J. C.** 2001. Characterization of *Glomerella acutata*, the teleomorph of *Colletotrichum acutatum*. *Mycologia* 93:216-229.
- **Guerber, J. C., Liu, B., Correll, J. C., and Johnston, P. R.** 2003. Characterization of diversity in *Colletotrichum acutatum sensu lato* by sequence analysis of two gene introns, mtDNA and intron RFLPs, and mating compatibility. *Mycologia* 95:872-895.
- **H. Taheri**(2016) Species of *Colletotrichum* associated with citrus trees in Iran et al, *University of Guilan, Rasht, Iran*
- **Hajer Khefifi.**(2015) .Etude physiologiques et génétiques de caractère morpho-physico-chimiques des fruits d'agrumes au cours de la maturation jusqu'à l'abscission. thèse pour obtenir le grade de docteur. 252 p
- **Hawksworth DL, Sutton BC, Ainsworth GC.** 1983 – Ainsworth and bisby's dictionary of the fungi 7th ed. Commonwealth Mycological Institute, Kew United Kingdom. p. 445.
- **Hiremath SV, Hiremath PC, Hegde RK** (1993) Studies on cultural characters of *Colletotrichum gloeosporioides* a causal agent of Shisham blight. *Karnataka J Agricul Sc* 6: 30-32.
- **Hubballia M, Nakkeerana S, Raguchandera T, Ananda T, Renukadevi P**(2011) Physiological characterisation of *Colletotrichum gloeosporioides*, the incitant of anthracnose disease of noni in India. *Arch Phytopathol PI Prot* 44:1105-1114.
- **Hyde, K., Cai, L., Mckenzie, E., Yang, Y., Zhang, J. and Prihastuti, H.** (2009). *Colletotrichum*: a catalogue of confusion. *Fungal Diversity*, 39: 1.
- **JACQUEMOND C., AGOSTINI D. et CUR K.,** 2009 - Des agrumes pour l'Algérie, Bureau d'ingénierie en horticulture et agro-industrie, p 4.
- **James, WC.** 1974. Assesment of plant disease and losses. *Ann. Rev. Phytopathol.* 12 : 27-48.
- **Johnston, P. R. and Jones, D.** (1997). Relationships among *Colletotrichum* isolates from fruit-rots assessed using rDNA sequences. *Mycologia*, 420-430.

- **Kaiser ,W.J.,(1973).**Factors affecting growth sporulation , pathogenicity and survival of ascochytabiei .Mycologie , 65(2) : 444-447 p.
- **Kidist F.,(2015).**Identification and characterization of *colletotrichum* species associated with mango and citrus diseases in the Ashanti region of Ghana, doctor of philosophy in plant pathology
- **Kim, K.H., Yoon, J.B., Park, H.G., Park, E.K., Kim, Y.H., 2004.** Structural modifications and programmed cell death of chilli pepper fruit related to resistance responses to *Colletotrichum gloeosporioides* infection. *Phytopathology*, 94: 1295-1304
- **Lakshmi S, Sri Deepthi R, Pedda Kasim D, Suneetha P Krishna MS** Anthracnose, a Prevalent Disease in Capsicum.(2014)ISSN: 0975-8585
- **Leandro, L. F. S., Gleason, M. L., Nutter, F. W., Jr., Wegulo, S. N., and Dixon, P. M. (2001).** Germination and sporulation of *Colletotrichum acutatum* on symptomless strawberry leaves. *Phytopathology* 91:659-664.
- **Lijuan P., Youlian, Y., Kevin, D. H., Bahkali, A. H. and Zuoyi, L. (2012).** *Colletotrichum* species on Citrus leaves in Guizhou and Yunnan provinces, China. *Cryptogamie Mycologie*, 33: 267-283.
- **Lima N. B., Batista, M. V. D. A., De Morais Jr, M. A., Barbosa, M. A., Michereff, S. J., Hyde, K. D. and Câmara, M. P. (2013).** Five *Colletotrichum* species are responsible for mango anthracnose in northeastern Brazil. *Fungal Diversity*, 1-14.
- **Loussert (1989)-la culture des agrumes(2013).** ITAVSite : www.itafv.dz.
- **Luro F., Gatto J., Costantino G., et al. (2011),** Analysis of genetic diversity in Citrus. *Plant GeneticResources*, 9, 02, pp. 218-221.
- **M.lourd, J. P. Geiger, M. Goujon(1979)** . caractéristiques morphologiques et culturales d'isolats de *colletotrichumgloeosporioides*penz . les *colletotrichum* agents d'Anthracnoses en Cote-d'Ivoire.11(4) , 483-495.
- **Marcheur L., Levine H. et Jucker M., 2006.**Les postulats et les protéinesinfectieuses de Koch. *Acta Neuropathol (Berl.)*, 112(01): 1-4p.Méditerranéennes. N° 26, Pp 82 – 84
- **Mayee,C,D, V. (1986).** Phytopathometry. Marathwada Agricultural University, Parbhani, p 95.
- **Meenakshi Sharmaand Saurabh Kulshrestha(2014)** *Colletotrichum gloeosporioides*: An Anthracnose Causing Pathogen of Fruits and Vegetables University of Biotechnology and Management Sciences, Bajhol, Solan, India. DOI: <http://dx.doi.org/10.13005/bbra/1776>

- **Mackee H.**, 1985 : Les plantes introduites et cultivées en Nouvelle-Calédonie supplément à la flore de la Nouvelle-Calédonie et dépendances (volumes hors-série Museum National d'histoire naturelle, laboratoire de phanérogamie, Paris)
- **Nelson, S. C.** (2008). Mango anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*), University of Hawai'i at Manoa, College of Tropical Agriculture and Human Resources, Cooperative Extension Service. *Plant Disease*, 1-9.
- **Nicolosi E., Deng Z., Gentile A., et al.** (2000), Citrus phylogeny and genetic origin of important species as investigated by molecular markers. *Theoretical and Applied Genetics*, **100**, 8, pp. 1155-1166.
- **Noireung P., Phoulivong, S., Liu, F., Cai, L., McKenzie, E., Chukeatirote, E., Jones, E., Bahkali, A. and Hyde, K.** (2012). Novel species of *Colletotrichum* revealed by morphology and molecular analysis. *Cryptogam Mycology*, **33**: 347–362.
- **Ollitrault P., Jacquemond C., Dubois C., et al.** (2003), Botany and genetic resources. *Genetic Diversity of Cultivated Tropical Plants*, pp. 193.
- **Ollitrault P., Jacquemond C., Dubois C., et al.** (1999), Les agrumes. *Diversité génétique des plantes tropicales cultivées*, pp. 89-111.
- Penz. Ind J Agricul Sc 1: 511-521.
- **Peres, N. A., Kuramae, E. E., Dias, M. S. and De Souza, N. L.** (2002). Identification and characterization of *Colletotrichum* species affecting fruit after harvest in Brazil. *Journal of Phytopathology*, **150**: 128-134.
- **Peres, N. A., Mackenzie, S., Peever, T. and Timmer, L.** (2008). Postbloom fruit drop of citrus and key lime anthracnose are caused by distinct phylogenetic lineages of *Colletotrichum acutatum*. *Phytopathology*, **98**: 345-352.
- **Photita, W., Taylor, P. W., Ford, R., Hyde, K. D. and Lumyong, S.** (2005). Morphological and molecular characterization of *Colletotrichum* species from herbaceous plants in Thailand. *Fungal Diversity*, **18**: 117-133.
- **Phoulivong S, Cai L, Chen H, McKenzie EHC, Abdelsalam K, Chukeatirote E, Hyde KD** (2010) *Colletotrichum gloeosporioides* is not a common pathogen on tropical fruits. *Fungal Diversity* **44**:33-43.
- **Phoulivong S., Cai, L., Chen, H., McKenzie, E. H., Abdelsalam, K., Chukeatirote, E. and Hyde, K. D.** (2010a). *Colletotrichum gloeosporioides* is not a common pathogen on tropical fruits. *Fungal Diversity*, **44**: 33-43.
- **Phoulivong S., McKenzie, E. and Hyde, K.** (2012). Cross infection of *Colletotrichum* species: A case study with tropical fruits. *Current Research in Environmental and Applied Mycology*, **2**(2): 99–111.

- **Phoulivong, S., Cai, L., Chen, H., Mckenzie, E. H., Abdelsalam, K., Chukeatirote, E. and Hyde, K. D.** (2010a). *Colletotrichum gloeosporioides* is not a common pathogen on tropical fruits. *Fungal Diversity*, 44: 33-43.
- **Phoulivong, S., Cai, L., Parinn, N., Chen, H., Abd-Elsalam, K. A., Chukeatirote, E. and Hyde, K. D.** (2010b). A new species of *Colletotrichum* from *Cordyline fruticosa* and *Eugenia javanica* causing anthracnose disease. *Mycotaxon*, 114: 247-257.
- **Ploetz C.R.L. and Prakash O.** 1997. Foliar, floral and soil borne diseases. In: The Mango (eds, Litz, R.E). CAB, International, Wallingford, UK., 1997 ; 281-325
- **Ploetz, R. C.** (1994). Anthracnose. In : Compendium of tropical fruit diseases. R.C. Ploetz, G.A. Zentmyer, W.T.Nishijima, K.G.Rohrbach and H.D.Ohr (eds.) APS Press, Saint Paul, Minn. pp. 35-36.
- **Pralora C.,** 1971 - Les agrumes. Ed. editeur 8348, Paris, n° 5, p. 25.
- **Prihastuti H., Cai, L., Chen, H., Mckenzie, E. and Hyde, K.** (2009). Characterization of *Colletotrichum* species associated with coffee berries in northern Thailand. *Fungal Diversity*, 39: 89.
- **Prusky, D.** (1996). Pathogen quiescence in post harvest diseases. *Annual Review of Phytopathology*, 34: 413-434.
- **Rani SG, Murthy KVMK** (2004) Cultural and nutritional characteristics of *Colletotrichum gloeosporioides*, the causal organism in cashew anthracnose. *J Mycol Pathol* 34: 317-318.
- **Rapilly F., 1968.** Les techniques de mycologie en pathologie végétale .Annales des épiphytes, Vol.19. Institut National de la recherche Agronomique, Paris, 102pp.
- **Rapilly.F.** 1968. Les techniques de mycologie en pathologie végétal. *Ann. Epiphyties*, 19 (n° hors série), 102 P.
- **Rebour H.,**(1948). la culture des agrumes en Algerie .mise sur le site le 07 mars 2005 <https://www.la culture des agrumes, venisbernard .html>.
- **Sattar A, Mallik SA** (1939) Some studies on anthracnose of mango caused by *Glomerella cingulata* (Stonem) Spauld Sch. (*Colletotrichum gloeosporioides*)
- **Sattar, A. and Malik, S.A.** Some studies on anthracnose of mango caused by *Glomerella cingulata* (Stonem.) Spauld. Sch. (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.). *India Journal Agriculture Science.*, 1939;1:511-521.
- **Sharma G. and Shenoy B.** 2016, *Colletotrichum* systematics: Past, present and prospects department of Plant Pathology and Weed Research, Agriculture Research Organization, The Volcanicentree, Bet Dagan - 7528809, Israel .

- **Simmonds H.** (2013)F:\Fact Sheet_ Lime anthracnose _ Citrus Diseases.html
- **Simonds, J.H.**, 1965. A study of the species of *Colletotrichum* causing ripe fruit rots in Queensland, Queensland Journal of Agriculture and Animal Science, 22: 437-459.species responsible for anthracnose diseases of various fruits. Pl Dis 82: 596-605.
- **Sreenivasaprasad, S. and Talhinhos, P.** (2005). Genotypic and phenotypic diversity in *Colletotrichumacutatum*, a cosmopolitan pathogen causing anthracnose on a wide range of hosts. *Molecular Plant Pathology*, 6: 361-378.

structure in *Candida dubliniensis*. FEMS MicrobiologyLetters. 10394: 1-6

- **Sutton BC. 1992** – The genus *Glomerella* and its anamorph *Colletotrichum*. In: *Colletotrichum* Biology, Pathology and Control. J. A. Bailey and M. J. Jeger, eds. CAB International, Wallingford, England. pp. 1–26.
- **Sutton,B.**, (1980). The coelomycetes. Fungi imperfecti with pycnidia, acervuli and stromat. Commonwealth Mycological Institute, Kew, UK.
- **Svetlana Ž, Saša Stojanović1, Žarko Ivanović1, Nenad Trkulja1, Nenad Dolovac1, Goran Aleksić1 and JelicaBalaž** (2010) Morphological and Molecular Identification of *Colletotrichumacutatum*from Tomato Fruit *University of Novi Sad, TrgDositejaObradovića 8, 21000 Novi Sad, Serbia*
- **Svetlana Z.** 2010 Morphological and Molecular Identification of *Colletotrichum acutatum* from Tomato Fruit. 2010, 231-239p.
- **Taheri H. et al.**2016, Species of *Colletotrichum* associated with citrus trees in Iran., *Mycologia Iranica* 3(1): 1 –14.
- **Tarnowski T.L. and Ploetz, R.C.**, (2008). Assessing the respective role of *Colletotrichum gloeosporioides* and *Colletotrichum acutatum* in mango anthracnose in south Florida. *Phytopathology*, 98: 155.
- **Than, P P, Jeewon R, Hyde, KD,**Pongsupasamit, S; Mongkolporn, O. and pathogenicity of *colletotrichum* species associated with anthracnose on chilli (*Capsicum* spp.) in Thailand. *Plant Pathology* 57:562-572.
- **Timmer L.**(2000). Compendium of citrus diseases
- **Tode HJ. 1790** – Fungi Mecklenbergensis Selecti 1, 1–64.
- **Vidyalakshni A, Divya CV** (2013) New report of *Colletotrichum gloeosporioides*
- **Virbel-Alonso C., (2011):** Citron et autre agrumes ; un concentré d'astuces pour votre maison, votre santé, votre beauté. Groupe Eyrolles, paris, 220p.
- **VIRBEL-ALONSO C.**, 2011- Citron et autres agrumes. Ed. Groupe Eyrolles, 15 p.

- **Von Arx, J.A.V.** (1957). Die Arten der Gattung *Colletotrichum* Cda. *Phytopathologische Zeitschrift*, 29: 413-468.
- **Walter, A et Sam, C. (2002)** Fruits of Oceania. [trans, P. Ferrar from Fruits d'Océanie] ACLAR Menograph 85. Australian Centre for international Agricultural Research. Canberra, Australia.
- **Weir B., Johnston, P. and Damm, U. (2012).** The *Colletotrichum gloeosporioides* species complex. *Studies in Mycology*, 73: 115-180.
- **Weir BS, Johnston PR, 2010** – Characterisation and neotypification of *Gloeosporium kaki* Hori as *Colletotrichum horii* nom. nov. *Mycotaxon* 111, 209–219.
- **Weir BS, Johnston PR, Damm U. 2012** – The *Colletotrichum gloeosporioides* species complex. *Studies in Mycology* 73, 115–180.
- **Welsh J, McClelland M. 1990** – Fingerprinting genomes using PCR with arbitrary
- **Wikee S., Cai, L., Pairin, N., Mckenzie, E. and SU, Y.-Y. (2011).** *Colletotrichum* species from Jasmine (*Jasminum sambac*). *Fungal Diversity*, 46: 171–182.
- **Yang Y., Liu, Z., Cai, L., Hyde, K., Yu, Z. and Mckenzie, E. (2009).** *Colletotrichum* anthracnose of Amaryllidaceae. *Fungal Diversity*, 39: 123-146.
- **Zulfiqar, M., Brlansky, R. H., and Timmer, L. W. (1996).** Infection of flower and vegetative tissues of citrus by *Colletotrichum acutatum* and *C. gloeosporioides*. *Mycologia* 88:121-128
- (PDF) *Anthracnose.* Available from:
https://www.researchgate.net/publication/262725932_Anthracnose

Annexes

Annexes

Préparation de milieu de culture :

- 20g de la carotte
- 20g de la pomme de terre
- 18g : agar-agar
- 1 ml l'eau distillé

Préparation de milieu PDA :

- 200g de pomme de terre
- 20g de glucose
- 20g : agar-agar
- 1 ml l'eau distillé

Annexe01 : Etude statistique de la sévérité de maladie au niveau des arbres de clémentine.

Analyse de variance

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	6278,4	39	160,985				
VAR.FACTEUR 1	771,2	3	257,067	1,68	0,18718		
VAR.RESIDUELLE 1	5507,2	36	152,978			12,368	37,71%

Annexe 02 : Etudes statistiques de la sévérité des arbres de Thomson Naval

Analyse de variance

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	13889,21	39	356,134				
VAR.FACTEUR 1	218,812	3	72,937	0,213	0,88704		
VAR.BLOCS	4409,616	9	489,957	1,428	0,22491		
VAR.RESIDUELLE 1	9260,785	27	342,992			18,52	31,71%

Annexe 03: Etudes statistique des tailles des conidies des huit isolats *decollétotrichum*

Analyse de variance :

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	2002,891	399	5,02				
VAR.FACTEUR 1	413,477	7	59,068	14,568	0		
VAR.RESIDUELLE 1	1589,414	392	4,055			2,014	13,66%

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
4.0	ti1	16,328	A	

7.0	Fi3	15,964	A	
5.0	ti2	15,678	A	
8.0	Fi5	14,443		B
6.0	Fi2	14,326		B
2.0	cf12	13,845		B
3.0	cf2	13,681		B
1.0	cf13	13,65		B

Annexe 04 : Etude statistique de la croissance Mycélienne des huit isolats sur les trois températures

Analyse de variance :

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	67365,81	575	117,158				
VAR.FACTEUR 1	887,75	7	126,821	17,108	0		
VAR.FACTEUR 2	392,016	2	196,008	26,441	0		
VAR.FACTEUR 3	60773,77	7	8681,968	1171,198	0		
VAR.INTER F1*2	598,188	14	42,728	5,764	0		
VAR.INTER F1*3	618,266	49	12,618	1,702	0,00345		
VAR.INTER F2*3	500,773	14	35,77	4,825	0		
VAR.INTER F1*2*3	748,496	98	7,638	1,03	0,41344		
VAR.RESIDUELLE 1	2846,551	384	7,413			2,723	11,18%

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
3.0	cf2	25,651	A			
2.0	cf12	25,481	A			
1.0	cf13	25,392	A			
7.0	fi3	24,736	A	B		
4.0	ti1	24,694	A	B		
6.0	fi2	23,681		B	C	
5.0	ti2	23,309			C	
8.0	fi5	21,806				D

Annexe 05 : Etudes statistique de la sporulation des isolats sur les trois températures

Analyse de variance :

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	597,829	71	8,42				
VAR.FACTEUR 1	201,942	7	28,849	5,898	0,00006		
VAR.FACTEUR 2	40,902	2	20,451	4,181	0,02084		
VAR.INTER F1*2	120,197	14	8,585	1,755	0,0749		
VAR.RESIDUEL LE 1	234,788	48	4,891			2,212	132,86%

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
4.0	ti1	5,902	A	
3.0	cf2	1,961		B
6.0	fi2	1,408		B
7.0	fi3	1,311		B
1.0	cf13	1,061		B
2.0	cf12	0,869		B
8.0	fi5	0,508		B
5.0	ti2	0,297		B

Annexe 06 : Etude statistique de la Pdides huit isolats de *collétotrichumsp.*, sur les feuilles de piment

Analyse de variance :

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	245219,2	209	1173,298				
VAR.FACTEUR 1	112128,8	9	12458,75	163,774	0		
VAR.FACTEUR 2	88531,47	6	14755,25	193,962	0		
VAR.INTER F1*2	33908,72	54	627,939	8,254	0		
VAR.RESIDUELLE 1	10650,22	140	76,073			8,722	19,50%

F1	LIBELLE	MOYENN	GROUPES HOMOGENES
	S	ES	

1.0	cf13	68,711	A						
2.0	c12	66,665	A						
5.0	ti2	64,282	A	B					
3.0	cf2	59,046		B	C				
4.0	ti1	54,283			C	D			
8.0	fi5	51,902				D	E		
6.0	fi2	47,139					E		
7.0	fi3	23,808						F	
10.0	temavc	11,429							G
9.0	temsan	0							H

Annexe 07 : Etude statistique de pdides huit isolats de *collétotrichumsp.*, sur les feuilles de tomate

Analyse de variance :

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	128304,3	239	536,838				
VAR.FACTEUR 1	73471,39	9	8163,488	557,058	0		
VAR.FACTEUR 2	38341,12	7	5477,302	373,759	0		
VAR.INTER F1*2	14147,05	63	224,556	15,323	0		
VAR.RESIDUELLE 1	2344,742	160	14,655			3,828	11,26%

F1	LIBELLE	MOYENN ES	GROUPES HOMOGENES
----	---------	--------------	-------------------

	S								
5.0	ti2	60,872	A						
2.0	c12	56,19		B					
3.0	cf2	40,414			C				
6.0	fi2	39,581			C				
4.0	ti1	37,914			C	D			
8.0	fi5	36,859				D			
1.0	cf13	33,289					E		
7.0	fi3	22,5						F	
10.0	temavc	12,5							G
9.0	temsans	0							H

Annexe08 : Etude statistique de la pdi des huit isolats de *collétotrichumsp.*, sur les fruits de tomates

Analyse de variance

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	2660,273	149	17,854				
VAR.FACTEUR 1	321,24	9	35,693	3,079	0,00274		
VAR.FACTEUR 2	436,157	4	109,039	9,405	0		
VAR.INTER F1*2	743,544	36	20,654	1,782	0,01319		
VAR.RESIDUELLE 1	1159,333	100	11,593			3,405	183,72%

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	

1.0	cf13	4,833	A	
8.0	fi5	3,933	A	B
3.0	cf2	2,5	A	B
6.0	fi2	2,233	A	B
5.0	ti2	1,4	A	B
7.0	fi3	1,2	A	B
4.0	ti1	1,2	A	B
2.0	c12	0,833		B
10.0	temavc	0,4		B
9.0	temsans	0		B

Calcul de l'AUDPC

Annexe 09 : Calcul de l'AUDPC, exemple : Isolat(CF13) sur les feuilles de tomate

Temps	Dpi	Indice de maladie	Intervalle de temps		
T ₀	0	0	0	0	0
T ₁	1	0	1	0	0
T ₂	2	1	1	0,5	0,5
T ₃	3	1	1	1	1
T ₄	4	1	1	1	1

Chapitre II**L'antracnose des agrumes**

T ₅	5	1,16	1	1,08	1,08
T ₆	6	1,83	1	1,495	1,495
T ₇	7	2,33	1	2,08	2,08
T ₈	8	2,83	1	2,58	2,58
T ₉	9	3,66	1	3,245	3,245
				AUDPC=	12,98