

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la recherche scientifique
Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem
Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département d'Agronomie



MEMOIRE DE MASTER

Spécialité : Agronomie

Option : Protection des végétaux

Présenté par :

M^{elle} TEKFA Hiba

Thème

**Caractérisation phénotypique d'isolats
de *Phytophthora sp.*, agent causal de la
gommose parasitaire sur agrumes**

Soutenu le : 09/10/2023

Devant le jury :

Président : Mme. Saiah Farida

Promotrice : Mme. Rekad Fatma Zohra

Examineur : Mme. Hamza Lahouaria

Année universitaire : 2022/2023

Remerciements

Je rends avant toute chose grâce à Dieu le tout puissant de m'avoir donné la volonté et la patience nécessaires pour réaliser ce modeste mémoire je lui suis redevable de m'avoir guidé et soutenu durant mon long cursus scolaire.

Je tiens à exprimer toute ma gratitude, ma reconnaissance et mes sincères remerciements à Mme. Rekad, l'encadreur de mon mémoire, pour avoir assuré la direction scientifique de ce travail et de m'avoir fait profiter de ses connaissances scientifiques.

Mes remerciements vont également aux membres du jury (Mme. Saiah et Mme. Hamza) me font le grand honneur d'évaluer ce travail. Qu'elles trouvent, à travers ce travail, l'expression de notre profonde reconnaissance.

Je tiens à remercier également Mr. Ait Saada qui m'a accueilli dans son laboratoire, ainsi que mes remerciements iront au pépiniériste Kaizen qui a mis à ma disposition les plants d'agrumes.

Je tiens à remercier également toutes les personnes qui ont contribué au succès de ma formation et qui m'ont aidé lors de la rédaction de ce mémoire.

Dédicace

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

Je dédie ce mémoire

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

À mon frère Mourad.

Table des matières

Résumé	
Abstract	
ملخص	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	1
Partie 1 : Revue bibliographique	
Chapitre I : Agrumes	
I. Généralité sur les agrumes	3
1. Historique et répartition des agrumes	3
2. Production des agrumes	4
2.1. Dans le monde	4
2.2. En Algérie	5
3. Importance économique des agrumes	7
3.1. Dans le monde	8
3.2. En Algérie	8
4. Classification des agrumes	9
5. Description botanique des agrumes	10
5.1. La partie souterraine	10
5.2. La partie aérienne	10
Chapitre2 : <i>Phytophthora sp.</i>	
I. Présentation de <i>Phytophthora sp.</i>	12
II. Classification	13
III. Cycle de vie de <i>Phytophthora sp.</i>	13
1. La reproduction asexuée	13
2. La reproduction sexuée	14

IV. Caractéristiques générales des espèces communes de <i>Phytophthora sp.</i>	16
1. <i>Phytophthora infestans</i>	16
1.1. La morphologie de <i>Phytophthora infestans</i>	16
1.2. Plantes hôtes de <i>P. infestans</i>	17
1.3. Symptômes du mildiou de la pomme de terre (Causé par <i>P. infestans</i>)	18
2. <i>Phytophthora cinnamomi</i>	19
2.1. La morphologie de <i>Phytophthora cinnamomi</i>	19
2.2. Plantes hôtes de <i>P. cinnamomi</i>	19
2.3. Symptômes de <i>P. cinnamomi</i>	20
3. <i>Phytophthora ramorum</i>	21
3.1. Morphologie de <i>Phytophthora ramorum</i>	21
3.2. Plantes hôtes de <i>P. ramorum</i>	22
3.3. Symptômes de <i>P. ramorum</i>	22
4. <i>Phytophthora cactorum</i>	23
4.1. Morphologie de <i>Phytophthora cactorum</i>	23
4.2. Plantes hôtes de <i>P. cactorum</i>	24
4.3. Symptômes de <i>P. cactorum</i>	24
5. <i>Phytophthora nicotianae</i>	25
5.1. Morphologie de <i>Phytophthora nicotianae</i>	25
5.2. Plantes hôtes de <i>P. nicotianae</i>	26
5.3. Symptômes de <i>P. nicotianae</i>	26
6. <i>Phytophthora citrophthora</i>	27
6.1. Morphologie de <i>Phytophthora citrophthora</i>	27
6.2. Plantes hôtes de <i>P. citrophthora</i>	27
6.3. Symptômes de la gommose parasitaire des agrumes causée par <i>Phytophthora citrophthora</i>	27
V. Facteurs favorables au développement du phytophthora	29
VI. Gestion de <i>Phytophthora sp</i>	30
Partie2 : Partie expérimentale	

Matériel et méthodes		
1.	Echantillonnage et sites de prélèvement	31
2.	Agent pathogène	32
2.1.	Technique d'isolement de l'agent pathogène	32
2.2.	Conservation	35
3.	Identification des souches isolées	35
3.1.	Identification microscopique	35
3.2.	Identification macroscopique	36
4.	Test de croissance mycélienne	36
4.1.	Analyse statistique	36
5.	Test de pathogénicité	36
5.1.	Préparation des plants	36
5.2.	Préparation de l'inoculum	37
5.3.	Inoculation	37
5.4.	Entretien des plants et notation des symptômes	38
Résultats et discussion		
II.	Résultats	39
1.	Présentation des souches isolées	39
2.	Identification des souches isolées	41
2.1.	Aspects macroscopique et microscopique de quelques souches isolées	41
2.2.	Description macroscopique des quatre aspects de colonies obtenues	45
2.3.	Description microscopique	45
3.	Test de pathogénicité	45
3.1.	Notation des résultats de test de pathogénicité	45
3.2.	Les symptômes	46
4.	Test de croissance mycélienne	47
Conclusion		48
Références bibliographiques		49
Annexes		

Résumé :

La gommose est une des maladies les plus redoutées du monde agrumicole. Elle possède une vaste répartition géographique et des appellations différentes.

En Algérie, on la désigne sous le nom "Gommose parasitaire" et "Chancre du collet".

La culture des agrumes est menacée par de nombreuses maladies et parasites, qui nécessite une attention toute particulière afin de protéger l'agrumiculture. Cette étude a pour but d'effectuer la caractérisation morphologique et pathogénique de différentes espèces de *phytophthora* des agrumes dans la région de Mostaganem.

Les quatre échantillons du sol prélevés sur agrumes dans quatre différents sites de prélèvement de Mostaganem : Sidi Fellag, Douar Menanda, Sirat et Mnsourah, a permis de mener notre étude avec neuf isolats de *Phytophthora sp.*

Nous avons fait un test de croissance mycélienne sur les neuf isolats obtenus dans deux différents milieux de culture (PDA et V8), l'analyse de la variance ANOVA entamée sur les valeurs numériques de la croissance mycélienne montre que l'impact du facteur milieu de culture est non significatif contrairement au facteur isolat.

Sur le plan pathogénique, nous avons fait un test de pathogénicité où nous avons inoculé les tiges des jeunes plants d'agrumes par les souches de *Phytophthora sp.*. Parmi les cinq souches testées, quatre souches sont pathogènes.

Mots clés : Agrumes, champignons phytopathogènes, *Phytophthora sp.*.

Abstract :

Gummosis is one of the most feared diseases in the citrus world. It has a wide geographical distribution and different names.

In Algeria, it is referred to as "parasitic gummosis" and "crown canker".

Citrus cultivation is threatened by many diseases and pests, which require special attention in order to protect citrus cultivation. The aim of this study is to carry out the morphological and pathogenic characterization of different species of citrus phytophthora in the Mostaganem region.

The four soil samples collected from citrus trees from four different Mostaganem sampling sites: Sidi Fellag, Douar Menanda, Sirat and Mnsourah, allowed us to conduct our study with nine isolates of *Phytophthora sp.*

We performed a mycelial growth test on the nine isolates obtained in two different culture medium (PDA and V8), the analysis of the ANOVA variance started on the numerical values of mycelial growth shows that the impact of the culture medium factor is not significant unlike the isolate factor.

On the pathogenic side, we did a pathogenicity test where we inoculated the stems of young citrus plants with *Phytophthora sp.* strains. Of the five strains tested, four strains are pathogenic.

Keywords: Citrus, phytopathogenic fungi, *Phytophthora sp.*.

ملخص:

التصمغ هو واحد من أكثر الأمراض الخطيرة في عالم زراعة الحمضيات.

أجريت زيارات ميدانية لأربع مناطق منتجة للحمضيات بمدينة مستغانم: سيدي الفلاق، دوار المناندة،

سيرات ومنصورة، كما أجريت الدراسة على تسع عزلات من الفيتوفتورا *Phytophthora sp.*

أجري اختبار نمو نسل الفطريات على العزلات التسعة التي تم الحصول عليها في وسط الإستنبات مختلفين

(V8 و PDA) حيث أظهر تحليل تباين ANOVA أن تأثير عامل وسط الإستنبات ليس كبيرا على

عكس عامل العزلات.

كما أجري اختبارا إمراضيا حيث قمنا بتلقيح سيقان شتلات الحمضيات بسلالات من *Phytophthora*

من بين العزلات الخمس التي تم اختبارها، هناك أربع سلالات ممرضة.

الكلمات المفتاحية: الحمضيات، الفطريات الممرضة للنبات، *Phytophthora sp.*

.sp

Liste des abréviations

FAO : L'organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

Ha : Hectare

°C : Degré Celsius

P sp : *Phytophthora sp.*

µm : Micro mètre

mm : Millimètre

PDA : Potatoes dextrose Agar

MT : Millions de tonnes

% : Pourcentage

Liste des figures

Figure 1 : Origine et aire de répartition des agrumes.....	4
Figure 2 : l'évolution de la production Mondiale par variétés d'Agrumes par millions de tonnes.....	5
Figure 3 : production d'agrumes (tonnes) en Algérie depuis 1962.....	7
Figure 4 : Représentation schématique de quelques types de feuilles : 1) Bigaradier 2) Oranger 3) Citronnier 4) Pamelo 5) Poncirustrifoliata6) Mandarinier 7) Clémentinier.....	1
Figure 5 : La distribution de <i>Phytophthora cinnamomi</i> dans le monde.....	1 2
Figure 6 : Antheridie amphigyne.....	1 4
Figure 7 : Antheridie amphigyn.....	1 4
Figure 8 : Paragyne.....	1 5
Figure 9 : Paragyne.....	1 5
Figure 10 : Cycle de reproduction probable de <i>Phytophthora nicotianae</i>	1 5
Figure 12 : Symptômes du mildiou de la pomme de terre.....	1 8
Figure 13 : Symptômes du mildiou sur tubercule de la pomme de terre.....	1 8
Figure 14 : morphologie de <i>Phytophthora Cinnamomi</i>	1 9
Figure 15 : Un avocatier affecté par <i>Phytophthora cinnamomi</i>	2 0

Figure 16 : Morphologie de <i>Phytophthora ramorum</i>	2
	1
Figure 17 : symptômes de <i>phytophthora ramorum</i>	2
	3
Figure 18 : La morphologie de <i>Phytophthora cactorum</i>	2
	4
Figure 19 : Pourriture des racines chez le fraisier causé par <i>Phytophthora cactorum</i>	2
.	5
Figure 20 : Spores non caduques de forme ovoïde et papillés de <i>Phytophthora nicotianae</i>	2
..	5
Figure 21 : Fruit infecté par <i>Phytophthora nicotianae</i>	2
	6
Figure 22 : Morphologie de <i>Phytophthora</i>	2
	7
Figure 23 : La gommose parasitaire des agrumes.....	2
	8
Figure 24 : Technique d'isolement de <i>phytophthora</i>	3
	3
Figure 25 : Apparition des symptômes sur feuilles.....	3
	3
Figure 26 : Des fragments isolés dans un milieu sélectif.....	3
	4
Figure 27 : Des colonies développées après isolement.....	3
	4
Figure 28 : Une colonie développée après repiquage.....	3
	5
Figure 29 : Plants à inoculer.....	3
	7

Figure 30 : Inoculation des	3
plants.....	8
Figure 31 : Isolat MND1 repiqué sur milieu	4
PDA.....	0
Figure 32 : Isolat MND3 repiqué sur milieu	4
PDA.....	0
Figure 33 : Isolat MND6 repiqué sur milieu	4
PDA.....	0
Figure 34 : Isolat MND10 repiqué sur milieu	4
PDA.....	0
Figure 35 : Isolat MNSR1 repiqué sur milieu	4
PDA.....	0
Figure 36 : Isolat SDF1 repiqué sur milieu	4
PDA.....	0
Figure 37 : Isolat SDF2 repiqué sur milieu	4
PDA.....	1
Figure 38 : Isolat SDF3 repiqué sur milieu	4
PDA.....	1
Figure 39 : Isolat SRT1 repiqué sur milieu	4
PDA.....	1
Figure 40 : La souche MND1 repiquée sur milieu	4
PDA.....	2
Figure 41 : La souche MND1 repiquée sur milieu	4
V8.....	2
Figure 42 : Mycélium de Phytophthora sp. de la souche MND1 observé sous	
microscope au grossissement	4
10.....	2
Figure 43 : La souche MNSR1 repiquée sur milieu	4
PDA.....	2
Figure 44 : La souche MNSR1 repiquée sur milieu	4
V8.....	2

Figure 45 : Mycélium de <i>Phytophthora</i> sp. de la souche MNSR1 observé sous microscope au grossissement	4
10.....	2
Figure 46 : La souche SDF1 repiquée sur milieu PDA.....	4 3
Figure 47 : La souche SDF1 repiquée sur milieu V8.....	4 3
Figure 48 : Mycélium de <i>Phytophthora</i> sp. de la souche SDF1 observé sous microscope au grossissement	4
40.....	3
Figure 49 : Mycélium + chlamydo-spore de <i>Phytophthora</i> sp. de la souche SDF1 observé sous microscope au grossissement.....	4 3
Figure 50 : La souche SDF2 repiquée sur milieu PDA.....	4 3
Figure 51 : La souche SDF2 repiquée sur milieu V8.....	4 3
Figure 52 : Mycélium de <i>Phytophthora</i> sp. de la souche SDF2 observé sous microscope au grossissement	4
10.....	3
Figure 53 : La souche SDF3 repiquée sur milieu PDA.....	4 4
Figure 54 : La souche SDF3 repiquée sur milieu V8.....	4 4
Figure 55 : Mycélium + chlamydo-spore de <i>Phytophthora</i> sp. de la souche SDF3 observé sous microscope au grossissement	4
40.....	4
Figure 56 : La souche SRT1 repiquée sur milieu PDA.....	4 4
Figure 57 : La souche SRT1 repiquée sur milieu V8.....	4 4

Figure 58 : Mycélium de <i>Phytophthora sp.</i> de la souche SRT1 observé sous microscope au grossissement	4
40.....	4
Figure 59 : Gomme au niveau des points d'inoculation.....	4 7
Figure 60 : Nécrose au niveau des points d'inoculation.....	4 8
Figure 61 : Les témoins sains.....	4 8
Figure 62 : Culture mycélienne d'isolat de <i>Phytophthora sp.</i> développée sur milieu PDA.....	4 9
Figure 63 : Culture mycélienne d'isolat de <i>Phytophthora sp.</i> développée sur milieu V8.....	4 9
Figure 64 : Croissance mycélienne des isolats de <i>Phytophthora sp.</i> sur le milieu PDA après 3 jours d'incubation à 25 °C.....	5 0
Figure 65 : Croissance mycélienne des isolats de <i>Phytophthora sp.</i> sur le milieu V8 après 3 jours d'incubation à 25 °C.....	5 1

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification des principaux producteurs d'agrumes et leurs parts 2016/2017.....	5
Tableau 2 : Informations sur les quatre (04) échantillons du sol.....	32
Tableau 3 : Dénomination des souches de phytophthora.....	39
Tableau 4 : Aspects macroscopique et microscopique de quelques souches isolées.....	42
Tableau 5 : Notation des résultats de test de pathogénicité.....	45
Tableau 6 : classement des isolats selon le diamètre moyen des colonies, après 3 jours d'incubation sur le milieu PDA.....	50
Tableau 7 : classement des isolats selon le diamètre moyen des colonies, après 3 jours d'incubation sur le milieu V8.....	50

Introduction

Introduction :

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

Par ailleurs, les agrumes sont les fruits les plus produits dans le monde, la production moyenne mondiale d'agrumes, toutes espèces confondues, s'élève à plus de 110 millions de tonnes par an (**Agroligne, 2019**). L'Algérie qui été traditionnellement exportatrice d'agrumes, éprouve à l'heure actuelle des difficultés à satisfaire les besoins de consommation qui ne cessent de croître sous l'effet de la consommation en fruits frais (**Boudi, 2005**). Malgré l'évolution des superficies consacrées à cette culture et les programmes établis par l'Etat pour développer cette spéculation, la production reste limitée suite aux problèmes d'ordre technique et phytosanitaire.

L'agrumiculture est sujette à l'attaque de différents ravageurs et agents phytopathogènes, particulièrement les champignons phytopathogènes qui peuvent affecter la récolte en détruisant les fruits et/ou les arbres. Ces derniers sont responsables de maladies fongiques et de près de la moitié des maladies connues à ce jour chez les plantes cultivées (**Lepoivre, 2003**).

Parmi les maladies fongiques les plus fréquentes dans nos vergers agrumicoles, la gommose parasitaire provoquée par des oomycètes du genre *Phytophthora*. Onze espèces de *Phytophthora* ont été recensées comme pathogènes des agrumes. Les espèces les plus fréquentes sont : *Phytophthora citrophthora*, *Phytophthora cinnamomi* et *Phytophthora ramorum* (**Negri, 2023**). La conservation de ces agents telluriques dans le sol et l'ignorance des circonstances de leur développement favorisent l'installation de la maladie ce qui rend difficile leur contrôle et provoque par la suite le dépérissement des plants. En Algérie, certaines matières actives telle que le fosetyl d'aluminium est largement utilisée dans la lutte chimique qui reste limitée surtout contre des agents telluriques. La meilleure alternative pour minimiser les dégâts de cette maladie qui se propage de plus en plus est la lutte génétique par l'utilisation de variétés et de portes

greffes résistants. Malgré l'évolution de la gombose dans nos vergers et le dépérissement des plants d'agrumes, aucune étude n'a été effectuée sur les souches de *Phytophthora* sp. présentes en Algérie. L'objectif de notre travail est de caractériser ces dernières et de tester la résistance des portes greffes utilisés pour mieux contrôler la maladie.

Le travail que nous abordons dans ce mémoire se compose de deux grandes parties :

- La 1^{ère} partie : une synthèse bibliographique, sous forme de deux chapitres : le premier chapitre c'est une description générale des agrumes, le deuxième chapitre étudie les différentes espèces de phytophthora qui peuvent toucher les agrumes ou d'autres arbres fruitiers.
- La 2^{ème} partie : c'est une description de la méthodologie de travail divisée en deux chapitres, le 1^{er} chapitre est une présentation du protocole utilisé pour l'isolement, la purification, le deuxième chapitre est consacré à la présentation des résultats obtenus et leur interprétation.

Partie1

Synthèse bibliographique

Chapitre I

Agrumes

I. Généralité sur les agrumes :

1. Historique et répartition des agrumes :

Les agrumes sont originaires des pays du Sud-est asiatique où leur culture se confond avec l'histoire des civilisations anciennes de la Chine, qui les cultivèrent d'abord pour leurs parfums, puis pour leurs fruits. Avec le rayonnement des civilisations Chinoises et Hindoues que leur culture commença à se propager, au cours du premier millénaire avant notre ère, à l'ensemble des pays du Sud-est asiatique (Sud du Japon et archipel de Malaisie). Les Cédraiers furent probablement les premiers agrumes cultivés en méditerranée à l'époque des Mèdes, au VII^e siècle avant notre ère. C'est à partir de bassin méditerranéen et aux grandes découvertes que les agrumes furent diffusés dans le monde. Dès le X^e siècle, les navigateurs arabes les propagent sur les côtes orientales de l'Afrique jusqu'au Mozambique. Christophe Colomb, à l'occasion de son second voyage (1493), les introduits en Haïti, à partir de laquelle la diffusion se fera vers le Mexique (1518), puis les Etats-Unis d'Amérique (1569 à 1890). Enfin, ce sont les navigateurs Anglo-Hollandais qui en 1654 introduisent les premiers agrumes dans la province du Cap en Afrique du Sud (**Loussert, 1989**).

En Algérie, les invasions arabes avaient bien introduit le bigaradier dans l'empire des Almohades (**Morel, 1969**). Toutefois, il embellisse déjà, pendant la période Ottmane (du 16^e au 18^e siècle), les jardins des Beys (**Anonyme, 2007**). L'oranger y fut sans doute apporté quelques siècles après par les maures d'Andalousie (**Morel, 1969**). Au début de la colonisation en 1850, le mandarinier fut introduit en Algérie par M. Harby. Au 19^e siècle, le père Clément de l'orphelinat agricole de Misserghin, effectuant un croisement de mandarinier (Commun) avec le bigaradier (Granito) découvrit (Clémentine) (**Anonyme, 2007**).



Figure 1 : Origine et aire de répartition des agrumes (Anonyme. 11 décembre 2011).

2. Production des agrumes :

2.1. Dans le monde :

Le nombre de pays producteurs d'agrumes dans le monde augmente actuellement progressivement, la croissance des agrumes peut être observée dans presque toutes les régions du monde. Principalement produit dans les régions méditerranéennes et tropicales possible (Benaissat, 2015).

En 2012/13, la production mondiale d'agrumes a atteint 73 million de tonnes, soit 2 tiers d'orange. La baisse de 5% est principalement due à la baisse de la production par rapport à l'activité précédente, les oranges ont été réduites de 9% (1,7 million de tonnes). La situation est le résultat d'une baisse de la production d'oranges au Brésil, l'Europe et la Turquie sont les principaux pays producteurs d'agrumes au monde (MAPM, 2013). Les oranges représentent la majeure partie de la production d'agrumes, plus de la moitié (63%) en 2012. L'augmentation du rendement est principalement due à l'augmentation des terres agricoles d'agrumes (tableau 1).

Tableau1 : Classification des principaux producteurs d'agrumes et leurs parts 2016/2017.

Classement	Pays	Production d'agrumes(en tonnes)
1	Chine	29500000
2	Brésil	19217000
3	Union européenne	10766101
4	Mexique	6775000
5	USD	4601311
6	Egypte	3000000
7	Maroc	2315040
8	Turquie	1399000

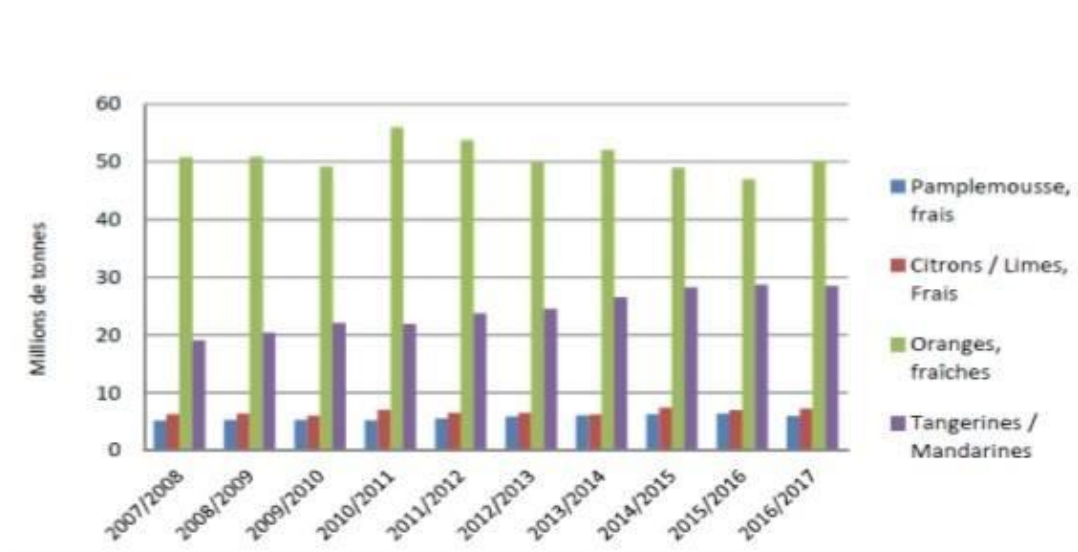


Figure 2 : l'évolution de la production Mondiale par variétés d'Agrumes par millions de tonnes (USDA, 2017).

Durant la dernière décennie, la production de tangerines a augmenté de 5,2% passant de 19 MT en 2007/2008 à 29 MT en 2016/2017. Ces petits agrumes sont Principalement produits en Chine, en Espagne, au Maroc, en Turquie et dans d'autres Pays méditerranéens.

2.2. En Algérie :

Le programme Algérien de développement des agrumes occupe une place prépondérante dans la nouvelle politique agricole du pays, considérant les vocations pédoclimatiques des différentes zones agricoles algériennes (**Guenouni et Kacemi, 2013**).

L'Algérie possède une collection variétale composée de 178 variétés d'agrumes constituant un patrimoine génétique inestimable. Dans cette partie, un aperçu est donné sur la situation de l'agrumiculture en Algérie ainsi que les perspectives futures. L'agrumiculture en Algérie occupe une superficie de 54.040 ha, soit 11% des surfaces occupées par les arbres fruitiers (**Guenouni et Kacemi, 2013**). La production nationale agrumicole avait dépassé les 14 quintaux en 2018, contre 7 millions de quintaux en 2010, ajoutant que l'objectif était d'atteindre 20 millions de quintaux dans les prochaines années. L'agrumiculture concerne 32 wilayas pour une superficie globale de 70.503 ha, contre 63.186 ha en 2010. Les principales wilayas agrumicoles sont : Blida (15809 ha), Chlef (5777 ha), Alger (5065ha), Relizaine (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**).

La production globale d'agrumes (orange, clémentine et citron) pour la saison agricole de 2018 a été estimée à plus de 14 millions de quintaux, dont plus de 11 millions de quintaux d'oranges et 2,5 millions de quintaux de clémentines, et près de 800.000 quintaux de citrons.

Sur un total de 32 wilayas productives d'agrumes, la wilaya de Blida vient en tête avec 4,1 millions de quintaux, puis chlef avec 1,5 millions de quintaux, suivie de Mostaganem avec 1,2 millions de quintaux, puis Tipasa avec 1,1 million de quintaux et le reste de la production agrumicole était réparti sur les 28 autres wilayas (**DSA, 2018**).

La répartition de la surface occupée par les agrumes dans les trois régions du nord d'Algérie est comme suit :

- Région du centre : 28 243 ha
- Région de l'ouest : 11 658 ha
- Région de l'est : 4 811 ha

Selon leurs exigences en eau et qualité des sols, les agrumes sont localisés essentiellement dans les plaines irrigables:

- La plaine de la Mitidja (44%).
- La plaine de Habra et Mascara (25%).
- Le périmètre de Bouna Moussa et la plaine de Safsaf (16%).
- Le périmètre de la Mina et le Bas Chélif (14%) (**Guenouni et kacemi, 2013**).

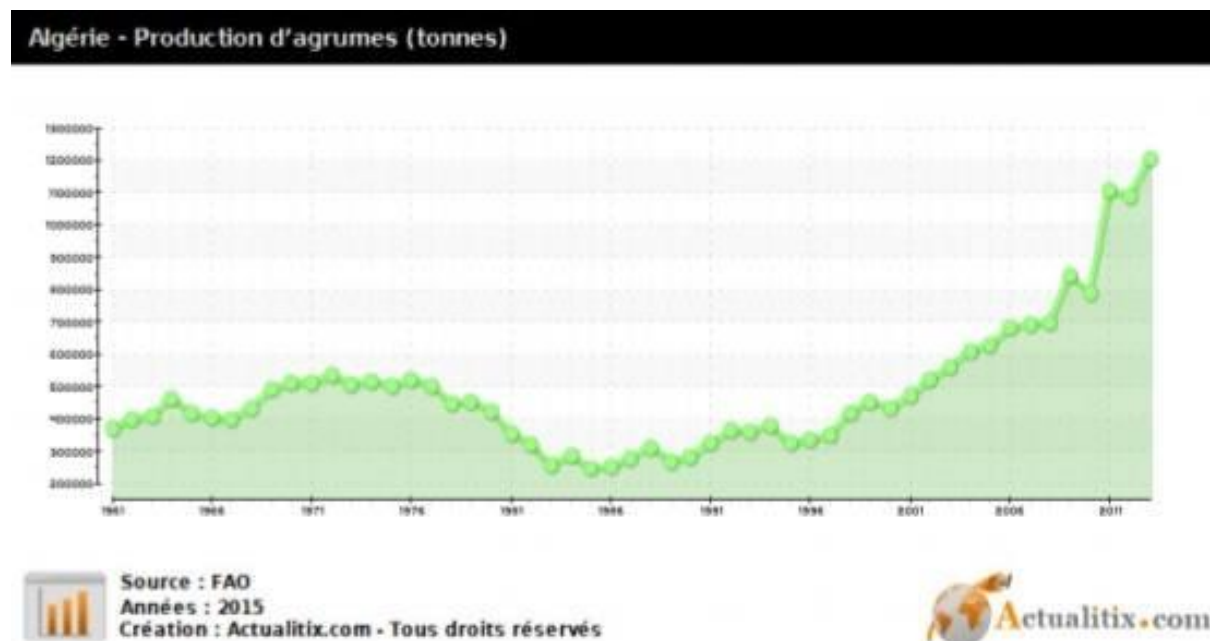


Figure 3 : production d'agrumes (tonnes) en Algérie depuis 1962 (FAO, 2015).

3. Importance économique des agrumes :

Les agrumes représentent la première catégorie fruitière en termes de valeur en commerce international, cette importance est justifiée par leur :

Utilisation comme des produits frais ou après leur transformation (jus, sirop, ...etc.).

Grande valeur nutritive riche en vitamine C, B6, et composent une source de fibres, d'acide ascorbique, du potassium et du calcium.

Effet bénéfique sur la santé : dans la diminution des risques de maladies cardiovasculaire et d'autres maladies. **(Boulbair et al., 2021).**

3.1. Dans le monde :

Les agrumes présentent un intérêt économique pour de nombreux pays à travers le monde.

La production mondiale des agrumes est environ de 115 millions de tonnes en 2011. Les oranges représentent la majeure partie de la production d'agrumes avec 71%. L'augmentation de production est principalement due à la croissance des terres cultivées consacrés aux agrumes, mais aussi à un changement de comportement de la part des consommateurs, dont le revenu progresse et dont les préférences s'orientent de plus en plus vers des produits sains et pratiques. La principale destination de la production agrumicole mondiale est l'autoconsommation.

Ce segment a peu progressé en pourcentage de la production globale, avec une stabilité autour de 60% sur ces quarante dernières années. En revanche, l'autoconsommation s'est forcément accrue en quantité, passant d'environ 25 millions de tonnes au début des années 1970 à plus de 70 millions de tonnes au début des années 2010.

Cette progression est principalement à mettre à l'actif des pays émergents, dont le marché local tend à prendre de l'importance. La croissance est marquée en Chine depuis le début des années 2000.

Les volumes consommés localement ayant progressé de plus de 20 millions de tonnes entre 1970 et 2010. De même, la dynamique est très forte dans d'autres pays d'Extrême-Orient comme l'Inde, l'Indonésie ou le Vietnam.

Enfin, la consommation interne s'est fortement développée dans certains pays méditerranéens comme la Turquie, l'

Egypte et le Maroc **(Agagna, 2016).**

3.2. En Algérie :

En 1964, le verger agrumicole Algérien représentait une production de près de 450000 tonnes pour une superficie de 45000ha pour toutes variétés confondues. En 1970, beaucoup d'efforts ont été fournis pour augmenter le niveau de production qui a atteint 530000 tonnes. De la fin des années 80 jusqu'à 1999, l'agrumiculture a connu une régression caractérisée par de faibles productions dont les effets sont : une érosion du savoir-faire due à un délaissement des vergers, un arrêt de développement.

En effet à partir de cette date aucune exportation n'a été enregistrée jusqu'à 1995 ou une légère tentative d'exportation a été constatée avec 12000 tonnes.

Ces dernières années, été enregistré un regain d'intérêts vers l'agrumiculture. Les agrumiculteurs sont fortement encouragés par le programme national du développement agricole. Aussi, la superficie agrumicole totale a connu une progression, elle est passée de 46010 ha en 2000 à 64766 ha en 2013 soit une augmentation de 30% selon les derniers recensements fournis par le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Ces accroissements en superficie sont accompagnés avec des augmentations sensibles dans la production agrumicole ou la production totale en agrumes de l'année 2013 a atteint 1.204.801 tonnes de toutes variétés confondues (**Agagna, 2016**).

4. Classification des agrumes :

- **Classe** : Eudicotylédones.
- **Sous classe** : Rosidées.
- **Ordre** : Rurales.
- **Famille** : Rutacées.
- **Sous famille** : Aurantoideae.
- **Tribu** : Citreae.
- **Sous tribu** : Citrinae.
- **Genre** : Citrus.

5. Description botanique des agrumes :

Les agrumes sont de petits arbres ou arbustes, atteignant 5 à 10 mètres de haut, généralement avec des épines, des feuilles persistantes denses, et peuvent produire des fruits de différentes formes et tailles.

Les agrumes sont composés de deux parties : la partie souterraine qui forme le porte-greffe et la partie aérienne (greffon) qui porte les fruits de la variété de l'espèce cultivée. (Boulbair et *al.*, 2021).

5.1. La partie souterraine :

- **Les racines principales :** les racines sont très solides et leur fonction c'est de maintenir au sol un arbre généreux dont la frondaison présente, avec son abondance et sa persistance, une forte prise au vent.
- **Les racines secondaires :** elles absorbent les éléments minéraux nécessaires à l'alimentation de l'arbre en éléments nutritifs (Bounab et Chaabi, 2018).

5.2. La partie aérienne :

- **Le tronc :**

On greffera sur ce dernier, à quelques dizaines de centimètres du sol. Le tronc conduit, vers la frondaison, la sève riche en éléments minéraux.

- **Les branches charpentières :**

Elles prennent naissance sur le tronc et restent limitées par la taille au nombre de trois ou quatre et porteront les sous-mères, qui porteront à leur tour les rameaux végétatifs et les rameaux fructifères.

- **Les feuilles :**

Les feuilles présentent des formes et des tailles très diverses selon les espèces et les variétés, et selon l'âge et la taille aussi. Plus larges et plus grandes, celles du citronnier sont plus claires que celles de l'oranger, ovales et d'un vert sombre (figure 2).

- **Les fleurs :**

Le calice de la fleur du citron est composé de 3 ou 5 sépales verts, de 5 pétales pourpres chez le citronnier et de couleur blanche généralement chez l'oranger. Les étamines au nombre de 20 à 30 sont soudées à leur base par groupes de trois ou quatre. Le pistil est formé de plusieurs carpelles. L'ovaire constitue la base du stigmate sur lequel se fixera le pollen libéré au printemps.

- **Les fruits :**

Ils présentent des poids et des tailles variables, varient selon les espèces et les variétés. Ils sont oblongs ou sphériques. L'écorce est jaune ou vert, contient des glandes riches en huile essentielle qui sont utilisées en aromathérapie.

La pulpe est la chair du fruit qui renferme plus ou moins de jus, se divise par quartier 8 à 11 pour les citrons. **(Bounab et Chaabi, 2004).**

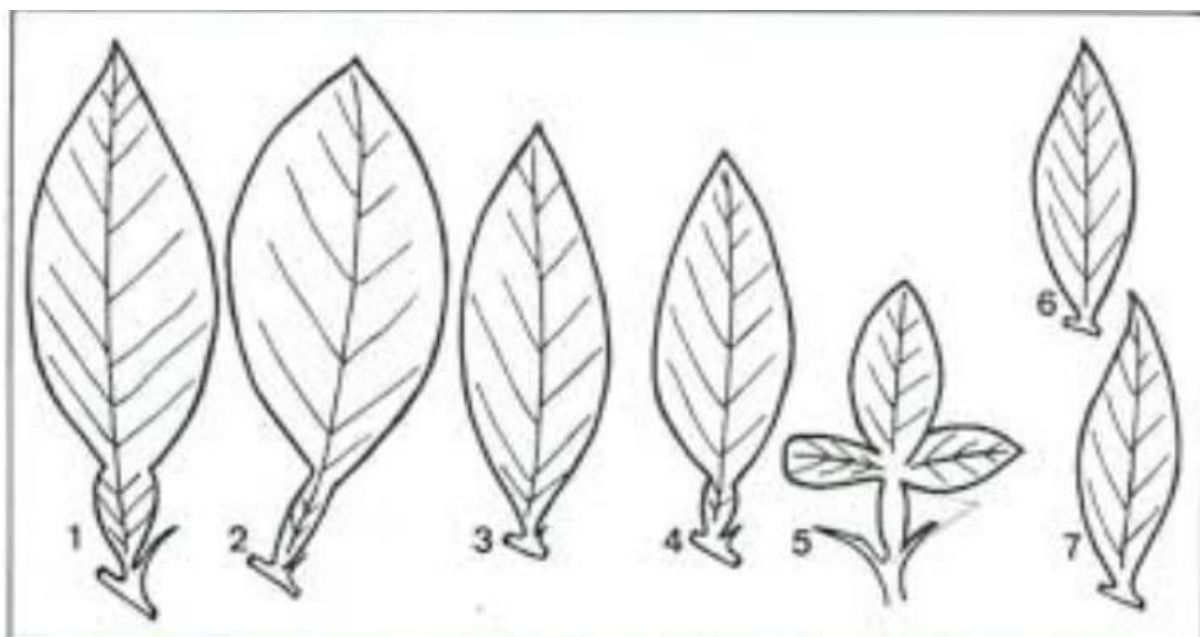


Figure 4 : Représentation schématique de quelques types de feuilles : 1) Bigaradier 2) Oranger 3) Citronnier 4) Pamelò 5) *Poncirus trifoliata* 6) Mandarinier 7) Clémentinier. **(Guenouni et kacemi, 2013).**

Chapitre II
Phytophthora sp.

I. Présentation de *Phytophthora sp.* :

Phytophthora sp. est un micro-organisme appartenant aux Oomycètes signifiant littéralement destructeur de plante. Les *Phytophthora* sont principalement des pathogènes des plantes dicotylédones et spécifiquement des plantes à floraison libre. La maladie de la pomme de terre est l'une des maladies les plus importantes (**Anonyme. 05/02/2018**). Il comprend à ce jour plus de 180 espèces décrites alors que, selon une estimation prudente, le nombre réel d'espèces dans ce genre est au moins double, sinon triple. De nombreuses espèces de *Phytophthora*, telles que *Phytophthora infestans*, *P. cinnamomi* et *P. ramorum*, sont des agents phytopathogènes destructeurs causant de graves pertes de récoltes et des déclin dans le monde entier. La plupart des espèces phytopathogènes de *Phytophthora* sont polyphages, avec un hôte gamme englobant des plantes de différentes familles, et sont généralement des habitants du sol, bien qu'un nombre d'entre eux qui produisent des sporanges caduques se sont partiellement ou temporairement adaptés à un mode de vie (**Mario Riolo et al. Août 2020**).

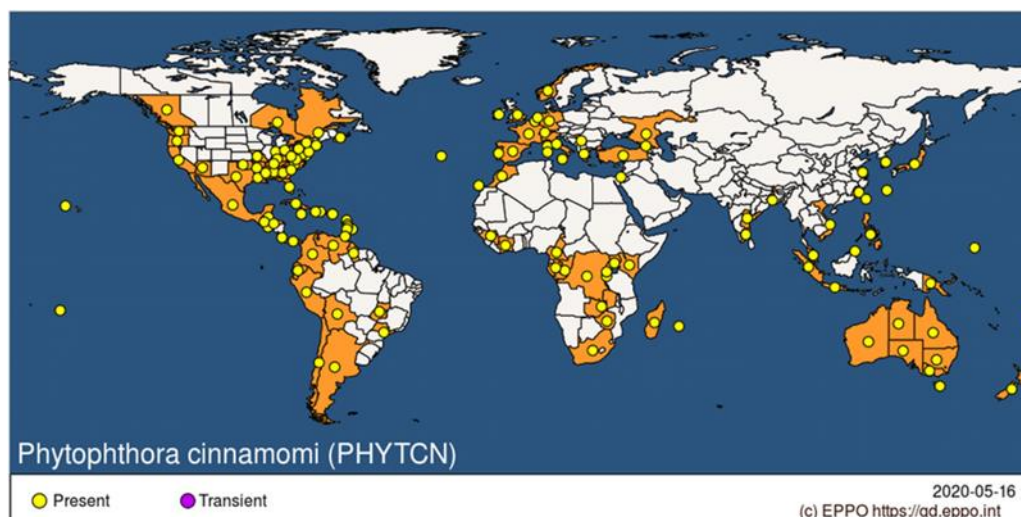


Figure 5 : La distribution de *Phytophthora cinnamomi* dans le monde (**Anonyme. 07/12/2022**).

II. Classification :

- **Règne :** Chromista
- **Embranchement :** Oomycota
- **Classe :** Oomycetes
- **Ordre :** Peronosporales
- **Famille :** Peronosporaceae
- **Genre :** *Phytophthora*.

III. Cycle de vie de Phytophthora sp :

1. La reproduction asexuée :

Elle s'accomplit par l'intermédiaire de sporocystes différenciés à l'apex de filaments simples dans la majorité des cas, ou ramifiés chez quelques espèces. La forme, d'ovoïde à pyriforme, la taille et surtout la présence ou l'absence d'une papille apicale, ainsi que les dimensions de cette dernière, sont des caractères spécifiques déterminants.

Les sporocystes peuvent germer directement par émission de filaments germinatifs ou indirectement en relâchant des zoospores biflagellées mobiles, capables de se déplacer en milieu liquide, avant de s'enkyster et de germer. Les zoospores sont les principaux organes de la dissémination du parasite.

2. La reproduction sexuée :

Les oospores sont les organes de la reproduction sexuée. Chacune d'entre elles résulte de la fécondation d'un oogone par une anthéridie qui peut être parogyne ou amphigyne.

Dans le cas de l'amphigynie, après la rencontre des hyphes gamétocystiques mâles et femelles et leur accollement apical, le filament oogonial traverse l'ampoule terminale de l'hyphe anthéridiale, et s'enfle à sa sortie en un oogone sphérique dont le pied demeure enserré par l'anthéridie (figure 6, 7). Ultérieurement, après fécondation de l'oogone par un noyau anthéridial, l'oospore s'entourant d'une double paroi épaisse, se différencie à l'intérieur de l'oogone dont elle occupe plus ou moins complètement le volume interne.

Dans le cas de la paragynie, l'antheridie est simplement appliquée contre la paroi de l'oogone, généralement sur son hémisphère inférieur (figure 8, 9) (Boccas et al. 1978).



Figure 6 : Antheridieamphigyne (Boccas et al. 1978).

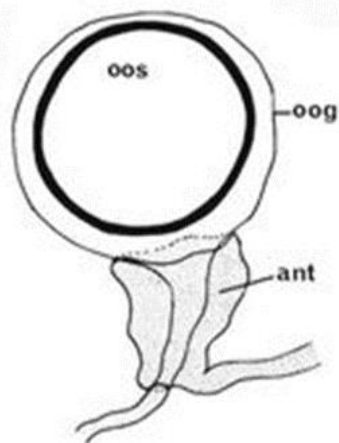


Figure7 : Antheridieamphigyne (Boccas et al. 1978).

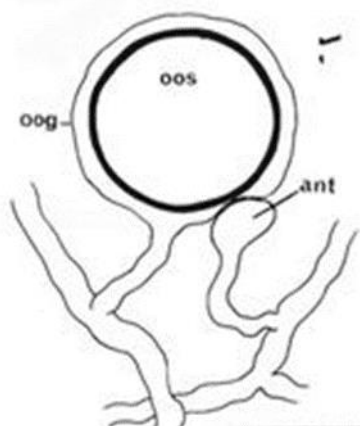


Figure 8 : Paragyne (Boccas et al. 1978).

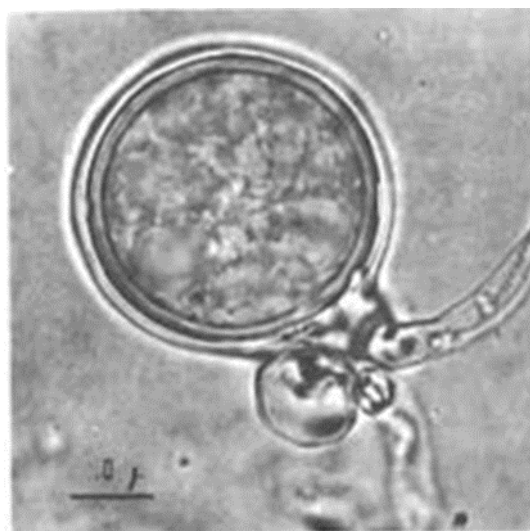


Figure 9 : Paragyne (Boccas et al. 1978).

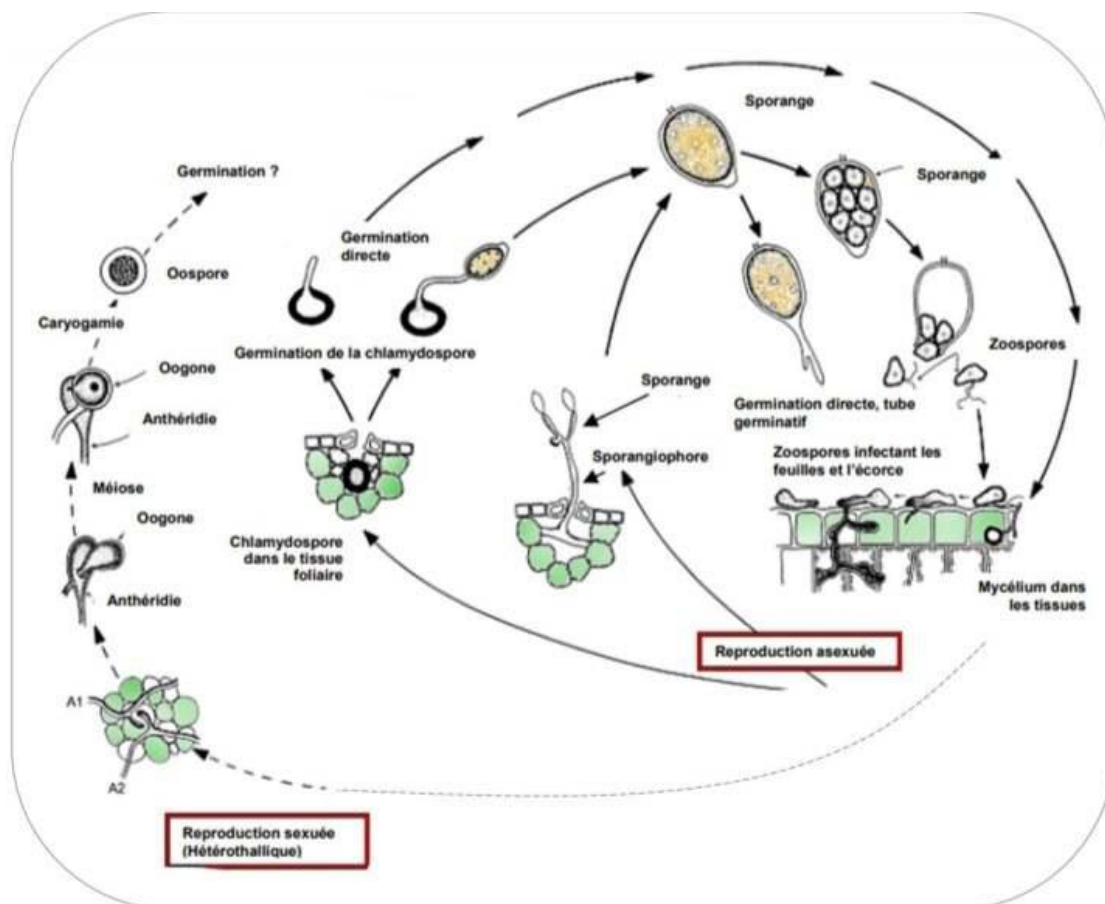


Figure 10 : Cycle de reproduction probable de *Phytophthora nicotianae* (Bilodeau, 2008).

IV. Caractéristiques générales des espèces communes de *Phytophthora sp.* :

1. *Phytophthora infestans* :

1.1. La morphologie de *Phytophthora infestans* :

Phytophthora infestans possède un mycélium coenocytique hyalin et à développement endogène. Le mycélium se développe entre les cellules des tissus infectés, dans lesquelles il forme des suçoirs. Les sporangiophores émergent souvent à travers les stomates. Le caractère morphologique principal de ce pathogène est la présence de renflement ou de gonflement au niveau des sites de ramification en particulier aux points de la formation des sporocystes. Ces derniers en position terminale ont une forme et une taille qui varie selon les isolats. Les sporanges sont citrifformes ou limoniformes et

possède une pappille apicale.

Les sporanges de *P. infestans* sont de forme ovoïde, à elliptique effilé à la base, est renflement des cellules mobiles appelées zoospores qui assurent la reproduction asexuée. Ces zoospores se déplacent grâce à deux flagelles dissemblables, le flagelle orienté postérieurement est lisse. Le flagelle orienté antérieurement est couvert de poils particuliers ou masigonème, tubulaire et triparties, d'où le nom d'hétérocontes.

Les oospores sont pour la plupart de forme aplerotic avec un diamètre moyen d'environ 30 micromètres. Ces derniers en germent produisent des sporanges. Les oogones sont globuleuses, d'un diamètre de 37 micromètres, alors que les anthéridies sont amphygnes et généralement de forme allongée (**Beninal et al., 2011**).

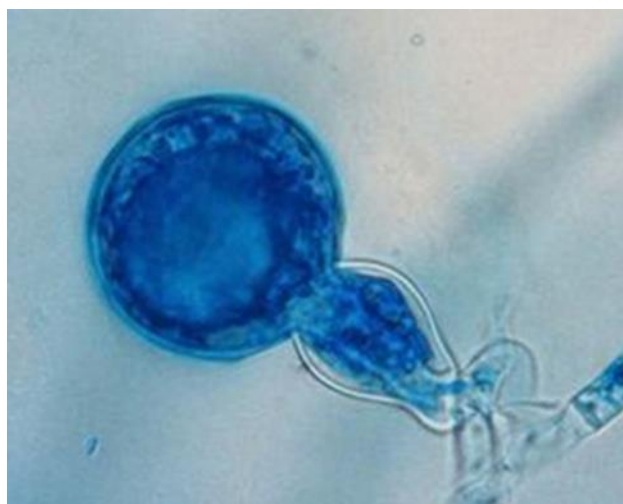


Figure 11 : Oospore de *Phytophthora infestans* colorée au bleu Coton et observée au microscope au grossissement 10×100 (**Anonyme**).

1.2. Plantes hôtes de *P. infestans* :

En plus de la pomme de terre et de la tomate, plusieurs Solanacées sauvages et d'autres genres et espèces d'arbres tropicaux se sont révélées des hôtes pour ce pathogène. *P. infestans* est capable d'infecter d'autres hôtes alternatifs tel que :

Solanumnigrum (morelle noire) et *Solanumphysalifolium*. Aux Etats Unis, plusieurs investigations ont confirmé que la morelle (*Solanumsarachioides*) pétunia (*Petunia hybrida*) et l'aigre-doux (*Solanumdulcamara*) constituent des hôtes préférés de

l'espèce *P. infestans*. D'après des inoculations artificielles au laboratoire et des observations en plein champ, le pathogène *P. infestans* peut attaquer 89 espèces. La croissante apparition récemment de nouveaux génotypes de *P. infestans*, a contribué à l'élargissement de la gamme hôtes de ce pathogène (**Rekad, 2018**).

1.3. Symptômes du mildiou de la pomme de terre (Causé par *P. infestans*):

- **Sur feuilles :**

Le mildiou se reconnaît aux larges taches brunes huileuses auréolées de vert pâle à la face supérieure des feuilles et au duvet blanc sur leur face inférieure. Ces taches se dessèchent ensuite en leur centre.

La maladie apparaît par foyers isolés, puis s'étend avec une extrême rapidité à l'ensemble de la parcelle.

- **Sur pétioles et tiges :**

La maladie se manifeste sur les pétioles et les tiges par des taches brunes à différents niveaux qui peuvent entraîner la destruction des jeunes plants ou la cassure des tiges des plantes adultes.

- **Sur tubercules :**

Des taches brunes apparaissent sur l'épiderme des tubercules, et des zones marbrées de couleur rouille et fibreuses, à l'intérieur, sous la forme d'une pourriture sèche. Ces attaques sont la porte d'entrée à d'autres champignons ou bactéries qui entraînent une pourriture humide des tubercules dans le sol ou en cours de stockage (**BASF. 2013**)

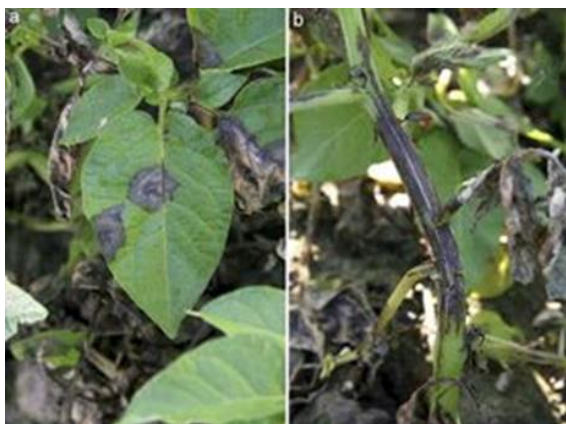


Figure 13 : Symptômes du mildiou sur
PO tubercule de la pomme de terre (**Anonyme**).

2. *Phytophthora cinnamomi* :

2.1. La morphologie de *Phytophthora cinnamomi* :

Hyphes à nodules nombreux, d'une épaisseur atteignant 8 μm , renflements des hyphes en groupes, typiquement sphériques, d'un diamètre moyen de 42 μm .

Sporangiophores minces (3 μm), proliférants à travers le sporange vide ou ramifiés occasionnellement. Sporangies grossièrement ellipsoïdes à ovoïdes, de 57 x 33 μm (jusqu'à 100 x 40 μm), absence de papilles, léger épaissement apical, pas d'abscission. Oogonies d'un diamètre de 40 μm , à paroi lisse, devenant jaunâtres avec le temps. Anthéridies amphigènes, de 21-23 x 17 μm (**Anonyme**).

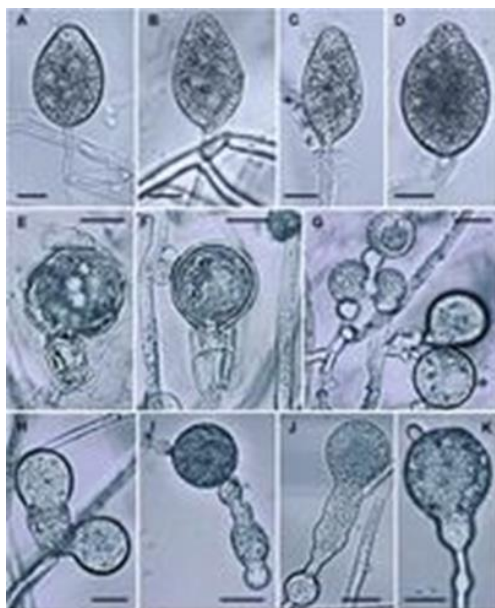


Figure 14 : morphologie de *Phytophthora Cinnamomi* (Anonyme)

2.2. Plantes hôtes de *P. cinnamomi* :

La gamme de plantes-hôtes est très large, *P. cinnamomi* est l'espèce de *Phytophthora* à répartition la plus large, avec presque 1000 espèces hôtes. Les principales cultures alimentaires qui soient des plantes-hôtes sont l'avocatier (*Persea americana*), la seule culture concernée dans l'UE, et l'ananas (*Ananas comosus* sur lequel il provoque une pourriture racinaire et du cœur). *P. cinnamomi* attaque aussi *Castanea*, *Cinnamomum*, des Coniferales, Ericaceae (dont les *Rhododendron spp.*), Eucalyptus, Fagus, Juglans, Quercus et divers arbres et arbustes d'ornement. La gamme de plantes-hôtes recensées comprend la majorité des cultures fruitières tempérées, mais dans la pratique ce ne sont pas des hôtes importants (Anonyme).

2.3. Symptômes de *P. cinnamomi* :

- **Racines** : deviennent noires et fragiles puis meurent progressivement.
- **Arbres** : déclin progressif.
- **Feuilles** : petites, de couleur jaune-vert puis tombent. Symptômes de *P. cinnamomi* (M. Negri. 07/06/2022).



Figure 15 : Un avocatier affecté par *Phytophthora cinnamomi* (Anonyme)

3. *Phytophthora ramorum* :

3.1. Morphologie de *Phytophthora ramorum* :

Il est différent des autres espèces de *Phytophthora* en ce qu'il forme de grandes et abondantes chlamydozoospores. Les sporanges sont allongés, ellipsoïdes, semi-papillés et caduques avec un pédicelle court, ressemblant ainsi à *P. palmivora*.

Cependant, *P. palmivora* a des chlamydozoospores plus petites, des sporanges papillaires et des exigences de température plus élevées pour sa croissance. La croissance optimale de *P. ramorum* se produit à 20 °C sur une plage de 2 à 26 °C. *P. ramorum* est hétérothallique nécessitant une réponse compatible entre les types d'accouplement opposés pour former des oospores, mais les oospores ne sont pas facilement produites en culture et il n'y a eu aucune preuve de formation d'oospores signalée dans pépinières où les deux types d'accouplement de l'agent pathogène ont été trouvés (Niklaus et al. 2008).

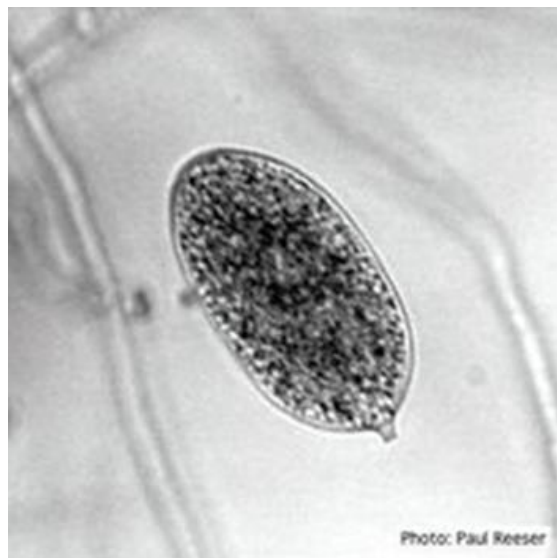


Figure 16 : Morphologie de *Phytophthora ramorum* (Park and Rizzo, 2011).

3.2. Plantes hôtes de *P. ramorum* :

On distingue deux types d'hôte :

Les hôtes « foliaires » : végétaux sensibles à *Phytophthora ramorum* mais pour lesquels il n'est pas mortel. Le champignon se sert de son hôte pour multiplier le germe infectieux par la production de milliers de spores.

Les hôtes « terminaux » : végétaux infectés et tués par les germes produits grâce aux hôtes foliaires à proximité.

Certaines espèces peuvent être des hôtes à la fois foliaires et terminaux, c'est par exemple le cas des mélèzes, des rhododendrons et plus récemment des châtaigniers, ce qui rend ces essences particulièrement vulnérables au champignon et très aptes à le propager (Anonyme).

3.3. Symptômes de *P. ramorum* :

Les symptômes sont très variables selon les plantes et les types d'hôtes (foliaires et/ou terminaux).

Symptômes sur hôtes foliaires : rougissements et flétrissements des feuilles et rameaux, nécroses des tiges et des feuilles, mortalité de tiges et de branches, chute de feuilles.

Symptômes sur hôtes terminaux : jaunissements, rougissements et flétrissements des aiguilles, nécroses des feuilles, nécroses et chancres corticaux, écoulements rougeâtres, noirâtres et/ou résineux au niveau des chancres du tronc et des branches, descentes de cimes, mortalités de branches (**Anonyme**).



Figure 17 : Symptômes de *Phytophthora ramorum* (**Anonyme**)

4. *Phytophthora cactorum* :

4.1. Morphologie de *Phytophthora cactorum* :

P. cactorum fructifie facilement en culture ou sur du tissu végétal utilisé comme appât, produisant des sporanges caducs, généralement terminaux, en forme de poire, chacun sur un pédicelle court (< 4 μm de long). Les pédicelles génératifs peuvent être simples et bien espacés, mais le plus souvent ils sont regroupés et peuvent même avoir une disposition sympodiale. Les sporanges ont des papilles proéminentes et mesurent généralement 30 μm de long (+/- 5 μm) et 26 μm (+/- 4 μm) de large. Certains isolats, mais pas tous, produisent des chlamydospores, généralement à l'extrémité des hyphes génératives, mais parfois par formation intercalaire. Lorsqu'elles se produisent, les chlamydospores ont des parois cellulaires modérément épaisses (1-1,5 μm) et varient de 25 à 40 μm de diamètre.

La reproduction sexuée chez *P. cactorum* est uniformément homothallique avec des anthéridies paragynes (**G. W. Hudler**).

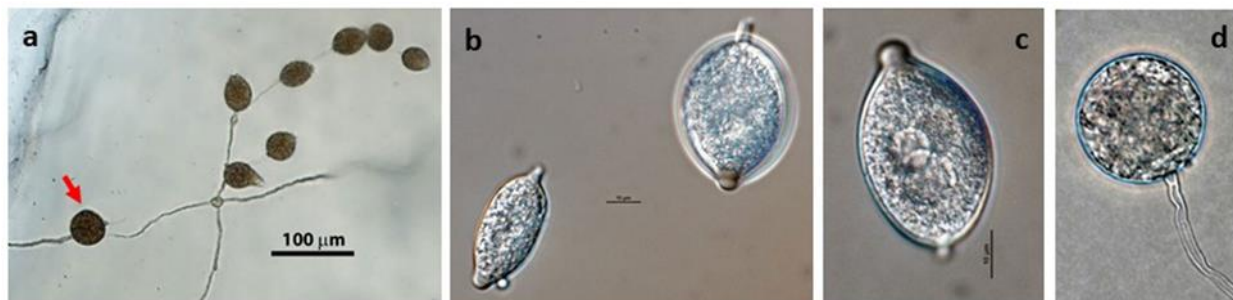


Figure 18 : La morphologie de *Phytophthora cactorum* (Anonyme, 2022).

4.2. Plantes hôtes de *P. cactorum*:

P. cactorum affectant une grande gamme d'hôtes comprenant, entre autres, les plantes ornementales (azalée, noisetier, rhododendron), les arbres fruitiers (cerisier, pommier, poirier) et le fraisier (Anonyme).

4.3. Symptômes de *P. cactorum* :

Feuille : sont vert bleuté et flétrissent soudainement.

Collet : rougissement à brunissement des tissus internes débutant dans la partie supérieure du collet. Au fur et à mesure que la maladie évolue, le brunissement s'accroît et progresse vers le bas du collet, près du système racinaire.

Plant : flétrissement et dépérissement rapide des plants, souvent en quelques jours.

Les plants cassent au niveau de collet lorsqu'ils sont arrachés (Anonyme).



Figure 19 : Pourriture des racines chez le fraisier causé par *Phytophthora cactorum* (Anonyme, 2014).

5. *Phytophthora*

nicotianae :

5.1. Morphologie de *Phytophthora nicotianae* :

Les chlamydospores sont terminales ou intercalaires dans le mycélium, avec un diamètre de 25,4 à 40,3 μm (moyenne de 33,0 μm). *P. nicotianae* est hétérothallique. Les oospores mesurent 23 à 38 μm de diamètre (moyenne : 29 μm) (Santos, 2016).

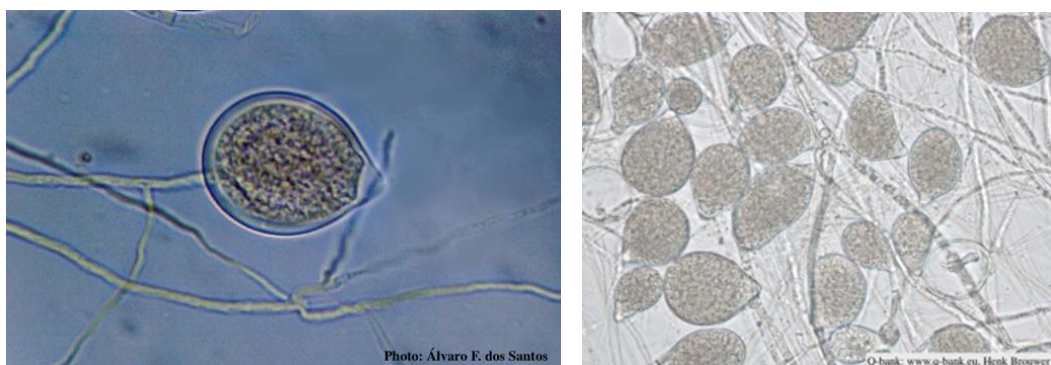


Figure 20 : Sporangies non caduques de forme ovoïde et papillés de *Phytophthora nicotianae* (Santos, 2016).

5.2. Plantes hôtes de *P. nicotianae* :

Phytophthora nicotianae a une large gamme d'hôtes comprenant 255 genres de 90 familles. Les hôtes comprennent le tabac, l'oignon, la tomate, les plantes ornementales, le coton, le poivron et les agrumes (**Anonyme**).

5.3. Symptômes de *P. nicotianae* :

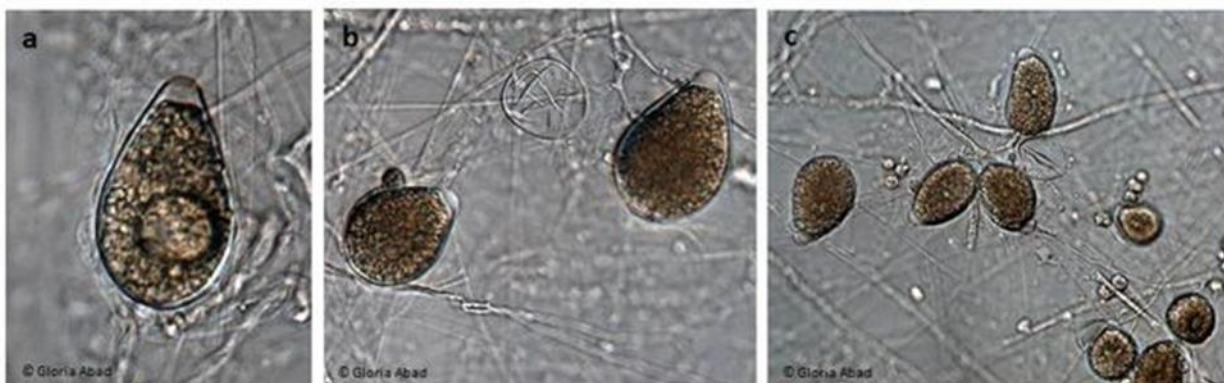
Ce pathogène peut causer la pourriture des racines, la pourriture du collet, la pourriture des fruits, l'infection des feuilles et l'infection de la tige. Des symptômes de pourriture des racines sont observés sur le tabac, le poinsettia, la tomate, l'ananas, la pastèque et la violette africaine. La pourriture des fruits se produit sur la tomate, papaye et aubergine. L'oignon présente une infection des feuilles et des tiges. Dans le tabac, Black Shank affecte les racines et la surface basale de la tige, mais toutes les parties de la plante peuvent être infectées. La fonte des semis peut être observée chez les jeunes plants (**Anonyme**).



Figure 21 : Fruit infecté par *Phytophthora nicotianae* (**Anonyme, 2022**).

6. *Phytophthora citrophthora* :

6.1. Morphologie de *Phytophthora citrophthora* :



Les sporangiophores se ramifient irrégulièrement et les sporanges (moyenne. 61.3X39.5, μm , gamme 35.0-85.0X27.5-47.5, μm L/B ratio=1.55) ont été papillé, sphérique, ellipsoïdal, ovoïde, obpyriforme ou déformé et avait un ou plusieurs pics (Kimishima et al. 1993).

Figure 22 : Morphologie de *Phytophthora citrophthora* (Identification technology program. *Phytophthora citrophthora*).

6.2. Plantes hôtes de *P. citrophthora* :

C'est un agent phytopathogène qui attaque de nombreuses espèces de plantes, notamment les agrumes chez lesquels il provoque diverses maladies : gommose, mildiou, pourriture brune des agrumes (Wikipedia).

6.3. Symptômes de la gommose parasitaire des agrumes causée par *Phytophthora citrophthora* :

Sur tronc et branches :

- Plages d'écorce morte.
- Exsudation de gomme en quantité variable.
- Coloration brune et infiltration de gomme dans le bois.
- Jaunissement de la zone cambiale.

- Dessèchements et craquelures verticales de l'écorce.

Sur racines :

Si attaque des racines, le dépérissement de l'arbre ou du jeune plant se produit alors de façon généralisée sans exsudation de gomme(**Ephytia**).



Figure 23 : La gommose parasitaire des agrumes (**Anonyme**).

V. Facteurs favorables au développement du phytophthora :

Pour limiter les risques d'apparition d'un phytophthora, il suffit de suivre quelques règles :

- Les zoospores ayant la particularité de se déplacer dans l'eau du sol, il faut limiter les cultures en terre lourde (argileuse) ou mal drainée. La stagnation de l'eau est alors propice à la propagation de la maladie. Si besoin, allégez votre sol en y incorporant du sable.
- Bien espacer les végétaux et les cultures. Vous empêcherez ainsi de créer des conditions favorables à la maladie et limiterez les risques de contagion en cas de survenance.
- Effectuez les arrosages aux pieds et non par aspersion sur le feuillage.
- Les températures favorables à leur développement sont variables selon les espèces (16-17°C pour *P. cinnamomi*).

- La présence de certains nématodes favorisent *P. cinnamomi*. Certaines conditions culturales sont à éviter comme :
 - Une forte densité de culture.
 - Un sol mal drainé, lourd ou compacté.
 - Un arrosage excessif et qui crée des éclaboussures.
 - Un excès d'azote qui fragilise la plante (Eva. 2019).

VI. Gestion de *Phytophthora sp* :

Quelques fongicides peuvent néanmoins être utilisés comme le fosétyl-Al (fosétyl d'aluminium), commercialisé sous le nom d'Aliette. Le traitement est à la fois préventif et curatif et peut s'utiliser sur de nombreuses cultures (potagères et fruitières). Il s'agit d'un produit dit « systémique », c'est-à-dire qu'il pénètre dans l'organisme de la plante afin de lutter contre la maladie. Il est à la fois systémique descendant (action sur les racines) et ascendant (action sur les feuilles).

D'autres produits à base de mancozèbe ou de diméthomorphe peuvent également être utilisés.

Pour tous les défenseurs d'une agriculture biologique, sachez que, malheureusement, à l'heure actuelle, il n'existe pas de solutions naturelles curatives aux phytophthoras. Néanmoins, des études sont menées afin de déterminer l'efficacité d'agents de contrôle biologique (BCA) dans la lutte contre les Oomycètes comme le phytophthora

Partie2

Partie expérimentale

Matériel et méthodes

Le travail de la présente étude a été réalisé au laboratoire de Technologie agroalimentaire et nutrition sise au site Ex-INES de chimie de l'Université de Mostaganem. Il porte sur l'étude de *Phytophthora sp.*, agent causal de la gommose parasitaire sur agrumes.

La gommose parasitaire est une maladie très fréquente dans les vergers agrumicoles en Algérie. C'est l'un des facteurs qui causent le dépérissement des plants d'agrumes chaque année. Malgré que le problème de la gommose existe depuis longtemps dans nos vergers, aucune étude n'a été effectuée pour déterminer les agents pathogènes responsables de cette maladie redoutable. L'objectif de notre travail est donc :

- L'isolement et l'identification de l'agent pathogène
- Caractérisation phénotypique d'isolats obtenus selon deux paramètres :

La croissance mycélienne sur deux milieux de culture différents et le test de pathogénicité sur différentes espèces de Citrus (oranger, citronnier et deux porte greffes, Bigaradier et Volkameriana).

1. Echantillonnage et sites de prélèvement :

Nous avons prélevé les échantillons du sol à une profondeur d'environ 20 cm à côté du tronc de l'arbre, étant donné que la majorité des racines se développent jusqu'à cette profondeur et que le travail du sol assure le mélange des éléments nutritifs jusqu'à environ 20 cm. Quatre (04) échantillons de sol ont été prélevés sur agrumes de quatre différentes régions de Mostaganem: Sidi Fellag, Douar Menanda, Sirat et Mansourah (voir figure 24).

Tableau 2 : Informations sur les quatre (04) échantillons du sol.

	Régions			
	Sidi Fellag	Douar Menanda	Sirat	Mansourah
Date de prélèvement	11/04/2023	29/04/2023	29/05/2023	03/06/2013
Coordonnées géographiques	35.930763°N 000.146726°E	35,818304°N 0,162858°E	35.476122°N 000.106325°E	35.847932°N 0.241104°E
Surface	4 ha	14 ha	11 ha	8 ha
Variété	Thomson	Thomson	Clémentine	Citronnier
Type de sol	Léger	Léger	Sableux limoneux	Léger
Fertilisation	Organique	Organique	Organique	Organique
Technique d'irrigation	Cuvette	Cuvette	Goutte à goutte	Cuvette
Age du verger	35 ans	23 ans	Plus de 25 ans	10 ans
Stade phénologique	Nouaison	Nouaison	Nouaison	Nouaison
Porte-greffe	Bigaradier	Bigaradier	Bigaradier	Bigaradier

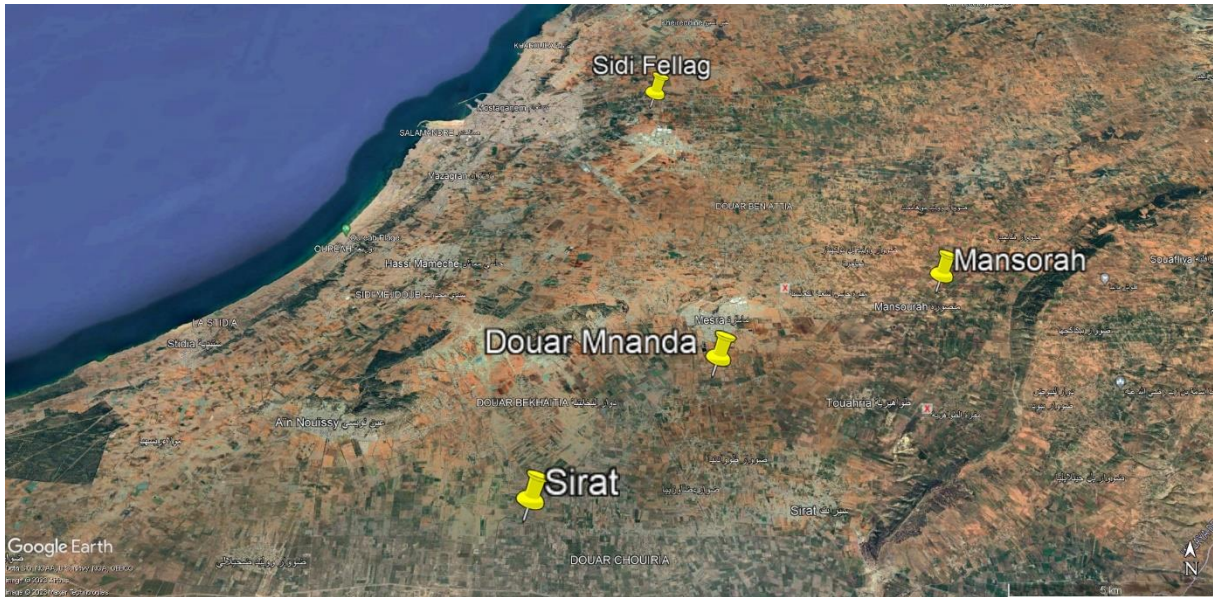


Figure 24. Carte de répartition et de localisation des sites de prélèvement des échantillons. Map data: ©2023 Google (date des images satellite: 31 Aout 2023)

2. Technique d'isolement de l'agent pathogène :

Les isolations sont réalisées à partir du sol. Dans une boîte en plastique nous avons mis une quantité du sol puis nous avons ajouté de l'eau distillée jusqu'à ce qu'il soit complètement recouvert. Dès que l'eau devient claire, des feuilles saines prélevées de différentes espèces d'arbres (technique des appâts) sont déposées sur la surface de l'eau distillée. Après trois à quatre jours, nous avons observé l'apparition de taches nécrotiques sur les feuilles, qui sont des symptômes provoqués suite à l'attaque des zoospores qui sont des spores mobiles dans l'eau, caractéristique des *Phytophthora* du sol et la classe des phycomycètes.



Figure 25 : Apparition des symptômes sur feuilles (Originale, 2023)

Les feuilles attaquées sont rincées à l'eau distillée stérile. Le séchage est effectué dans la zone stérile, à proximité du bec bunsen. Les feuilles sont déposées sur un papier filtre stérile pendant quelques minutes jusqu'à l'obtention de feuilles bien séchées. Ensuite, nous avons coupé les parties nécrosées des feuilles en petits fragments, pour les mettre sur un milieu de culture PDA sélectif avec antibiotiques (**Annexe1**). Ceci, pour inhiber le développement d'autres microorganismes. Ce processus est effectué sur tous les échantillons pour isoler l'agent pathogène.

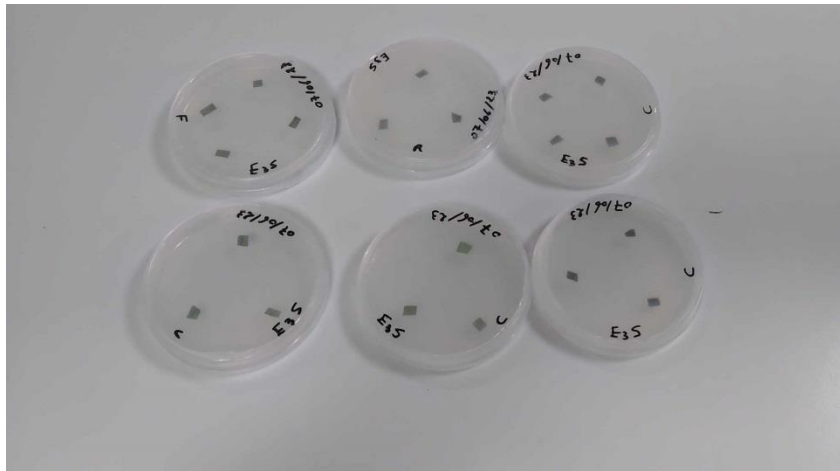


Figure 26 : Des fragments isolés sur un milieu sélectif (Originale, 2023)

Après 3 à 4 jour des petites colonies apparaissent autour des fragments dans les boîtes de Pétri. Ces colonies sont purifiées par repiquage dans d'autres boîtes dans des conditions stériles.

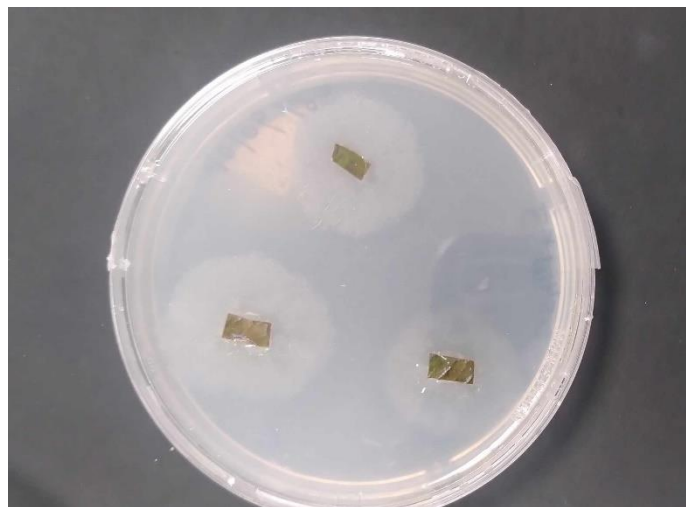


Figure 27 : Colonies développées après isolement (Originale, 2023)



Figure 28 : Une colonie développée après repiquage
(Originale, 2023)

2.1. Conservation :

Après purification, les isolats sont ensuite conservés sur milieu solide PDA en boîte de Pétri à l'étuve obscure à 25 °C.

3. Identification des souches isolées :

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

3.1. Identification microscopique :

Toutes les souches isolées sont soumises à une identification morphologique réalisée par une étude microscopique. Cette dernière est effectuée par un prélèvement soigneux d'un petit explant mycélien d'une colonie jeune (quelques spores et un fragment mycélien à la marge du thalle) à l'aide d'une anse en platine stérile, l'observation microscopique est réalisée au grossissement (objectif $\times 10\times 40$).

Ce type d'identification est fondé essentiellement sur l'étude morphologique de mycélium (absence ou présence de cloisons, couleur des filaments mycéliens, différenciation des thallospores,...) et des spores (forme, couleur, texture des parois,...).

3.2. Identification macroscopique :

Cette étude est basée sur l'observation des colonies à l'œil nu. L'observation des caractères porte sur l'aspect de la colonie qui représente un critère clef d'identification et sa vitesse de croissance.

4. Test de croissance mycélienne :

La croissance mycélienne de 9 isolats (SDF1, SDF2, SDF3, MND1, MND3, MND6, MND10, SRT1 et NSR1) a été déterminée sur deux milieux de culture : PDA et V8 (Annexe2).

Pour se faire, un explant mycélien de 8 mm de diamètre pour chaque isolat est prélevé à partir d'une jeune colonie âgée de 7 jours puis déposé au centre d'une boîte de Pétri contenant un milieu de culture vierge. Les boîtes sont incubées à 25°C à l'obscurité, avec trois répétitions par isolat et par milieux de culture. Les mesures diamétrales des colonies sont réalisées selon deux directions perpendiculaires tous les 24 h pendant 3 jours d'incubation.

4.1. L'analyse statistique :

L'analyse de la variance est utilisée pour tester la significativité (hétérogénéité) des facteurs catégoriques (effet isolat et effet milieu de culture) sur la croissance mycélienne (diamètre).

Le test ANOVA est réalisé sur Matlab 2020.

5. Test de pathogénicité :

5.1. Préparation des plants :

Le matériel végétal utilisé lors de l'expérimentation est composé de onze (11) plants de citronnier greffés sur Volkameriana et onze (11) plants d'oranger de la variété Washington Navel greffés sur Bigaradier. Les plants ont été fournis par la pépinière kaizen sise à Mostaganem.

L'âge des plants est de deux ans et la largeur de la tige principale est d'environ 1,5 à 2 cm. Ceci pour pouvoir réaliser des puits (blessures) sur les branches (puit de 1 cm de largeur × 2 cm de longueur).

Dix (10) plants d'oranger et dix (10) plants de citronnier ont été inoculés pour tester la pathogénicité des souches et les deux (02) plants restants ont été utilisés comme témoins (un plant d'oranger et un plant de citronnier).



Figure 29 : Plants de Citrus à inoculer (Originale, 2023)

5.2. Préparation de l'inoculum :

Une collection de cinq (05) isolats de *Phytophthora sp.* de différents aspects âgés de 7 jours repiqués sur milieu PDA a été utilisée pour le test de pathogénicité sur plants d'agrumes.

Les souches utilisées sont : SDF1, SDF3, MND10, SRT1 et MNSR1.

5.3. Inoculation :

Pour inoculer les plants, deux puits ont été réalisés, sur le greffon et sur le porte-greffe. Pour chaque isolat, deux plants d'oranger et deux plants de citronnier ont été utilisés. Les témoins sont inoculés par des disques de gélose sans pathogène.

Pour réussir l'inoculation, il faut que la surface supérieure de l'explant mycélien soit en contact direct avec la surface de la plaie et il faut fermer le puit avec le disque de tissu enlevé. Ensuite il faut couvrir le puit d'inoculation avec le parafilm.



Figure 30 : Plants d'agrumes inoculés (Originale, 2023)

5.4. Entretien des plants inoculés et notation des symptômes :

- Il faut irriguer les plants inoculés par aspersion tous les 48h (le soir).
- Après 7 à 15 jours on peut observer l'apparition de la gomme sur le greffon au niveau du point d'inoculation.
- Après 15 à 30 jours on peut observer les symptômes sur le porte-greffe.
- S'il n'y a pas de symptômes de gomme sur le point d'inoculation, il faut enlever l'écorce et observer s'il y a une nécrose au niveau du bois.

Résultats et discussion

I. Résultats:

1. Présentation des souches isolées :

Après purification nous avons obtenu neuf souches à travers les quatre régions de prélèvement.

- Sidi Fellag : Trois (03) souches.
- Douar Menanda : Quatre (04) souches.
- Mansourah : Une (01) seule souche.
- Sirat : Une (01) seule souche.

Tableau 3 : Dénomination des souches de *Phytophthora sp.*

Région	Désignation des souches
Sidi Fellag	SDF1
	SDF2
	SDF3
Douar Menanda	MND1
	MND3
	MND6
	MND10
Sirat	SRT1
Mansourah	MNSR1

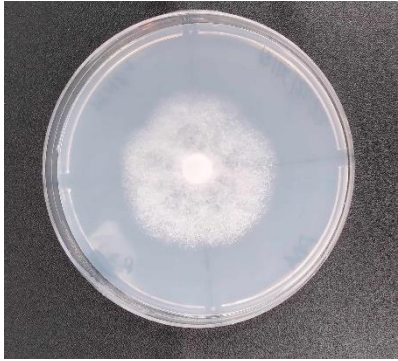


Figure 31 : Isolât MND1 repiqué sur milieu PDA (Originale, 2023).

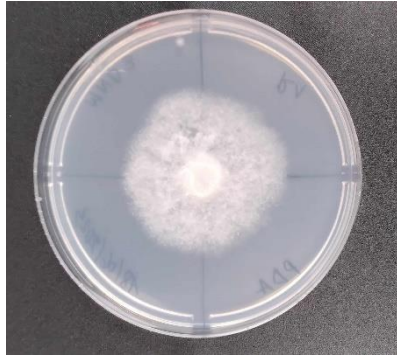


Figure 32 : Isolât MND3 repiqué sur milieu PDA (Originale, 2023).

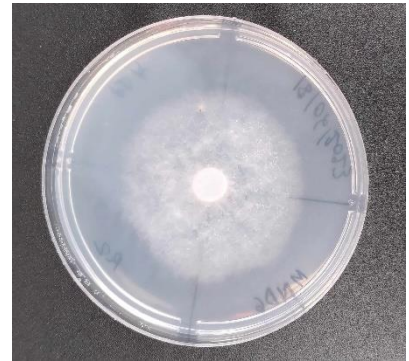


Figure 33 : Isolât MND6 repiqué sur milieu PDA (Originale, 2023).



Figure 34 : Isolât MND10 repiqué sur milieu PDA (Originale, 2023).



Figure 35 : Isolât MNSR1 repiqué sur milieu PDA (Originale, 2023).



Figure 36 : Isolât SDF1 repiqué sur milieu PDA (Originale, 2023).



Figure 37 : Isolât SDF2 repiqué sur milieu PDA (Originale, 2023).

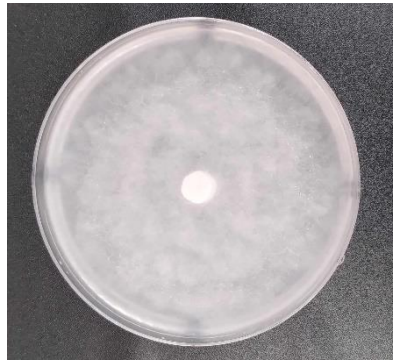


Figure 38 : Isolât SDF3 repiqué sur milieu PDA (Originale, 2023).



Figure 39 : Isolât SRT1 repiqué sur milieu PDA (Originale, 2023).

Après identification des souches obtenues, nous avons trouvé quatre (04) aspects différents de. Nous les avons classés comme suit : MND1, SDF2, MNSR1, SRT1.

2. Identification des souches isolées :

2.1. Aspects macroscopique et microscopique de quelques souches isolées :

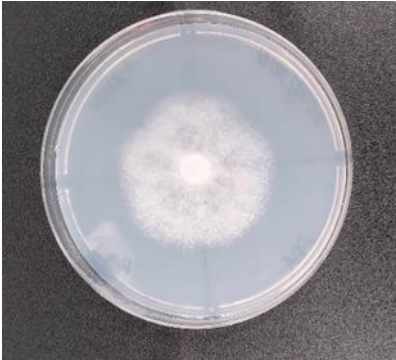
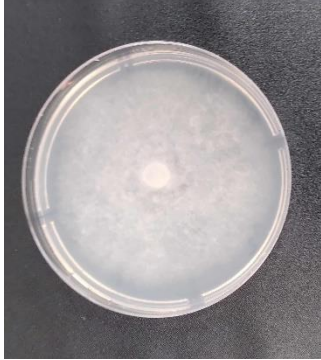

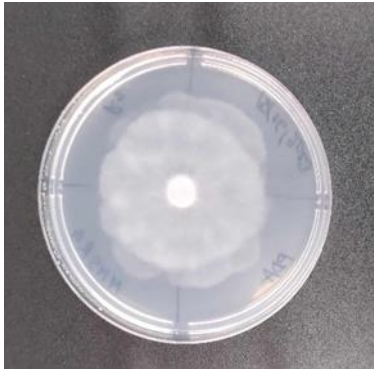
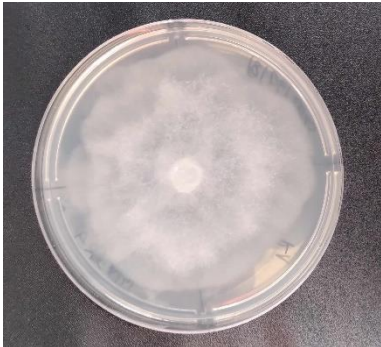

Aspect macroscopique		Aspect microscopique
Sur milieu PDA	Sur milieu V8	
 <p>Figure 40 : La souche MND1 repiquée sur milieu PDA (Originale, 2023).</p>	 <p>Figure 41 : La souche MND1 repiquée sur milieu V8 (Originale, 2023).</p>	 <p>Figure 42 : Mycélium de <i>Phytophthora sp.</i> de la souche MND1 observé sous microscope au grossissement 10 (Originale, 2023).</p>
 <p>Figure 43 : La souche MNSR1 repiquée sur milieu PDA (Originale, 2023).</p>	 <p>Figure 44 : La souche MNSR1 repiquée sur milieu V8 (Originale, 2023).</p>	 <p>Figure 45 : Mycélium de <i>Phytophthora sp.</i> de la souche MNSR1 observé sous microscope au grossissement 10 (Originale, 2023).</p>



Figure 46 : La souche SDF1 repiquée sur milieu PDA (Originale, 2023).

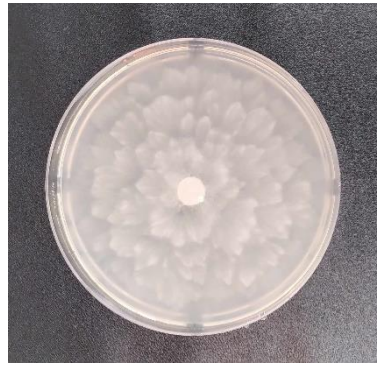


Figure 47 : La souche SDF1 repiquée sur milieu V8 (Originale, 2023).

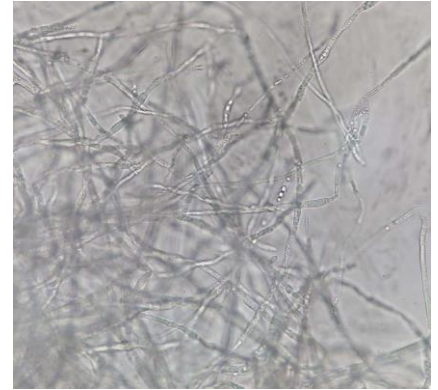


Figure 48 : Mycélium de *Phytophthora sp.* de la souche SDF1 observé sous microscope au grossissement 40 (Originale, 2023).



Figure 49 : Mycélium + chlamydospore de *Phytophthora sp.* de la souche SDF1 observé sous microscope au grossissement 40 (Originale, 2023).

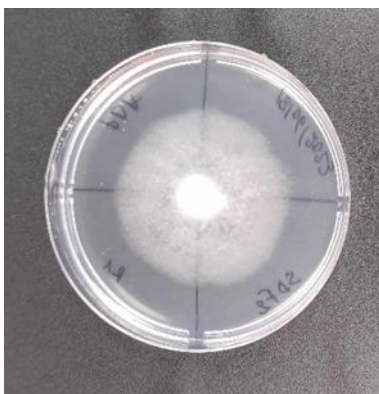


Figure50 : La souche SDF2 repiquée sur milieu PDA (Originale, 2023).

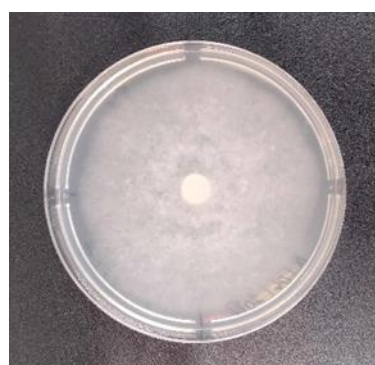


Figure51 : La souche SDF2 repiquée sur milieu V8 (Originale, 2023).



Figure52 : Mycélium de *Phytophthora sp.* de la souche SDF2 observé sous microscope au grossissement 10 (Originale, 2023).

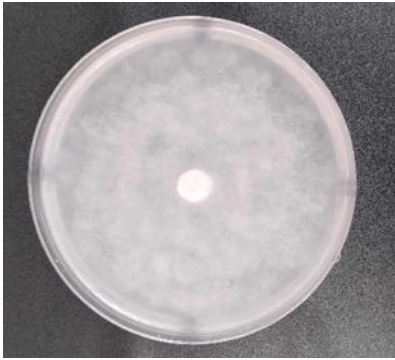


Figure 53 : La souche SDF3 repiquée sur milieu PDA (Originale, 2023).



Figure 54 : La souche SDF3 repiquée sur milieu V8 (Originale, 2023).

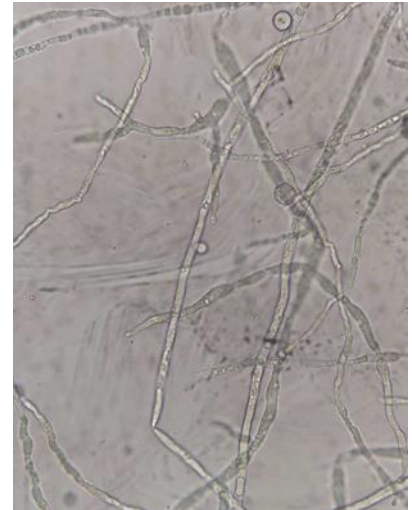


Figure 55 : Mycélium + chlamydospore de *Phytophthora sp.* de la souche SDF3 observé sous microscope au grossissement 40 (Originale, 2023).

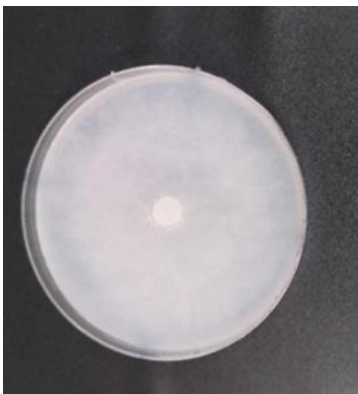


Figure 56 : La souche SRT1 repiquée sur milieu PDA (Originale, 2023).



Figure 57 : La souche SRT1 repiquée sur milieu V8 (Originale, 2023).

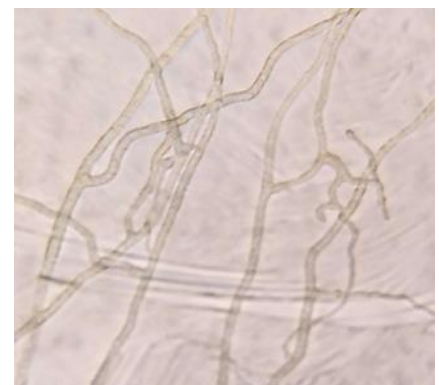


Figure 58 : Mycélium de *Phytophthora sp.* de la souche SRT1 observé sous microscope au grossissement 40 (Originale, 2023).

Tableau4 : Aspects macroscopique et microscopique de quelques souches isolées.

2.2. Description macroscopique des quatre aspects de colonies obtenues :

La souche SDF2 se développe lentement sur le milieu PDA et V8. Le mycélium est cotonneux.

La souche SRT1 présente une croissance rapide sur le milieu PDA et V8. On observe une colonie en forme de rosace et un mycélium cotonneux.

La souche MNSR1 se développe lentement sur le milieu PDA et V8. Le mycélium est ras. Colonie en forme de rosace.

La souche MND1 se développe lentement sur le milieu PDA et V8. Le mycélium est cotonneux et dense.

2.3. Description microscopique :

Sous microscope optique, l'observation du mycélium des différentes souches obtenues montre qu'il est composé d'hyphes blancs, ramifiés et non cloisonnés. Il porte des sporanges et des chlamydo-spores.

3. Test de pathogénicité :

3.1. Notation des résultats de test de pathogénicité :

Tableau 6 : Résultats de test de pathogénicité.

Isolats (souche)	Isolat 1	Isolat 2	Isolat 3	Isolat 4	Isolat 5
Nom de la souche	SDF3	SDF1	SRT1	MND10	MNSR1
Nom de l'espèce ou la variété	Oranger : Thompson Navel Citronnier	Oranger : Thompson Navel Citronnier	Oranger : Thompson Navel Citronnier	Oranger : Thompson Navel Citronnier	Oranger : Thompson Navel Citronnier
Nom du porte greffe	Oranger: Bigaradier Citronnier: Volkameriana	Oranger: Bigaradier Citronnier: Volkameriana	Oranger: Bigaradier Citronnier: Volkameriana	Oranger: Bigaradier Citronnier: Volkameriana	Oranger: Bigaradier Citronnier: Volkameriana
Nombre de répétitions positives	Toutes les répétitions sont +	Toutes les répétitions sont +	Toutes les répétitions sont +	Toutes les répétitions sont +	0
Nature des symptômes (gomme, nécroses, dépérissement ...)	Nécrose sur greffon et sur porte-greffe	Citronnier: Gomme sur greffon et nécrose sur porte-greffe Oranger: Nécrose sur greffon et sur porte-greffe	Nécrose sur greffon et sur porte-greffe	Citronnier: Gomme sur greffon et sur porte greffe Oranger: gomme sur greffon et nécrose sur porte-greffe	Aucun symptôme
Taille des nécroses (mm)	0,95	0,85	1,05	1	0

3.2. Les symptômes :

Suite aux inoculations effectuées, des symptômes ont été observés sur les points d'inoculation après 7 jours sur le greffon et un mois sur le porte greffe. Tous les isolats ont provoqué des symptômes sous forme de gommages sur les plaies, nécroses ou dépérissement et les témoins sont restés sains, sauf l'isolat MNSR1 qui n'a présenté aucun symptôme sur les points d'inoculation.

Les symptômes apparus sur les plants inoculés pour chaque isolat :

La souche SDF3 : présence de nécrose sur le greffon et sur le porte-greffe et toutes les répétitions sont positives.

La souche SDF1 : toutes les répétitions sont positives, apparition de la gomme sur le greffon et sur le porte-greffe pour l'oranger. Sur citronnier, apparition de la gomme sur greffon et présence de nécrose sur le porte greffe.

La souche SRT1 : toutes les répétitions sont positives, les plants inoculés présentent des nécroses sur greffon et sur porte-greffe.

La souche MND10 : présence de gomme sur le greffon et sur le porte-greffe au niveau du citronnier. Sur oranger, présence de la gomme sur le greffon et une nécrose sur le porte-greffe.



Figure 59 : Symptômes de gommose provoqués par un isolat sur greffon apres inoculation (Rekad, 2023).



Figure 60 : Nécroses provoquées par un isolat au niveau des points d'inoculation (**Originale, 2023**).



Figure 61 : Les témoins sains (Originale, 2023).

4. Test de croissance mycélienne :

La croissance mycélienne des neuf (09) isolats a été évaluée sur deux milieux, un milieu PDA et un milieu V8, en mesurant le diamètre des colonies quotidiennement pendant 3 jours d'incubation. Tous les isolats testés se développent bien sur les deux milieux mais avec divers degrés à 25°.

Les figures 59 et 60, montre que les deux milieux de culture ont permis une croissance mycélienne pour l'ensemble des isolats étudiés. Sur le milieu PDA le diamètre des colonies développées par les différents isolats varie entre 31,16 à 77 mm et sur milieu V8 aussi de 31,16 à 77 mm (voir figures 64 et 65).

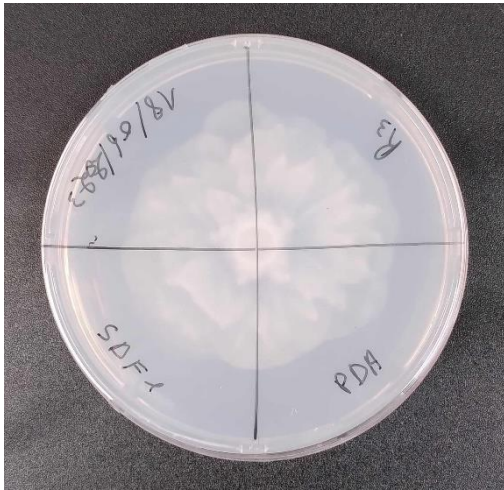


Figure 62 : Culture mycélienne d'isolat de *Phytophthora sp.*développée sur milieu PDA (Originale, 2023).

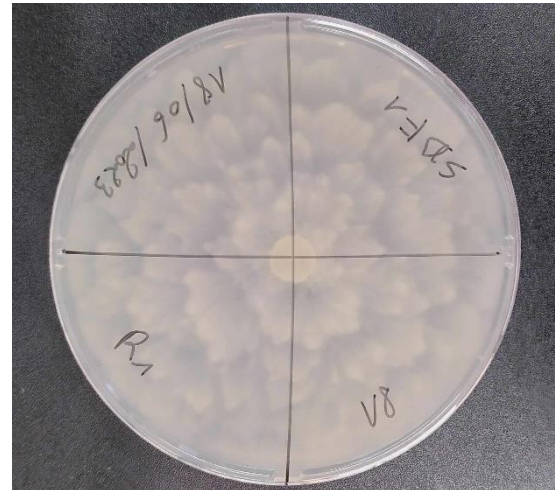


Figure 63 : Culture mycélienne d'isolat de *Phytophthora sp.*développée sur milieu V8 (Originale, 2023).

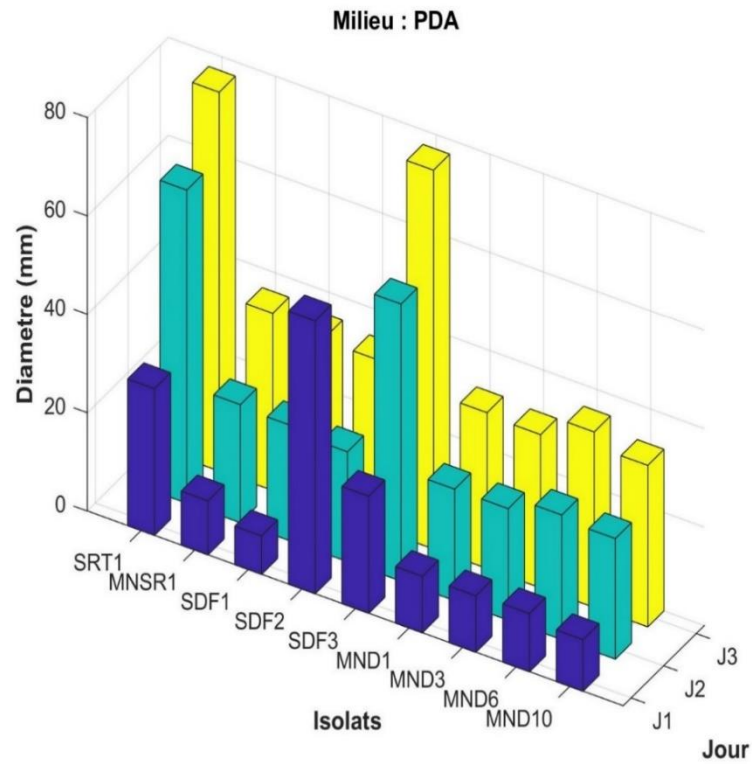


Figure 64 : Croissance mycélienne des isolats de *Phytophthora sp.* sur le milieu PDA après 3 jours d'incubation à 25 °C.

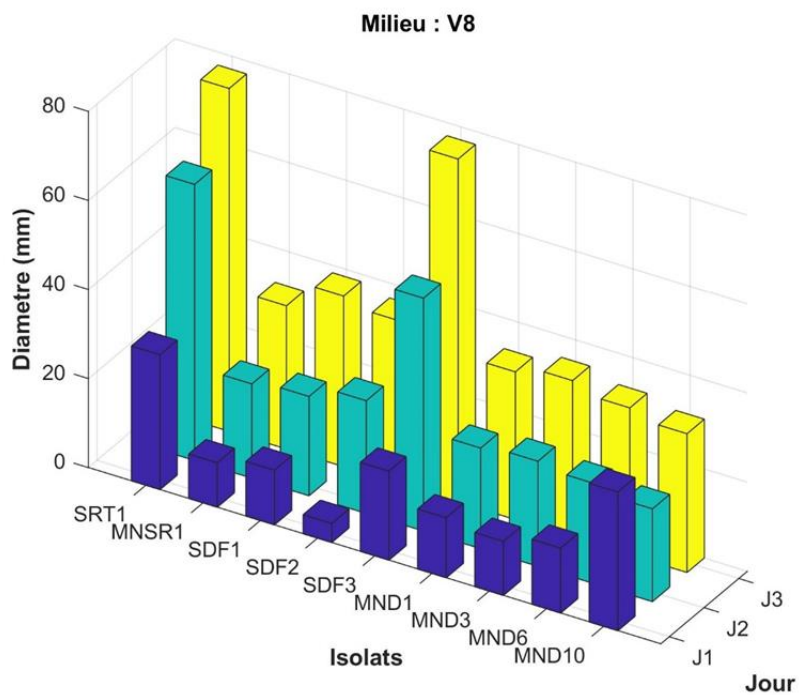


Figure 65 : Croissance mycélienne des isolats de *Phytophthora sp.* sur le milieu V8 après 3 jours d'incubation à 25 °C.

L'analyse de la variance des résultats de la croissance mycélienne pendant le premier jour montre que la différence est non significative pour le facteur milieu de culture ($F=0$, $p=1>0.05$) (voir annexes 3, 4 et 5).

Par contre, les deux isolats: SRT1 et SDF3 ont donné un test fortement significatif ($F=2.8$, $p=0.02<0.05$).

Pour j2 et j3, l'ANOVA a révélé que l'effet de facteur isolat sur la croissance mycélienne est significatif pour tous les isolats, alors l'effet milieu de culture reste toujours non significatif (voir annexes 3, 4 et 5).

Tableau 7 : Diamètre moyen des colonies, après 3 jours d'incubation sur le milieu PDA.

Jour	Intervalle des diamètres moyens (en mm)	Isolats
1	7,83 - 55	SDF1, MND10, MNSR1, MND1, MND3, MND6, SDF3, SRT1, SDF2
2	22,33 – 63,66	SDF2, MND1, MND3, SDF1, MNSR1, MND10, MND6, SDF3, SRT1
3	31,16 - 77	MND3, MND1, MND10, SDF2, SDF1, MND6, MNSR1, SDF3, SRT1

Tableau 8 : Diamètre moyen des colonies, après 3 jours d'incubation sur le milieu V8.

Jour	Intervalle des diamètres moyens (en mm)	Isolats
1	4,3 – 30,3	SDF2, MNSR1, MND10, MND3, SDF1, MND1, MND6, SDF3, SRT1
2	20,83 - 62	MND10, MNSR1, SDF1, MND6, MND1, MND3, SDF2, SDF3, SRT1

3	31,16 - 77	MND10, MNSR1, MND6, MND1, MND3, SDF2, SDF1, SDF3, SRT1
---	------------	--

II. Discussion :

Cette étude porte sur la caractérisation d'isolats de *Phytophthora sp.* obtenus, à partir de quatre échantillons du sol prélevés de différents sites de production d'agrumes dans la wilaya de Mostaganem: Sidi Fellag, Douar Menanda, Sirat et Mansoura.

La présente étude, nous a permis d'obtenir des isolats de *Phytophthora sp.* avec différents aspects à partir de quatre sites de prélèvement. Ce résultat montre la diversité des souches de *Phytophthora sp.* responsables de la gommose parasitaire et du dépérissement d'agrumes dans les sites de prélèvement. Les mêmes aspects de cultures ont été obtenus par Puglisi et al., (2012).

Nos résultats concernant le test de pathogénicité montrent que les isolats SDF1, SDF3, MND10 et SRT1 provoquent différents symptômes (gomme, nécroses, dépérissement) sur l'ensemble des plants inoculés avec différents degrés d'agressivité. L'isolat MNSR1 n'a provoqué aucun symptôme et s'est montré non pathogène. Les isolats SDF1, MND10, SDF3 et SRT1 provoquent des symptômes similaires à ceux observés sur terrain.

Le test de pathogénicité a révélé aussi un résultat très intéressant sur la sensibilité des variétés d'agrumes cultivées et les porte greffe utilisés en Algérie. Les deux portes greffe testés, Bigaradier et Volkameriana ont montré une sensibilité vis-à-vis des souches de *Phytophthora* testées. Nos résultats concordent avec ceux obtenus par Van Tran et al., (2023).

Nos résultats concernant l'effet de milieux de culture sur la croissance mycélienne des isolats testés ont permis de constater que:

Les deux milieux de culture PDA et V8 ont permis une bonne croissance mycélienne. L'analyse de la variance des résultats de la croissance mycélienne montre que la différence est non significative pour le facteur milieu de culture, par contre, le facteur isolat a un effet significatif notamment après les jours j2 et j3 (voir annexes 3, 4 et 5).

Les résultats obtenus sont en bon accord avec ceux trouvés par Puglisi et *al.* (2017).

Conclusion

Conclusion :

L'activité parasitaire des *Phytophthora* chez les citrus et les genres voisins s'exerce sur différents organes, à différents niveaux. Elle est la cause d'une pourriture brune des feuilles et des fruits, d'une pourriture corticale des rameaux et des racines, et surtout de la formation sur le tronc et les branches de chancres à exsudat gommeux.

La présente étude a pour objectif, l'isolement et l'identification de *Phytophthora sp.* et faire un test de croissance mycélienne et un test de pathogénicité pour les souches obtenues.

Tout d'abord, l'isolement de *Phytophthora sp.* a été effectué sur le milieu PDA sélectif, à partir de quatre échantillons du sol. Les souches fongiques obtenues, après purification et identification macroscopique et microscopique, appartiennent à neuf souches (SDF1, SDF2, SDF3, MND1, MND3, MND6, MND10, SRT1 et NSR1), dans lesquelles nous trouvons quatre différents aspects, nous les avons classés comme suit : MND1, SDF2, MNSR1, SRT1.

Nous avons fait un test de croissance mycélienne pour les neuf isolats obtenus sur deux milieux de culture différents (PDA et V8). L'analyse de variance des résultats de la croissance mycélienne montre que la différence est non significative pour le facteur milieu de culture, par contre, les deux isolats : SRT1 et SDF3 ont donné un test fortement significatif.

Le test de pathogénicité a été réalisé dans le but de tester la pathogénicité des souches obtenues, les souches utilisées sont : SDF1, SDF3, MND10, SRT1 et MNSR1. Toutes les souches étaient virulentes et ont provoqué différents symptômes, gommose, nécroses ou dépérissement sauf la souche MNSR1 qui n'a présenté aucun symptôme. Les mêmes symptômes ont été observés sur les plants infestés au niveau des sites de prélèvement. Ce résultat nous informe sur la variabilité des symptômes provoqués par les *Phytophthora* des agrumes et la diversité des espèces pathogènes.

Le test de pathogénicité a révélé aussi un résultat très intéressant sur la sensibilité des variétés d'agrumes cultivées et les porte greffe utilisés en Algérie. Les deux portes greffe

testés, Bigaradier et Volkameriana ont montré une sensibilité vis-à-vis des souches de Phytophthora testées. Il est important donc de revoir les portes greffe utilisés en Algérie et d'essayer d'autres plus résistants.

A l'avenir ce travail mérite d'être approfondi par l'étude de plusieurs zones agrumicoles avec un nombre important d'échantillons en s'intéressant à la caractérisation génotypique des populations de Phytophthora.

Références bibliographiques

- **Agagna, Y. (2016).** Role d'Aphytis melinus (Hymenoptera, Aphelinidae) dans la régulation des niveaux d'infestation du pou de Californie *Aonidiella aurantii* (Homoptera, Diaspididae) sur citronnier à Rouiba. Mémoire de Magister : Santé végétale et environnement. Alger: Ecole nationale supérieure d'agronomie-El Harrach-Alger. 91p.
- **ANONYME, 2007.** Agriculture et développement. Revue de vulgarisation et de communication. N004, INVA, 71p.
- **ANONYME., 2013.** Agence Nationale de Développement de L'investissement.
- **Aquaportail.com.** Phytophthora: définition, explications. Publiée le 05/02/2018(mise à jour le 30/12/2019).
- **B. Boccas et al. 1978.** Institut de recherche sur les fruits et agrumes (IRFA). Les maladies à Phytophthora des agrumes. 10p.
- **Benaissat, F.Z. (2015).** La caractérisation de la sensibilité des variétés d'agrumes aux pourritures en post-récolte. Mémoire de Master d'université. Fès. 61p.
- **Beninal Lyes et al. 2010-2011.** Diversité génétique de *Phytophthora infestans* agent du mildiou de la pomme de terre en Algérie.
- **BOULBAIR Chourouk et al. 22/09/2021.** La recherche des champignons phytopathogènes du citronnier. Essai *in vitro* de lutte biologique par *Trichoderma longibrachiatum* contre ces isolats. Mémoire de Master. 6p.
- **Bounab, D., Chaabi, Y. (2018).** Etude de la variabilité morphologique au sein d'une collection d'agrumes cultivée à l'Est Algérien, W. Skikda. Mémoire de Master : Biologie et physiologie de la reproduction. Constantine: Université des Frères Mentouri Constantine. 55p.
- **CABI et l'OEPP pour l'UE sous Contrat 90/399003.** Fiche informative sur les organismes de quarantaine. *Phytophthora cinnamomi*. Morphologie.
- **DSA 2018** (Direction des services agricoles), Wilaya de Chlef (2017-2018).
- **Etsou KIMISHIMA et al. 1993.** Detection of *Phytophthora citrophthora* and *P. syringae* from orange fruit by serological methods. Morphology of two species identified.

- **Eva. 23 mai 2019.** Promesse de fleurs. Conseil identifier, prévenir, lutter. Les facteurs favorisant le Phytophthora.
- **Forest Phytophthoras of the world. G. W. Hudler.**
- **Fredon occitanie surveillance.** Le Phytophthora ramorum. Symptômes.
- **GUENOUNI et KACEMI., 2013.**
- **Iriisphytoprotection. Phytophthora cactorum.**
- **Isabelle Bernier. 26 mai 2022.** La grande famine en Irlande en 1845.
- **Jardinier malin.** Phytophthora : un nom, plusieurs maladies. Lutte et traitement
- **LOUSSERT R., 1989b.** Les agrumes, arboriculture. Ed. Technique agricoles méditerranéennes, Paris, 113p.
- **M. Negri (CIRAD). 07/06/2022.** Ephytia. *Phytophthora cinnamomi*, Pourritures des racines de l'avocatier.
- **MAPM (Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime). (2013).** Note de veille secteur agrumicole ; Note stratégique n°97.
- **Mario Riolo et al. Août 2020.** Diversity of Phytophthora Communities across Different Types of Mediterranean Vegetation in a Nature Reserves Area. Introduction.
- **NIKLAUS J et al. 2008.** Molecular plant pathology. *Phytophthora ramorum*: a pathogen with a remarkably wide host range causing sudden oak death on oaks and ramorum blight on woody ornamentals.
- **O. BASF. 2019.** Le mildiou de la pomme de terre. Symptômes du mildiou de la pomme de terre. 2019.
- **Poleniz. Phytophthora ramorum. Les hôtes.**
- **Puglisi I, De Patrizio A, Schena L, Jung T, Evoli M, Pane A, et al. (2017).** Two previously unknown Phytophthora species associated with brown rot of Pomelo (*Citrus grandis*) fruits in Vietnam. *PLoS ONE* 12(2): e0172085. doi:10.1371/journal.pone.0172085
- **REKAD Fatma Zohra. 01 Juillet 2018.** Thèse de doctorat en sciences. Caractérisation phénotypique et génotypique d'isolats de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, agent causal du mildiou de la pomme de terre et de la tomate dans la région du nord-ouest d'Algérie.

- **Santos, A. F. dos. 2016.** *Phytophthora nicotiana*.
- **Tout sur la botanique.** *Phytophthora nicotiana*.
- **Tran, Q.V., Ha, C.V., Vvedensky, V.V., Le, L.T.T. & Han, V.-C. (2023)** Pathogenicity and fungicide sensitivity of *Phytophthora parvispora*, a new pathogen causing gummosis and root rot disease on citrus trees. *Microbial Pathogenesis*, 175, 105986.

Annexes

Annexe(1) : Le milieu de culture PDA.

Pomme de terre	200g
Glucose	20g
Agar-agar	20g
Eau distillé	1000ml

- Laver la pomme de terre non pelée.
- Couper en cubes dans 500 ml d'eau distillée.
- Porter à ébullition pendant 30 – 45 min.
- D'autre part faire fondre l'agar dans 500 ml d'eau distillée.
- Écraser la pomme de terre, filtrer puis ajouter le filtrat à la solution d'agar.
- Ajouter le glucose.
- Compléter le volume à 1000 ml.

Autoclavage : 20min à 121°C.

Antibiotiques utilisés pour la préparation de 1000 ml de milieu PDA sélectif (milieu d'isolement) :

Pimaricin 10 mg

Ampicilline 100 mg

Rifamycin 10 mg

Hymexazol 50 mg

NB : les antibiotiques sont ajoutés après autoclavage.

Annexe 2 : Le milieu de culture V8.

- 200 ml de jus de légumes V8 clarifié (4g de CaCO₃ sont mélangés à 350 ml de jus V8 puis le mélange est centrifugé 15 min à 5000 trs/min. Le surnageant est utilisé comme jus "clarifié").
- 15 g d'Agar-agar.
- Eau distillée 1000 ml.
- Stérilisation pendant 20 min à 122°C.

Annexe 3 : Tableau des résultats obtenus pour l'analyse ANOVA en utilisant le test Fisher pendant le jour 1.

Isolats	Estimate	SE	tStat	pValue
MND10	20.83	10.663	1.9534	0.08251
MND3	11.83	10.663	1.1094	0.29601
MND6	13.215	10.663	1.2393	0.24658
MNSR1	10.5	10.663	0.98469	0.35051
SDF1	10.065	10.663	0.9439	0.36987
SDF2	29.9	10.663	2.804	0.020577
SDF3	21.915	10.663	2.0552	0.070023

SRT1	30.065	10.663	2.8195	0.020064
------	--------	--------	--------	----------

Tableau des résultats de test ANOVA sur le modèle globale (jour 1).

	SumSq	DF	MeanSq	F	pValue
Total	3483.1	18	193.51		
Model	1622.5	9	180.28	0.87203	0.57915
Residual	1860.6	9	206.74		

Annexe 4 : Tableau des résultats obtenus pour l'analyse ANOVA en utilisant le test Fisher pendant le jour 2.

Isolat	Estimate	SE	tStat	pValue
MND10	21.021	7.8174	2.689	0.024838
MND3	21.486	7.8174	2.7485	0.022533
MND6	22.271	7.8174	2.8489	0.019124
MNSR1	20.936	7.8174	2.6781	0.025284
SDF1	21.256	7.8174	2.719	0.023645
SDF2	22.171	7.8174	2.8361	0.019527
SDF3	52.671	7.8174	6.7376	8.4831e-05
SRT1	61.186	7.8174	7.8268	2.6352e-05

Tableau des résultats de test ANOVA sur le modèle globale (jour 2).

	SumSq	DF	MeanSq	F	pValue
Total	6623.1	18	367.95		
Model	5623.1	9	624.79	5.623	0.0084559
Residual	1000	9	111.11		

Annexe 5 : Tableau des résultats obtenus pour l'analyse ANOVA en utilisant le test Fisher pendant le jour 3.

Isolat	Estimate	SE	tStat	pValue
MND10	28.625	10.782	2.655	0.026259
MND3	29.79	10.782	2.7631	0.022001
MND6	30.96	10.782	2.8716	0.018429
MNSR1	30.71	10.782	2.8484	0.019139
SDF1	33.446	10.782	3.1021	0.01268
SDF2	32.096	10.782	2.9769	0.015528
SDF3	73.63	10.782	6.8293	7.6493e-05
SRT1	73.63	10.782	6.8293	7.6493e-05

Tableau des résultats de test ANOVA sur le modèle globale (jour 3).

	SumSq	DF	MeanSq	F	pValue
Total	10869	18	603.82		
Model	8966.6	9	996.29	4.7139	0.015197
Residual	1902.2	9	211.35		