

N° d'Ordre :

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE L'AGRONOMIE

# Mémoire

De fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la nature et de la vie (S.N.V.)

Filière : Sciences agronomiques

Spécialité : Protection des Végétaux

Intitulé du thème :

**Effet fongicides des extraits aqueux de  
l'avocatier (*Persea americana* Mill) contre  
l'*Alternaria* sp de la tomate : essais *in*  
*vitro* et *in vivo***

Présenté par : Melle : Bouderbala soumia

Melle : Belgacem wahiba

Mémoire soutenu devant l'honorable jury composé de :

Président de jury : Mme : Belabbas Meriem

M.C.B UDL / SBA

Examineur : Mr Zaid Radouane

M.A.A UDL / SBA

Promoteur : Mr Kara Mohammed

M.A.A UDL / SBA

Année universitaire 2020 - 2021

Session : « Juin »

## Table des matières

Introduction .....	1
<b>Chapitre 1. Généralités sur la tomate .....</b>	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.1-Origine et historique de la tomate .....	2
1.2. Répartition de la tomate dans le monde .....	2
1.3. Importance économique de la tomate .....	3
1.3.1. Dans le monde .....	3
1.3.2. En Algérie.....	4
1.4. Classification botanique.....	5
1.4.1. Classification génétique .....	5
1.4.2. Classification selon le mode de croissance.....	6
1.5. Importance de la tomate.....	6
1.6. Description botanique.....	8
1.6.1. Le système racinaire.....	8
1.6.2. La tige.....	9
1.6.4. Les fleurs.....	9
1.6.5. Le fruit .....	10
1.6.6. Les graines :.....	10
1.7. Cycle phénologique de la tomate.....	11
1.7.1. La germination .....	11
1.7.2. La croissance .....	11
1.7.3. La floraison.....	11
1.7.4. La pollinisation .....	11
1.7.5. La fructification et nouaison des fleurs .....	12
1.7.6. La maturation du fruit .....	12
1.8. Cultures de la tomate .....	12
1.8.1. Culture de plein champ .....	12
1.8.2. Culture sous abris .....	13
1.9. Principales exigences écologiques et climatiques de la plante .....	13
1.9.1. Température.....	13
1.9.2. Lumière .....	13
1.9.3. Humidité .....	13
1.10. Exigences édaphiques .....	13
1.10.1. Nature du sol.....	13
1.10.2. Température du sol.....	14
1.10.3. PH du sol.....	14
1.10.4. Humidité du sol .....	14
1.10.5. Salinité du sol.....	14
1.10.6. L'aération du sol.....	14
1.11. Exigences nutritionnelles.....	14

1.11.1. Exigences hydriques.....	14
1.11.2. Exigences en éléments fertilisants .....	14
<b>Chapitre 2. Etat sanitaire et présentation d'alternarias .....</b>	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2. Les principaux biosagresseurs de la tomate.....	15
2.1 Les ravageurs .....	15
2.1.1 Mineuse ( <i>Tuta absoluta</i> ).....	15
2.1.2. Aleurode (mouche blanche) de la tomate .....	15
2.1.3. Thrips .....	16
2.2 Maladies bactériennes.....	16
2.2.1. La tache bactérienne .....	16
2.2.2. Chancre bactérien.....	17
2.3. Maladies virales de tomate.....	17
2.3.1. Cucumber Mosaic Virus (CMV) .....	17
2.3.2. Tomato Chlorosis Virus (ToCV).....	18
2.3.3. Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV).....	18
3.4. Maladies cryptogamiques de la tomate.....	19
3.4.1 Mildiou ( <i>Phytophthora infestans</i> ).....	19
Fusariose .....	19
2.5. Alternariose.....	20
2.5.1. Historique de la taxonomie d' <i>Alternaria</i> .....	20
2.5.2. Classification .....	20
2.5.3. Biologie des <i>Alternarias</i> .....	20
2.5.4. Les <i>Alternarias</i> pathogènes des Solanacées.....	21
2.5.5. Symptômes d'Alternariose.....	21
<b>Chapitre 3. Matériel et méthodes.....</b>	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
3.1. Présentation du lieu d'expérimentation .....	26
3.2. Objectif du travail .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
3.3. Matériel végétale utilisé .....	26
3.3.1. Tomate (plante hôte).....	26
3.3.2. Présentation de l'espèce végétale a testée .....	27
3.3.3. Botanique .....	28
Selon la classification classique l'avocatier appartient à la famille de Lauracées ( <a href="https://fr.wikipedia.org/wiki/Avocatier">https://fr.wikipedia.org/wiki/Avocatier</a> ). .....	28
3.4. Extraction par macération à partir des feuilles d'avocatier ( <i>Persea americana</i> )....	29
3.4.1. Méthode de préparation d'extrait aqueux.....	29
3.4.2. Conservation de l'extrait aqueux du <i>Persea Americana</i> .....	31
3.5. Isolement de l'agent Phytopathogène ( <i>Alternaria sp</i> ).....	31
3.5.1. Préparation de l'observation sous microscope optique .....	31
3.6. Etude <i>in vitro</i> de l'activité biocide des extrait aqueux de <i>Persea Americana</i> contre les souches d' <i>Alternaria sp</i> de la tomate .....	33

3.6.1. Activité antifongique de l'avocatier <i>in vitro</i> .....	33
3.6.2. Préparation des concentrations .....	34
3.6.3. Evaluation du taux d'inhibition de la croissance mycélienne .....	34
3.7. Etude <i>in vivo</i> de l'activité biocide des extraits aqueux de <i>Persea Americana</i> contre les souches d' <i>Alternaria sp</i> de la tomate .....	35
3.7.1. Préparation des explants fongiques pour l'inoculation.....	35
3.7.2. Inoculation artificielle.....	36
3.7.3. Dispositif expérimental.....	37
3.7.4. Test préliminaire ou test de phytotoxicité .....	38
3.7.5. Application des traitements.....	38
3.7.6. Ré-isolément du l'agent pathogène (confirmation du postulat de Koch).....	39
3.8. Analyse statistique.....	40
<b>Chapitre 4. Résultats et discussion</b> .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4.1. Le contexte général du déroulement de l'expérimentation.....	41
4.2. Type d'extraction .....	41
4.3. Confirmation de l'agent causal ou postulat de Kock.....	41
4.4. Etude <i>in vitro</i> de l'activité biocide des extraits aqueux de <i>Persea Americana</i> contre les souches d' <i>Alternaria sp</i> de la tomate .....	42
4.5. Etude <i>in vivo</i> de l'activité biocide des extraits aqueux de <i>Persea Americana</i> contre les souches d' <i>Alternaria sp</i> de la tomate .....	44
<b>Conclusion</b> .....	<b>47Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>Références bibliographiques</b> .....	<b>48</b>

## Remerciements

Nous tenons à remercier ALLAH, le tout puissant de nous avoir donné courage et volonté pour accomplir ce travail.

Nous souhaitons remercier en premier lieu notre promoteur et encadreur Mr Kara Mohammed, enseignant à l'Université Djilali Labbes de Sidi Bel Abbes, d'avoir accepté de nous encadrer, auprès de qui nous avons trouvé un soutien constant, toujours à l'écoute, et qui nous a guidés et motivés de ses conseils tout au long de cette travail. Nous sommes également reconnaissants pour le temps conséquent qu'il nous a accordé.

Nous tenons à remercier sincèrement les membres du jury qui nous font le grand honneur d'évaluer ce travail.

Sincères reconnaissance pour Mme Belabbas Meriem enseignante à l'UDL.SBA pour avoir accepté de présider ce jury.

Nous associons à ces remerciements Mr. Zaid Redouane Enseignant à l'UDL.SBA pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Un grand merci à Mme Madouni-Mahdaoui Narimane responsable de laboratoire de microbiologie et de phytopathologie de département d'agronomie pour son aide inestimable dans la réalisation de notre expérimentation.et pour son implication dans notre travail, Elle nous a beaucoup appris, nous apprécions son enthousiasme et sa sympathie. Sans oublier également Mme Zaatout Sihem pour sa disponibilité et sympathie toute au long de notre expérimentation.

Ces remerciements seraient incomplets si nous n'en adressons pas à Mr Naimi responsable des moyens généraux pour toute l'aide qu'il nous apporté pour le maintien des plants notamment lors des weekends.

Nous remercions les plus chaleureux vont à tous les enseignants du département d'agronomie, pour leurs enseignements de qualité et leurs conseils qui nous ont permis de poursuivre notre itinéraire académique

Nous remercions les plus sympas vont à tous nos camarades du Master 2 Protection des végétaux, département d'agronomie de la Faculté sciences de la nature et de la vie UDL SBA, ainsi qu'à tous nos autres camarades de cette Université pour leur présence dans les moments difficiles et les excellents moments que nous avons passés avec eux tout au long de notre cursus universitaire.

## DÉDICACES

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut... Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect et la reconnaissance... Aussi, c'est tout simplement que  
dédie cette mémoire

**ALLAH**

Le tout miséricordieux, Le très miséricordieux, Le tout puissant, Qui m'a inspiré, Qui ma guidé sur le droit chemin, Je vous dois ce que je suis devenue, Soumission, louanges et remerciements, Pour votre clémence et  
miséricorde

*À mon très cher père*

J'ai vécu dans l'admiration de ta grande personnalité et de ta bonté. Tu es pour moi l'exemple de la réussite et du grand cœur. Puisse cette thèse symboliser le fruit de tes longues années de sacrifices consentis pour mes études et mon éducation. Puisse Dieu, le tout puissant, te protège et t'accorde meilleure santé et longue vie afin que je puisse te rendre un minimum de ce que je te dois

*À ma très chère mère*

Je ne trouve pas les mots pour traduire tout ce que je ressens envers une mère exceptionnelle dont j'ai la fierté d'être le fils. Ta noblesse et ta bonté sont sans limites. Que ce travail soit un hommage aux énormes sacrifices que tu t'es imposées afin d'assurer mon bien être, et que Dieu tout puissant, préserve ton sourire et t'assure une bonne santé et une longue vie afin que je puisse te combler à mon amour.

*À mes très chères sœurs*

MAROUA, Safaa, Meriem Arige

*À MA BELLE TANTE*

FATIHA

*À la mémoire de mes grand-père ET MA GRANDE  
MÈRE*

Puissent vos âmes reposent en paix. Que Dieu, le tout puissant, vous couvre de Sa Sainte miséricorde et vous accueille dans son éternel paradis.

**BELGACEM WAHIBA**

## DÉDICACES

*DIDECACE Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut... Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, L'amour, le respect, la reconnaissance... Aussi, c'est tout simplement que*

Je dédie cette Thème ...

### *ALLAH*

Mes remerciements s'ad ressent tout d'abord à notre *Dieu* tout puissant pour toutes les grâces qu'il nous a donné tout au long de notre parcours. Sans ta miséricorde mon Seigneur, je n'aurais jamais eu la force de poursuivre ce travail de recherche. A Lui seul soit la Gloire, la Puissance et la Louange pour les siècles

A ma très cher père *Bouderbala Hadj Sahraoui* l'homme le plus parfait dans le monde, le secret de ma réussite et mon grand exemple qui à rêvé toujours de me voir heureuse

A ma très chère idéale mère *Ben Yahia Nawel*, source de tendresse, en témoignage de ma reconnaissance pour son amour, sa patience et sa compréhension.

*ma grand-mère Ziane-chérif zoulikha .A ma grand-mère Zouaoui Khaira , que Dieu vous fasse miséricorde et mon grand-père Ben yahia zouaoui.*

Mes très chères sœurs, mes très chers frères :

***-Abdel Ali, Salim, Soundos ,Jamila.***

***-A tous les membres de la famille Bouderbala et Ben Yahia***

**BOUDERBALA SOUMIA**

## Abstract

In this study, the effect of aqueous extract of *Persea americana* leaves against *Alternaria sp* of tomato collected from Boufarique region was investigated by agar dilution method (ADP) with 3 in vitro replicates at 2 concentrations of 100 mg/ml and 50 mg/ml and 06 in vivo replicates at 100 mg/ml. The results showed that both concentrations were very effective, inhibiting germination and mycelial growth of the fungus to a percentage higher than 78 %, which was maintained for a significant period of time.

The results of this study demonstrated the existence of anti-*Alternaria* compounds in the leaves of the avocado tree (*P. americana*). The scientific literature shows that this tropical species contains in its leaves secondary metabolites quite important in quantity and quality, in particular, polyphenols, carotenoids and saponins which seem to be the precursors of the mechanisms of resistance to infection and the externalization of symptoms demonstrated through the *in vivo* test. These molecules exerted a marked inhibitory pressure on the pathogenesis of this fungus.

In this context, the aqueous extract of *P. americana* can be an important element in the biological control strategy.

Keywords: *Alternaria* ,*Persea americana*, tomato

## Résumé

Dans cette étude, l'effet de l'extrait aqueux des feuilles de *Persea americana* anti-*Alternaria sp* de la tomate collectée de la région de Boufarique a été étudié selon la méthode de dilution en gélose (PDA) avec 3 répétitions *in vitro* à 2 concentrations de 100 mg/ml et 50 mg/ml et 06 répétitions *in vivo* à 100 mg/ml. Les résultats ont montré que les 2 concentrations sont très efficaces, dont elles ont pu inhiber la germination et la croissance mycélienne du champignon à un pourcentage supérieur à 78 %, qui s'est maintenu pendant un laps de temps assez important.

Les résultats de cette étude ont démontré l'existence de composés anti-*Alternaria* dans les feuilles de l'avocatier (*Persea americana*). La littérature scientifique montre que cette espèce tropicale renferme dans ses feuilles de métabolites secondaires assez importante en quantité et en qualité. Notamment les polyphénols, caroténoïdes et saponines qui semblent être les précurseurs des mécanismes de résistance à l'infection et l'extériorisation des symptômes démontrés à travers l'essai *in vivo*. Ces molécules ont exercé une pression inhibitrice marquée sur la pathogénèse de ce champignon.

Dans ce contexte, l'extrait aqueux de *Persea americana* peut être un élément important dans la stratégie de lutte biologique.

Mots-clés : *Alternaria*, *Persea americana*, tomate, Activité anti fongique

## الملخص

في هذه الدراسة ، تم فحص تأثير المستخلص المائي لأوراق *P americana* ضد *Alternaria sp* على الطماطم التي تم جمعها من منطقة بوفاريك بطريقة تخفيف زرع على PDA مع 3 مكررات في المختبر (*in vitro*) بتركيزين 100 مغ/ مل و 50 مغ / مل و 06 مكررات في الظروف الحقلية (*in vivo*) عند 100 مغ / مل. أوضحت النتائج أن كلا التركيزين كانا فعالين للغاية حيث قاما بتنشيط الإنبات والنمو للفطر إلى نسبة أعلى من 78٪ لفترة زمنية طويلة.

أظهرت نتائج هذه الدراسة وجود مركبات مضادة للـ *Alternaria* في أوراق شجرة الأفوكادو ( *P. americana*).

تبين المؤلفات العلمية أن هذه الشجرة الاستوائية تحتوي في أوراقه على مكونات ثانوية مهمة جداً من حيث الكمية والنوعية ، ولا سيما البوليفينول والكاروتينات والصابونين التي يبدو أنها محررات لآليات مقاومة العدوى وظهور الأعراض .

تمارس هذه الجزيئات ضغطاً مثبطاً ملحوظاً على التسبب في تطور الامراض الطفيلية.

في هذا السياق يمكن أن يكون المستخلص المائي من *P. americana* عنصراً مهماً في استراتيجية مكافحة البيولوجية.

الكلمات المفتاحية □ *Alternaria sp*, *P. americana*, طماطم .

## Liste des figures

N°	Contenu	Page
Figure 01	Planche de tomate dessinée par Mattioli en 1590	2
Figure 02	Répartitions et origine de la tomate dans le monde	2
Figure 03	Production et superficie mondiale de la tomate fraîche	3
Figure 04	Part de la production de tomate fraîche par région ( 2009-2019)	3
Figure 05	Principaux producteurs de la tomate fraîche (2009-2019)	4
Figure 06	Evolution de la superficie de la tomate maraichère (2005-2013)	5
Figure 07	Le système racinaire	8
Figure 08	La tige	8
Figure 09	Le feuillage	9
Figure 10	Schéma d'une fleur de tomate et de son fruit	9
Figure 11	Fruits	10
Figure 12	Graines	10
Figure 13	Cycle de vie de la tomate	12
Figure 14	Symptômes de <i>Tuta absoluta</i> sur plante de tomate	15
Figure 15	Symptômes de La mouche blanche de la tomate	16
Figure 16	Symptômes de Thrips	16
Figure 17	Symptômes de la tache bactérienne	17
Figure 18	Symptômes du chancre bactérien de la tomate.	17
Figure 19	Symptômes de Cucumber Mosaic Virus (CMV)	18
Figure 20	Symptômes de Tomato Chlorosis Virus (ToCV)	18
Figure 21	Symptômes de Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV)	18
Figure 22	Symptômes du mildiou sur les différents organes du plant de tomate	19
Figure 23	Symptômes de <i>Fusarium oxysporum</i> sur feuilles et tiges de tomate	19
Figure 24	Représentation des différents stades de développement des spores et conidiophores d' <i>Alternaria alternata</i>	21
Figure 25	Conidies des isolats représentatifs d' <i>A. tenuissima</i> (d), d' <i>A. alternata</i> (e) et d' <i>A. solani</i> (f) observés sur des plaques de gélose pomme de terre carotte (PCA)	21
Figure 26	Symptômes d'Alternariose sur feuille de tomate de pomme de terre	22
Figure 27	Symptômes d'Alternariose sur tige de tomate et de pomme de terre	22
Figure 28	Symptômes d'Alternariose sur fruit de tomate et tubercule	23
Figure 29	Cycle infectieux de l' <i>Alternaria</i>	24
Figure 30	Cycle évolutif d' <i>Alternaria solani</i> sur tomate et pomme de terre	25
Figure 31	Serre lieu de l'expérimentation : SNV UDL, SBA	26
Figure 32	Mise en place de la culture de tomate : phase de transplantation	27
Figure 33	Arbre d'avocatier en pleine production	27
Figure 34	Récolte des feuilles d'avocatier (ITAFV, Boufarique, Blida)	28

Figure 35	Feuilles détachées d'avocatier	29
Figure 36	Poudre obtenue après broyage et tamisage des feuilles de <i>P. americana</i>	29
Figure 37	Etapas de préparation de l'extrait aqueux	30
Figure 38	Aucune trace d'huile essentielle n'est trouvée dans hydrolysat de feuilles d'avocatier après 6 heures de distillation	30
Figure 39	Conservation de la solution de l'extrait aqueux dans le réfrigérateur	31
Figure 40	Désinfection des feuilles infestées, coupe et dépôt des explants infestés sur milieu PDA	31
Figure 41	Obtention des colonies fongique d' <i>Alternaria</i> sp après 05 jours d'incubation	32
Figure 42	Aspect des colonies des isolats d' <i>Alternaria</i> sp sur milieu PDA après 7 jours d'incubation	32
Figure 43	Caractérisation microscopique d' <i>alternaria</i> sp.( mycélium (A) et conidies (B) d' <i>Alternaria</i> ) (fort probable <i>A.solani</i> )	33
Figure 44	Conservation des souches d' <i>Alternaria</i> sp dans le réfrigérateur	33
Figure 45	Préparation des concentrations et les témoins positif et négatif	34
Figure 46	Ensemencement des boites de pétri contenant les concentrations préétablis	35
Figure 47	Incubation des souches d' <i>Alternaria</i> sp (25°C)	35
Figure 48	Préparation de l'inoculum pour utilisation in vivo	36
Figure 49	Opération d'inoculation artificielle	37
Figure 50	Dispositif expérimental à 2 BAC	37
Figure 51	Test de phytotoxicité des extraits aqueux de l'avocatier extrait pure (gauche) et extrait dilué à 50% (droite). Aucun effet toxique n'est observé	38
Figure 52	Application des traitements	39
Figure 53	Diagramme de protocole de l'effet <i>in vivo</i> de l'extrait de <i>Persea Americana</i> sur tomate inoculé par les souches de champignon ( <i>Alternaria</i> sp).	39
Figure 54	Ré-isolément des souches d' <i>Alternaria</i> sp des feuilles atteintes (T5, T3, T2)	40
Figure 55	Espèces différentes d' <i>Alternaria</i> sp isolés des lésions apparus après inoculation artificielle (mycélium (A) conidies (B))	41
Figure 56	Evolution temporelle de l'activité inhibitrice des solutions aqueuses contre les souches d' <i>Alternaria</i> sp <i>in vitro</i>	42
Figure 57	Activité antifongique <i>in vitro</i> de l'extrait aqueux de <i>Persea americana</i> contre <i>Alternaria</i> après 20 jours (T- : aucun traitement chimique ou biologique n'est appliqué, T1 : concentration à 100mg/ml, T3 : concentration 50mg/ml).	44
Figure 58	Etat d'infestation des plants de tomate <i>in vivo</i> avant et après application des traitements (LAVT : lésions avant traitement, LAPT : lésion après traitement)	45
Figure 59	Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% (LF) (Tukey (HSD) LF : lésion sur feuilles	46

## Liste des tableaux

N °	Contenu	Page
Tableau 01	Classification botanique	5
Tableau 02	Teneurs en caroténoïdes pour 100 g de tomate crue	7
Tableau 03	Valeur nutritionnelle moyenne pour 100 g de tomate crue	7
Tableau 04	Classification taxonomique de <i>l'Alternaria sp.</i> Selon catalogue of life (25 mars 2016).	20
Tableau 05	Traitements appliqués dans l'essai <i>in vivo</i>	38
Tableau 06	Analyse de la variance Type III somme des carrés (% inhibition)	42
Tableau 07	Synthèse des comparaisons multiples par paires pour Temps (Tukey (HSD))	43
Tableau 08	Synthèse des comparaisons multiples par paires pour Dose (Tukey (HSD))	43
Tableau 09	Activité anti fongique de l'extrait aqueux sur <i>Alternaria sp in vivo</i>	45

## Liste des abréviations

**%** : Pourcentage.

**°C** : Degré Celsius

**mm**: millimeter

**FAO**: Food and Agriculture Organization of the United Nations

**g** : gramme

**g/l** : gramme par litre

**h** : heure

**Ha** : Hectare

**l** : litre

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

**m** : mètre

**ml**: mililitre

**mm** : millimètre.

**Mt** : Million de tonnes.

**N B** : nota bene

**PCA** : Pomme de terre carotte Agar

**PDA** : Potatos dextrose Agar

**rpm /min** : révoltions par minute

**SNV** : Science de nature et de vie

**µg** : microgramme

## Introduction

---

La tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) est l'une des cultures maraîchères les plus importantes au monde et la deuxième culture légumière la plus consommée après la pomme de terre. Bien que la tomate soit considérée comme une plante tropicale, elle pousse sous des climats tempérés dans presque tous les pays du monde et dans une large gamme de systèmes de production.

La tomate, répond aux besoins nutritionnels de base du corps humain car elle possède une quantité conservable de minéraux et de composés antioxydants, tels que les polyphénols (Castagna, *et al.*, 2013).

Selon le *compendium* (abrégé) des maladies et ravageurs de la tomate, les plants de tomates peuvent être menacés par plus de 60 phytopathogènes, dont des virus, des bactéries, des champignons et des oomycètes, qui provoquent de graves maladies et des pertes de rendement considérables (Jones, *et al.*, 2016). Parmi ces maladies, la maladie d'alternariose est considérée comme l'une des maladies foliaires les plus destructrices des plants de tomates et d'autres espèces végétales de la famille des Solanaceae, notamment la pomme de terre.

En Algérie, les maladies fongiques des cultures maraîchères sont exclusivement traitées par des fongicides chimiques connus pour leurs effets néfastes et toxiques sur l'environnement et la santé humaine. La recherche de l'alternative respectueuse de l'environnement se focalise de plus en plus sur des produits biologiques à activité durable sur les agents phytopathogènes.

La présente étude entre dans ce contexte de recherche et d'exploration des espèces exogènes et endogènes possédant un potentiel d'activité biocide contre les redoutables maladie de la tomate notamment l'alternariose. Notre choix été étayé sur une espèce tropicale : avocatier (*Persea americana*) peu connue chez nous. L'étude été menée sur l'évaluation de l'activité antifongique de l'extrait aqueux des feuilles d'avocatier contre les souches d'*Alternaria sp* ; d'abord dans les conditions rigoureuses de laboratoire ; *in vitro* puis élargir et évaluer cette action dans les conditions semi-contrôlée de la serre ; *in vivo*.

*L'extrait aqueux des feuilles de Persea americana Mill est-il efficace dans le contrôle de l'Alternaria sp in vitro et in vivo et à quelle concentration ?*

Notre étude est subdivisée en 4 chapitres, le chapitre 1 et 2 traites une synthèse bibliographique portant des généralités sur la tomate et sur l'agent pathogène *Alternaria sp* respectivement. Le 3<sup>ème</sup> chapitre renferme les matériels et méthodes utilisés dans la réalisation de cette étude. Le chapitre 4 est consacré aux résultats obtenus et leur interprétation et en fin une conclusion générale.

### 1.1-Origine et historique de la tomate

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) est originaire des Andes d'Amérique du Sud, dans une zone allant de la Colombie au nord du Chili et de la côte Pacifique, aux contreforts des Andes (Equateur, Pérou). Elle fut domestiquée au Mexique, puis introduite en Europe au XVI<sup>ème</sup> siècle par les Espagnols avant même la pomme de terre et le tabac (Naika et al., 2005).

A l'origine elle était cultivée par les Aztèques ; son nom provient de « tomatl » qui, dans la langue nahuatl parlée dans la région de Mexico, correspond à *Physalis philadelphia* ; la tomate à proprement parler, *Lycopersicon esculentum* était appelée « jitomatl » (Blancard et al., 2009).(fig. 04 )

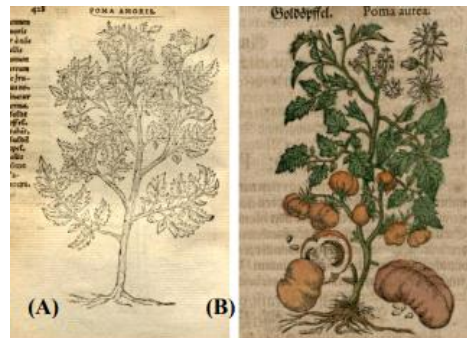


Figure 01 : Planche de tomate dessinée par Mattioli en 1590 (Anonyme, 2009).

### 1.2. Répartition de la tomate dans le monde

La tomate fut domestiquée au Mexique, émigré vers le Sud de l'Amérique du Nord puis introduite en Europe au XVI<sup>ème</sup> siècle par les Espagnols avant même la pomme de terre et le tabac (Shankara, 2005).

En Algérie, ce sont les cultivateurs du Sud de l'Espagne (Tomateros), qui l'ont introduite en raison des conditions climatiques qui sont propices pour sa culture. Quant à sa consommation, elle a commencé dans la région d'Oran en 1905 puis, elle s'étendit vers le centre, notamment au littoral algérois (Latigui, 1984).(fig.02)

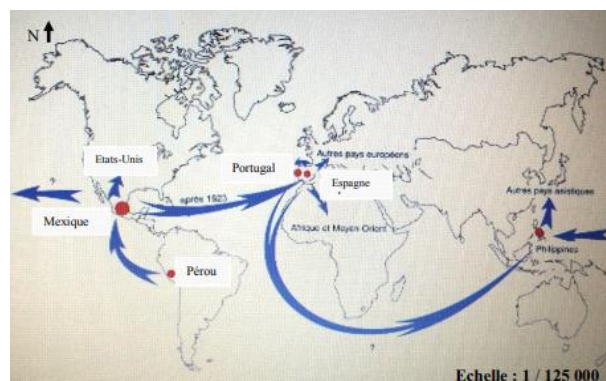
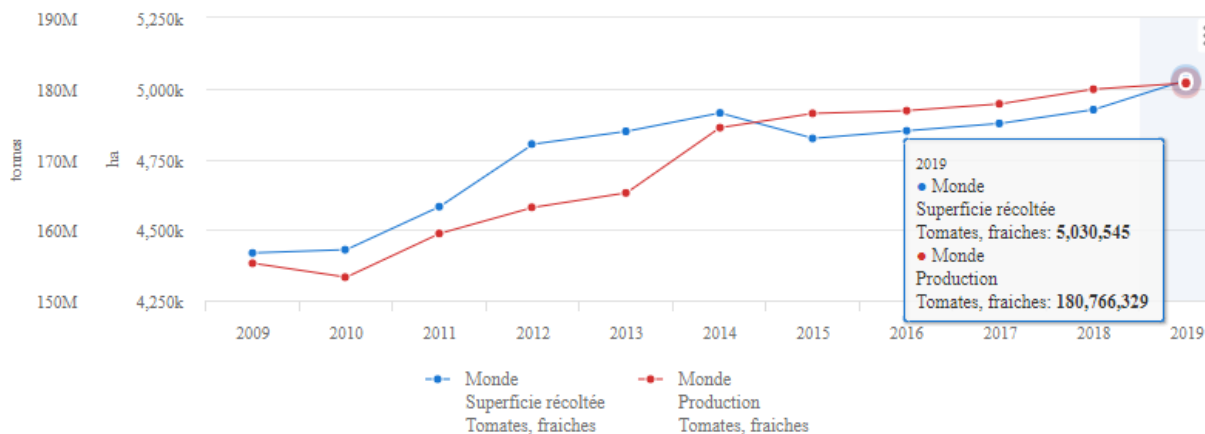


Figure 02 : Répartition et origine de la tomate dans le monde (Blancard, 2009)

### 1.3. Importance économique de la tomate

#### 1.3.1. Dans le monde

Selon les statistiques de l'organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, la production mondiale de tomates s'élevait en 2019 à plus de 180,766 millions de tonnes pour une surface de plus de 5,030 millions d'hectares, soit un rendement moyen de 35,94 tonnes par hectare. Ces chiffres ne tiennent toutefois compte que de la production commercialisée, et n'incluent pas les productions familiales et vivrières qui peuvent être non négligeables dans certaines régions (FAO-STAT, 2020).(fig.03)

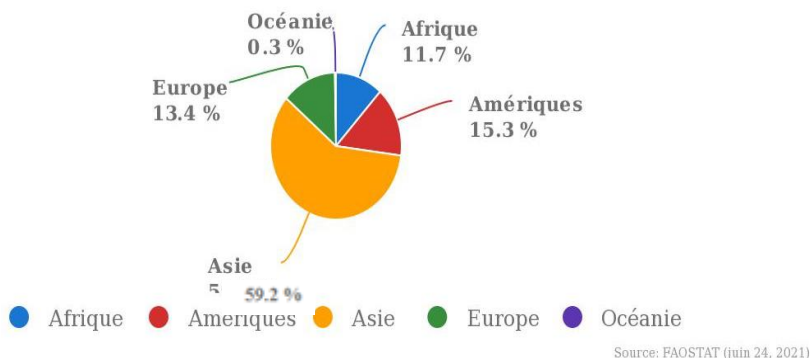


**Figure03 : Production et superficie mondiale de la tomate fraîche (2009-2019)**  
(source : FAOSTAT 14, juin,2021)

- **Part de la production mondiale par région**

L'importance économique de la tomate devient réellement évidente au travers de l'évolution de sa production mondiale au cours du temps.

La production mondiale de tomates a progressé régulièrement au cours du XX<sup>ème</sup> siècle et s'est accrue considérablement durant les trois dernières décennies. En effet, elle est passée de 74 millions de tonnes en 1978 à 89 millions en 1998 et atteint 124 millions en 2006. (fig.04)

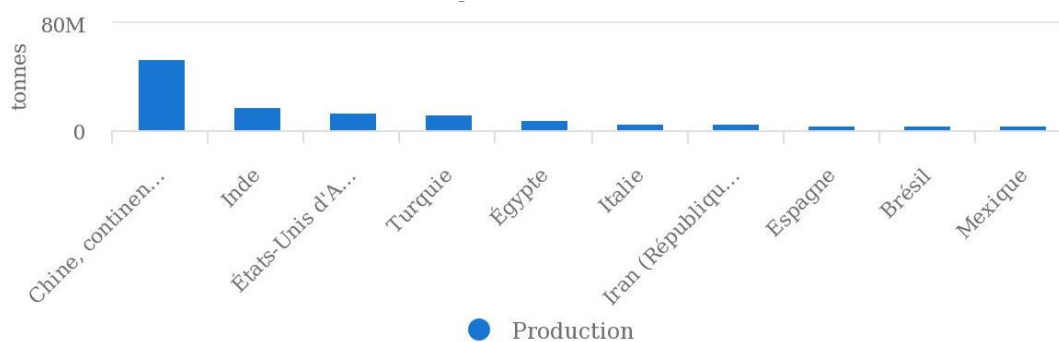


**Figure 04: Part de la production de la tomate fraîche par région (2009-2019)**  
(source : FAOSTAT 14, juin,2021)

L'Asie est classée la première région mondiale dans la production de tomates fraîches avec un taux de 59,2 % de la production mondiale. Les Amériques en second lieu avec 15.3%, l'Europe occupe le troisième rang mondial avec 13.4% suivie par l'Afrique et l'Océanie avec 11,7 et 03% respectivement.

- **Principaux pays producteurs de la tomate**

La Chine est de loin le premier producteur de tomate au monde avec 53,374 millions de tonnes de tomates produites en 2019, devant l'Inde (17,301) millions de tonnes et les Etats-Unis (13,593 millions de tonnes). En plus de ces trois pays, seule la Turquie produit plus de 11,798 millions de tonnes de tomates.(fig.05)



Source: FAOSTAT (juin 24, 2021)

**Figure 05: Principaux producteurs de la tomate fraîche (2009-2019)**

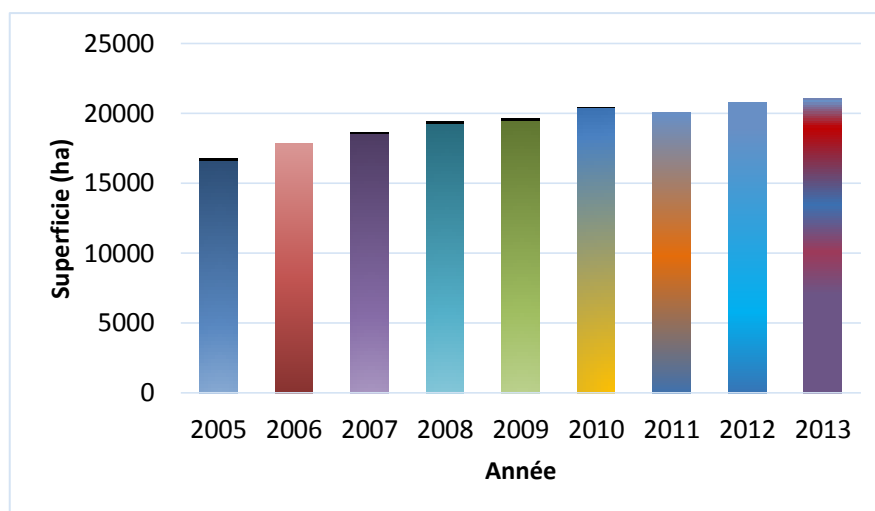
(source : FAOSTAT 14, juin,2021)

### 1.3.2. En Algérie

La tomate occupe une place privilégiée dans le secteur maraîcher en Algérie. Elle est considérée à juste que la pomme de terre, l'ail et l'oignon, qui forment un groupe d'espèces prioritaires. Sa production est en plein expansion, à la faveur de nombreux programmes mis en place par le Ministère de l'agriculture et du développement rural. A cet effet, de nouvelles techniques de productions sont introduites ces dernières années permettant plus de rendement à l'hectare.

Les statistiques de l'année 2013 établie par le Ministère de l'agriculture font état d'une superficie globale de tomate industrielle cultivée de 21 089 Ha avec un rendement de 6.5 millions de quintaux et les wilayas potentielles pour la production de cette catégorie de la tomate sont Skikda, Annaba, El Taref et Guelma.

Les surfaces consacrées à la tomate industrielle par exemple ont augmenté, pour passer de 100 hectares en 1930 à 2 000 en 1960, pour arriver à une fourchette comprise entre 24 000 et 31 000 hectares ces dernières années (Anonyme, 2019). (fig.06)



**Figure 06 : Evolution de la superficie de la tomate maraichère (2005-2013)  
(Source : MADR,2013)**

#### 1.4. Classification botanique

La tomate est une plante herbacée annuelle à port buissonnant appartenant à la famille des Solanacées. Elle est classée selon des critères différents liés à l'aspect botanique, la composition génétique et le type de croissance (Gallais et Bannerot., 1992). (tab.01)

Selon Dupont et Guignard, (2012), la tomate appartient à la classification suivante

**Tableau 01 : Classification botanique**

Rang	Synonymes	
Domaine	Eucaryote	
Règne	Plantae	Végétale
Sous règne	Tracheobionta	
Phylum	Magnoliophyta	
Sous phylum		
Classe	Magnoliopsida	Dicotylédones
Sous classe	Asteridae	Rosidée
Superordre		
Ordre	Solanales	
Sous ordre		
Famille	Solanaceae	
Genre	<i>Lycopersicum</i>	<u><i>Solanum</i></u>
Espèce	<i>esculentum</i>	
Nom scientifique	<i>Solanum lycopersicum</i>	<i>Solanum lycopersicum</i> L. 1753; <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill. 1768; <i>Lycopersicon pomumamoris</i> Moench 1794; <i>Lycopersicon lycopersicum</i> H.Karsten 1882

##### 1.4.1. Classification génétique

La tomate cultivée *Lycopersicum esculentum* est une espèce diploïde avec  $2n = 24$  chromosomes, chez laquelle il existe de très nombreux mutants mono

géniques dont certains sont très importants pour la sélection. C'est une plante autogame mais on peut avoir une proportion de fécondation croisée par laquelle la plante peut se comporter comme plante allogame (Gallais et Bannerot., 1992). Selon le mode de fécondation, on distingue deux types de variétés de tomate :

#### **1.4.1.1. Variétés fixées**

Il existe plus de cinq cents variétés fixées (conservent les qualités parentales). Leurs fruits sont de formes plus ou moins réguliers, sensibles aux maladies, mais donnent en général des fruits d'excellente qualité gustative (Polese, 2007).

#### **1.4.1.2. Variétés hybrides**

Les Variétés hybrides sont plus nombreuses. Elles sont relativement récentes puisqu'elles n'existent que depuis les années 1960, qui, du fait, de l'effet hétérosis, présentent la faculté de réunir plusieurs caractères d'intérêt (bonne précocité, bonne qualité de résistance aux maladies et aux attaques parasitaires et donc bon rendement).

Ces hybrides ne peuvent être multipliés vu qu'ils perdent leurs caractéristiques dans les descendances (Polese, 2007).

#### **1.4.2. Classification selon le mode de croissance**

Il existe deux types de croissance chez la tomate :

##### **1.4.2.1. Croissance indéterminée**

La plante se présente comme un empilement ininterrompu de sympodes à trois feuilles (succession de trois feuilles et une inflorescence). La croissance des ramifications latérales, que l'on supprime est également indéterminée (Pitrat et Foury, 2003).

Naika *et al.* (2005) proposent le choix d'une variété à croissance indéterminée lorsque l'on souhaite une longue période de récolte. Ces variétés continuent à pousser après la floraison.

##### **1.4.2.2. Croissance déterminée**

La plante est d'envergure limitée, elle s'arrête rapidement de pousser, le nombre d'inflorescence sur la tige principale et les ramifications est limité à deux ou trois, les entre-nœuds sont raccourcis (Pitrat et Foury, 2003).

Les variétés à croissance déterminée se supportent elles-mêmes et n'ont généralement pas besoin de tuteur. Elles arrêtent leur croissance après la floraison, elles requièrent moins de main d'œuvre (Naika et al., 2005).

#### **1.5. Importance de la tomate**

La tomate tient une place importante dans l'alimentation humaine, elle est consommée soit crue, soit cuite, ou comme un produit transformé tels que jus de fruits, sauces, Ketchup et de conserves.

Dans les dernières décennies, la consommation de tomate a été associée à la prévention de plusieurs maladies comme le cancer ou les maladies cardiovasculaires (Sharoni et Levi, 2006;).

Cet effet protecteur a été principalement attribué à ses précieux composants bioactifs avec propriétés antioxydants comme les carotènes (lycopène qui donne leur couleur rouge aux tomates ainsi que  $\beta$ -carotène) (Borguini et Torres, 2009).(tab.02)

**Tableau 02 : Teneurs en caroténoïdes pour 100g de tomate crue (Canene-Adams *et al.*, 2005).**

Caroténoïdes	Teneurs ( $\mu$ g)
$\alpha$ -carotène	101
Lycopène	25573
Lutein _ zeaxanthin	123
Phytoene	1860
Phytofluene	830
$\beta$ -carotène	449

La tomate est un aliment diététique, très riche en eau (93à 95%), en éléments minéraux et en oligo-éléments. Parmi les minéraux de la tomate, le potassium domine largement, suivi par le chlore, le phosphore et le magnésium.

Les vitamines du groupe B sont assez abondantes et toutes représentées y compris la vitamine B8 et l'acide folique (B9). Par contre, ce fruit ne renferme que de faibles quantités de glucides (3%),(tab.03)

**Tableau 03 : Valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de tomate crue (Favier et al., 2003)**

Eau	93.8 g
Eléments énergétiques Protides	0.8 g
Glucides	3.5 g
Lipides	0.3 g
Vitamines Provitamine A	0.6 mg
Vitamine B1	0.06 mg
Vitamine B2	0.05 mg
Vitamine B6	0.08 mg
Vitamine C	18 mg
Vitamine PP	0.6 mg
Minéraux Fer	0.4 mg
Calcium	9 mg
Magnésium	11 mg
Phosphore	24 mg
Potassium	226 mg
Sodium	5 mg
Fibres	1.2 g

### 1.6. Description botanique

La tomate est une plante annuelle buissonnante, poilue et aux tiges plutôt grimpantes cette plante potagère herbacée voit sa taille varier de 40 cm à plus 5 mètres selon les variétés et le mode de culture (Dumortier ,2010).

#### 1.6.1. Le système racinaire

Forte racine pivotante qui pousse jusqu'à une profondeur de 50 cm ou plus. La racine principale produit une haute densité de racines latérales et adventices (Shankara, 2005).(fig.07)



Figure 07 : Le système racinaire (<http://ephytia.inra.fr>)

### 1.6.2. La tige

Le port de croissance varie entre érigé et prostré. La tige pousse jusqu'à une longueur de 2 à 4 m, pleine, fortement poilue et glandulaire, se ramifie souvent pour donner un arbuste large et empli.(fig.08)



Figure 08 : La tige (<http://ephytia.inra.fr>)

### 1.6.3. Le feuillage

Feuilles disposées en spirale, 15 à 50 cm de long et 10 à 30 cm de large. Les folioles sont ovées à oblongues, couvertes de poils glandulaires. Les grandes folioles sont parfois pennatifides à la base. L'inflorescence est une cyme formée de 6 à 12 fleurs. Le pétiole mesure entre 3 et 6 cm.(fig.09)

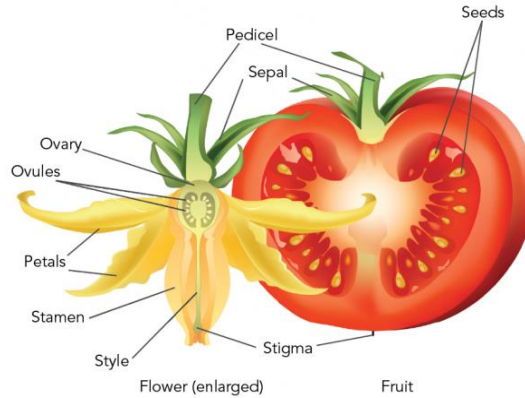


Figure 09 : Le feuillage (<http://ephytia.inra.fr>)

### 1.6.4. Les fleurs

Bisexuées, régulières et entre 1.5 et 2 cm de diamètre. Le tube du calice est court et velu, les sépales sont persistants. En générale, il y a six pétales qui peuvent atteindre une longueur de 1 cm, jaunes et courbées lorsqu'elles sont mûres et six étamines et les anthères ont une couleur jaune vif entourant le style qui a une extrémité stérile allongée.

L'ovaire est supère doté de deux à neuf carpelles. Souvent, la plante est autogame, mais la fécondation croisée peut avoir lieu où les abeilles et les bourdons sont les principaux pollinisateurs.(fig.10)



**Figure 10: Schéma d'une fleur de tomate et de son fruit**  
[\(<https://www.aurefugedesgraines.com>\)](https://www.aurefugedesgraines.com)

### 1.6.5. Le fruit

Baie charnue, de forme globulaire ou aplatie avec un diamètre de 2 à 15 cm. Lorsqu'il n'est pas encore mûr, le fruit est vert et poilu, en revanche, la couleur des fruits mûrs varie du jaune au rouge en passant par l'orange. Le fruit à maturité peut se présenter soit, rond et régulier ou côtelés.(fig.11)



**Figure 11 : Fruits** (<http://ephytia.inra.fr>)

### 1.6.6. Les graines

Nombreuses, en forme de rein ou de poire, poilues, beiges, de 3 à 5 mm de long et de 2 à 4 mm de large. L'embryon est enroulé dans l'albumen. Le poids de mille graines est en moyenne de 3 g (Shankara, 2005).

Le cycle de la graine à la graine, est variable selon les variétés et les conditions de culture, il est en moyenne de 3.5 à 4 mois (7 à 8 semaines de la graine à la fleur et 7 à 9 semaines de la fleur au fruit) (Gallais et Bannerot, 1992).(fig.11)



Figure 12 : Graines (<http://ephytia.inra.fr>)

### 1.7. Cycle phénologique de la tomate

Le cycle complet de la tomate, est variable selon les variétés et les conditions de cultures s'étend en moyenne de 3,5 à 4 mois du semis jusqu'à la dernière récolte (7 à 8 semaines de la graine à la fleur et de 7 à 9 semaines de la fleur au fruit) (Gallais et Bannerot, 1992). Le cycle comprend six phases qui sont les suivantes :

#### 1.7.1. La germination

La germination est le stade de levée qui mène la graine jusqu'à la jeune plante capable de croître normalement. La germination chez la tomate est épigée. A ce moment une température ambiante d'environ 20°C et une humidité relative de 70 à 80% sont nécessaires (Chaux et Foury, 1994).

#### 1.7.2. La croissance

La croissance c'est l'augmentation de dimension d'un végétal. Selon, Laumonier (1999). La croissance de plant de tomate se déroule en 2 phases et en 2 milieux différents.

**En pépinière :** De la levée jusqu'au stade 6 feuilles, on remarque l'apparition des racines non fonctionnelles et du pré feuilles.

**En plein champ :** Après l'apparition des feuilles à photosynthèse intense et des racines fonctionnelles, les plantes continuent leur croissance. La tige s'épaissit et augmente son nombre de feuille.

#### 1.7.3. La floraison

C'est le développement des ébauches florales par transformation du méristème apical de l'état végétatif à l'état reproducteur.

A un certain moment de la croissance de la plante qui dure environ 1 mois. la tomate entre en parallèle avec la mise à fleur. Ces fleurs étaient auparavant des boutons floraux. La floraison dépend de la photopériode, de la température et des besoins en éléments nutritifs de la plante, car celle-ci ne peut fleurir que si elle reçoit la lumière pendant une durée qui lui est propre, en plus d'un apport équilibré sous serre.

#### 1.7.4. La pollinisation

La pollinisation nécessite l'intervention des agents extérieurs, le vent ou certains

insectes comme le bourdon qui est capable de faire vibrer les anthères et de libérer le pollen (Chaux et Foury. 1994).

La libération et la fixation du pollen reste sous la dépendance des facteurs climatiques. Si la température nocturne est inférieure à 13°C. La plupart des grains de pollen seraient vides, et une faible humidité dessèche les stigmates et de cela résulte la difficulté du dépôt du pollen (Pesson et Louyeaux. 1984).

#### 1.7.5. La fructification et nouaison des fleurs

La nouaison est l'ensemble de gamétogenèse, pollinisation, croissance du tube pollinique. La fécondation des ovules et le développement des nuits « fructification ». La température de nouaison est de 13°C à 15°C. Les nuits chaudes à 22°C sont défavorables à la nouaison (Rey et Costes. 1965).

Le zéro de germination est de 12°C, l'optimum de la croissance des racines est de 15°C à 18°C. En phase grossissement du fruit, l'optimum de la température ambiante est de 25°C le jour et 15°C la nuit (Anonyme. 2003).

#### 1.7.6. La maturation du fruit

La maturation du fruit se caractérise par grossissement du fruit, changement de couleur, du vert ou rouge.

La lumière intense permet la synthèse active de matière organique qui est transporté rapidement vers les fruits en croissance, pour cela il faut une température de 15°C la nuit et 27°C le jour (Rey et Costes. 1965).(fig.13)

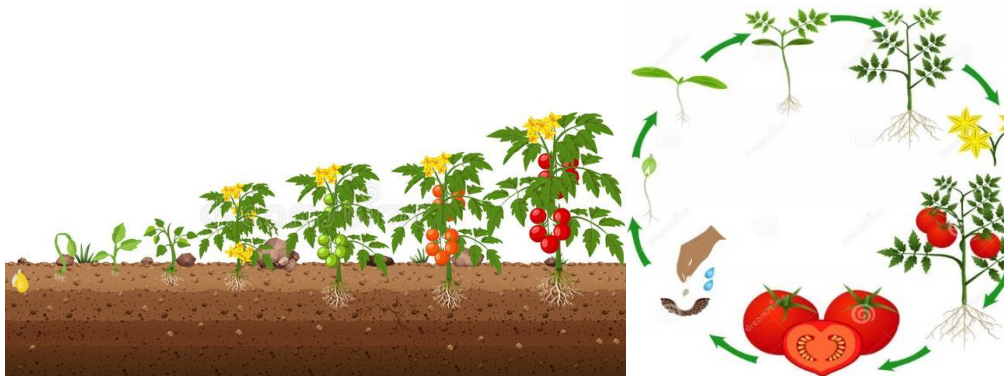


Figure 13 : Cycle de vie de la tomate (<https://parlonssciences.ca>)

### 1.8. Cultures de la tomate

La tomate est cultivée selon deux systèmes principaux qui sont :

#### 1.8.1. Culture de plein champ

Ce système de culture est le plus répandu. Si l'irrigation est disponible, les plantations peuvent être faites en saison sèche. La mécanisation est souvent réduite à la préparation du sol (Cirad et Gret, 2002).

### 1.8.2. Culture sous abris

Ce système de culture vise à produire les tomates au long de l'année. Il permet de développer des productions hydroponiques, supprimant ainsi certaines contraintes liées au sol. La culture sous abri fournit aujourd'hui une part essentielle du marché de frais pour les légumes-fruits tels que la tomate (Jeannequin *et al.* 2005)

### 1.9. Principales exigences écologiques et climatiques de la plante

La tomate a des exigences particulières : sensible au froid, craint beaucoup le gel, les vents chauds et très exigeants en température (Polese, 2007).

#### 1.9.1. Température

La tomate demande un climat relativement frais et sec pour fournir une récolte abondante et de qualité. Les températures optimales pour la plupart des variétés se situent entre 21 et 24°C.

Les plantes peuvent surmonter un certain intervalle de températures, mais en dessous de 10°C et au-dessus de 38°C les tissus végétaux sont endommagés. L'équilibre et l'écart entre température diurne et nocturne, semblent nécessaire pour obtenir une bonne croissance et une bonne nouaison de la tomate (Shankara, 2005).

#### 1.9.2. Lumière

La tomate n'est pas sensible au photopériodisme, mais, exigeante en énergie lumineuse. La longueur de l'obscurité est essentielle pour le contrôle de la croissance et le développement de la plante. Un faible rayonnement lumineux réduit le nombre de fleurs par bouquet et affecte la fécondation (Cirad et Gret, 2002). En outre, l'intensité de la lumière affecte la couleur des feuilles, la mise à fruits et la couleur des fruits.

#### 1.9.3. Humidité

La plante est très sensible à l'hygrométrie, elle ne tolère pas les sols engorgés ni l'humidité élevée (plus de 80%) et une hygrométrie relativement ambiante de 60% à 65% soit la meilleure pour la fécondation. En effet, lorsque l'humidité est trop élevée, le pollen est difficilement libéré.

Par ailleurs, le développement des maladies cryptogamiques est fortement lié à des fortes humidités accompagnées de la chaleur (Laumonier, 1979).

### 1.10. Exigences édaphiques

#### 1.10.1. Nature du sol

Laumonier (1979), signale que la tomate pousse bien sur la plupart des sols, ayant en général une bonne capacité de rétention d'eau, et une bonne aération. Elle préfère les terres limoneuses profondes et bien drainées, légères, meubles, riches en humus, s'échauffant rapidement et plus facilement. La couche superficielle du terrain doit être perméable. Une profondeur de sol de 15 à 20 cm est favorable à la bonne croissance d'une culture saine.

### 1.10.2. Température du sol

La température du sol est le premier facteur dont dépendent le pourcentage de levée et la vitesse de germination. Cette dernière augmente avec la température jusqu'à une valeur optimale de 25°C, et entre 15°C et 20°C on aura un meilleur pourcentage de levée (Rey et Costes, 1965).

### 1.10.3. PH du sol

La culture de la tomate tolère une large gamme de pH. Néanmoins sur des sols à pH basique, certains microéléments (Fe, Mn, Zn, Cu) restent peu disponibles pour la plante. Selon Chaux et Foury (1994), ce taux de pH toléré varie de 4,5 à 8, 5. Le meilleur équilibre nutritionnel est assuré à des pH compris entre 6 et 7

### 1.10.4. Humidité du sol

L'humidité optimale du sol pour des terres argilo-siliceuses est de 75 à 80% de la capacité au champ, et l'abaissement de l'humidité et de la température du sol crée un déficit hydrique, et par conséquent réduit la photosynthèse et la transpiration (Heller, 1981).

### 1.10.5. Salinité du sol

La tomate est moyennement sensible à la salinité du sol, elle peut supporter des teneurs en sels, allant de 2 à 4g/l. La période pendant laquelle la tomate est plus sensible à la salinité, correspond à la germination et au début du développement de la plante (Bentvelsen, 1980).

### 1.10.6. L'aération du sol

Un sol bien aéré détermine un pourcentage élevé de levée des plantules, mais exerce par contre un effet défavorable sur les racines durant la période de croissance végétative. L'aération est indispensable à la maturité des fleurs (Chaux et Foury, 1994).

## 1.11. Exigences nutritionnelles

### 1.11.1. Exigences hydriques

Les besoins de tomate en plein champ se situent entre 4000 et 5000 m<sup>3</sup>/ha. Celles d'un cycle de 90 à 120 jours sont de 400 à 600 m<sup>3</sup>/ha. L'évolution des besoins en eau de la tomate est fonction de l'environnement, de la plante, mais aussi des stades de développement de celle-ci (Bentvelsen, 1980).

Une carence en eau à la floraison provoque la chute des bouquets floraux. En phase de fructification l'absence d'eau se traduit par un aplatissement des fruits dont les extrémités se colorent en brun, puis en noir, c'est le « blossom and rot » (Rey, 1965).

### 1.11.2. Exigences en éléments fertilisants

La quantité d'engrais à fournir varie d'une région à une autre, en fonction notamment de la richesse du sol, du climat et de la technique d'irrigation

## 2. Les principaux biosagresseurs de la tomate

Les cultures de tomates peuvent être affectées par diverses attaques de ravageurs (insectes, acariens, nématodes, etc.) et de maladies cryptogamiques, bactériennes ou virales, par la concurrence de mauvaises herbes et par des agressions abiotiques, dont l'importance varie selon le type de culture et les conditions climatiques. Les principaux ennemis de la culture de tomate sont classés comme suit

### 2.1 Les ravageurs

Les principaux ravageurs de la tomate sont des insectes, en particulier thrips, aleurodes, pucerons, noctuelles et mouches mineuses, ainsi que des acariens et des nématodes. Ils sont dans l'ensemble moins nuisibles que les maladies.

#### 2.1.1 Mineuse (*Tuta absoluta*)

*Tuta absoluta*, micro lépidoptère de la famille des Gelechiidae, sévit dans plusieurs pays d'Amérique du sud (Argentine, Brésil, Chili...). Cet insecte a été détecté pour la première fois en Europe en 2006 en Espagne. Elle s'est disséminée dans ce pays et a gagné de nombreux autres pays du Bassin méditerranéen (Algérie, Egypte...).

Les larves de la mineuse du *Tuta absoluta*, percent les feuilles, les tiges et les fruits et causent des dégâts économiques avec des pertes potentielles de récolte allant de 50 à 100% dans les cultures non traitées. (Blancard , 2009).(fig.14)



Figure 14: Symptômes de *Tuta absoluta* sur plante de tomate

(<http://www.hortitecnews.com>)

#### 2.1.2. Aleurode (mouche blanche) de la tomate

Deux aleurodes sont dommageables sur tomate : *Trialeurodes vaporariorum* (West Wood) et *Bemisia tabaci* (Gennadius). Les 2 espèces, originaires d'Amérique centrale, ont été répandues accidentellement dans les régions tempérées et chaudes de tous les continents. Les plantes hôtes sont variées. (Carlos, 2006).

De nombreuses piqûres et succions alimentaires occasionnées par les aleurodes présents sur le feuillage provoquent un ralentissement du développement des plantes. Ils sont aussi considérés comme des vecteurs de phytovirus.(fig.15)

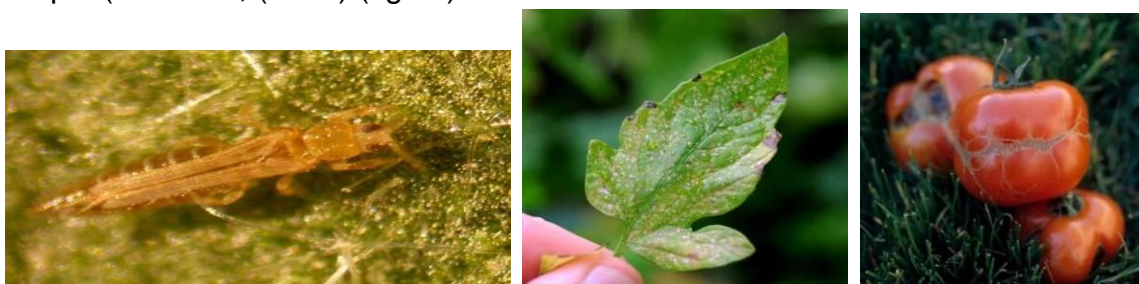


**Figure15 : les symptômes de La mouche blanche de la tomate**  
(<http://profert.dz>)

### 2.1.3. Thrips

Les thrips (*Frankliniella spp*), qui appartiennent à l'ordre des Thysanoptères et à la famille des Thripidae, sont mondialement répartis, présents des régions tropicales aux régions polaires en fonction des espèces. Plusieurs d'entre elles s'attaquent aux cultures légumières, en particulier le thrips du tabac (*tabaci Lindeman*) et le thrips californien (*Frankliniella occidentalis*). Ces deux thrips peuvent s'attaquer à la tomate. Signalons qu'ils sont vecteurs de plusieurs redoutables virus, en particulier le Tomato spotted wilt virus.

Des lésions argentées, de taille et de forme irrégulières, apparaissent sur le limbe ; elles se nécrosent progressivement et prennent une teinte beigeâtre. Ces lésions sont aussi parsemées de minuscules points noirs matérialisant les déjections des thrips. (Desneux, (2010).(fig.16)



**Figure 16: Les symptômes de Thrips (*Frankliniella occidentalis*)**  
(<http://ephytia.inra.fr>)

## 2.2 Maladies bactériennes

Les cultures de tomate sont de plus en plus affectées par les maladies bactériennes qui se caractérisent soit, par des flétrissements et des mortalités des plants, soit par des pertes considérables de récolte

### 2.2.1. La tache bactérienne

L'agent pathogène responsable de la tache bactérienne (*Xanthomonas campestris pv vesicatoria*) peut produire des lésions sur toutes les parties aériennes du plant (feuilles, tiges, fleurs et fruits).

Les symptômes sont caractérisés par des petites lésions grasseuses et translucides apparaissant au hasard sur les folioles ou en bordure du limbe, sur les pétioles, la tige, les pédoncules et les sépales. Sur les fruits des lésions

grasseuses de couleur verte à noir donnent lieu à des pustules liégeuses en relief, craquelées, pouvant atteindre 1 cm de diamètre (Blancard, 2009).(fig.17)



Figure17 : Symptômes de la tache bactérienne  
(<http://www.omafra.gov.on.ca>)

### 2.2.2. Chancre bactérien

Le chancre bactérien (*Clavibacter michiganensis subsp michiganensis*), qui peut faire suite à une infection primaire (systémique) ou à une infection secondaire (foliaire), se manifeste par un éventail de symptômes.

Les feuilles de tomate qui sont infectées par l'organisme responsable du chancre bactérien ont des pourtours noirs caractéristiques, sans autres taches sur le limbe, si ce n'est, parfois, un liséré jaune étroit entre les pourtours nécrosés et les tissus sains (Blancard, 2009).(fig.18)



Figure 18 : Symptômes du chancre bactérien de la tomate  
(<http://www.omafra.gov.on.ca>)

### 2.3. Maladies virales de tomate

Les maladies à virus constituent chaque année, une menace grave pesant sur la réussite des cultures maraîchères ou horticoles dans de nombreuses régions du monde.

#### 2.3.1. Cucumber Mosaic Virus (CMV)

Il peut être à l'origine de trois principaux types de symptômes : des marbrures, mosaïque sur les jeunes folioles, déformation des folioles qui prennent l'aspect d'une feuille de fougère ou celui d'un l'ace de chaussure car très filiformes, altération nécrotiques commençant sur les folioles, s'étendant à la tige et à l'apex de la plante (Blancard, 2009). (fig.19)



Figure 19: Symptômes de CMV (Cucumber Mosaic Virus) sur fruits et feuilles de tomate (<http://ephytia.inra.fr>)

### 2.3.2. Tomato Chlorosis Virus (ToCV)

Observation sur les feuilles des marbrures chlorotiques irrégulières, un jaunissement et une nécrose du limbe. Des déformations foliaires sont également visibles, notamment un enroulement du limbe. Les plantes affectées précocement sont peu vigoureuses. La production en fruits peut être fortement réduite (Blancard, 2009). (fig.20)



Figure 20: Symptômes de ToCV (Tomato Chlorosis Virus) sur feuillage de tomate (<http://ephytia.inra.fr/>)

### 2.3.3. Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV)

Il est à observer des mouchetures en mosaïque avec une décoloration des feuilles. Sur les tiges et pétioles, il y a apparition des tâches nécrotiques. Par contre, sur les fleurs, on observe un nanisme, une déformation et une décoloration. La maladie peut entraîner un rabougrissement du plant. Le virus est transmis par différentes espèces de thrips (Messiaen *et al.* 1993).(fig.21)



Figure 21 : les symptômes de TSWV (Tomato Spotted Wilt Virus) sur fruit, tige et feuille de tomate (<http://ephytia.inra.fr>)

### 3.4. Maladies cryptogamiques de la tomate

Une maladie cryptogamique, aussi appelée maladie fongique, est une maladie causée par des champignons parasites filamenteux chez la plante

#### 3.4.1 Mildiou

Le mildiou (*Phytophthora infestans*) peut attaquer tous les organes aériens de la plante. Il se caractérise par le développement de taches d'abord humides, Ces attaques confèrent localement aux tissus touchés une teinte vert pâle à vert brun. (Agrios, 2005).

Les feuilles, les rameaux voire les plants entiers, finissent par se nécroser et se dessécher entièrement (Nelson, 2008).(fig.22)



Figure22 : Symptômes du mildiou sur les différents organes du plant de tomate (<https://www.agro.basf.fr>)

#### Fusariose

La tomate est sujette à deux maladies fusariennes : la flétrissure fusarienne causée par *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* et la pourriture des racines et du collet causée par *Fusarium oxysporum f. sp. radicle-lycopersici* (FORL). Ces deux champignons sont d'origine tellurique dotés d'une spécificité stricte d'hôtes. Ils sont capables d'envahir l'ensemble de système vasculaire de la tomate et d'occasionner des dégâts pouvant atteindre 90% de la production (Hibar *et al.*, 2006).(fig.22)



Figure 23: Symptômes de *Fusarium oxysporum* sur feuilles et tiges de tomate (Blancard *et al.* 2012)

## 2.5. Alternariose

### 2.5.1. Historique de la taxonomie d'*Alternaria*

Le genre *Alternaria* a été initialement décrit en 1816 par Alternaria. Tenuis, Parmi les caractéristiques de ce genre, est la production de chaînes de conidies multicellulaires de couleur foncée avec des cloisons longitudinales et transversales (phaeodictyospores), et d'un bec filamenteux avec des cellules apicale

Wiltshire en 1993, propose de regrouper dans le genre *Alternaria* toutes les espèces dont les spores présentent un bec, sans tenir compte de la formation ou non de chaînes (Koenig, 1995)

### 2.5.2. Classification

L'alternariose est certainement l'une de plus fréquentes et des plus répandues dans le monde. On la retrouve sous de nombreux climats, en zones de production tropicales, subtropicales et tempérées

Les champignons du genre *Alternaria* sont des Deutéromycètes (syn. Adélomycètes, fungi *Imperfecti*). Cette classe renferme tous les champignons à mycélium cloisonné dont la forme de reproduction est généralement inconnue mais possèdent un mode de multiplication asexuée, par conidies. Certaines espèces d'*Alternaria* ont une reproduction sexuée et leur forme parfaite appartient aux Loculoascomycètes (genre *Pleospora* ou *Lewia*) (Erikson et Hawksworth, 1991).

**Tableau 04 : Classification selon MycoBank (Wikipedia.org)**

Règne	<i>Fungi</i>
Division	<i>Ascomycota</i>
Sous-division	<i>Pezizomycotina</i>
Classe	<i>Dothideomycetes</i>
Sous-classe	<i>Pleosporomycetidae</i>
Ordre	<i>Pleosporales</i>
Famille	<i>Pleosporaceae</i>
Genre	<i>Alternaria</i> ,Nees Von Esenb ex Fries, 1816

### 2.5.3. Biologie des *Alternarias*

Les membres du genre *Alternaria* possèdent des conidies septées avec cloisons transversales et longitudinales, les cellules sont pluricellulaires de couleur foncée généralement piriformes ou ovotides de tailles variables selon les espèces.

Elles possèdent un pigment de type mélanine qui leur servent de protection contre des conditions environnementales défavorables, y compris la résistance aux microbes et enzymes hydrolytiques (Rotem, 1994). (fig.24)

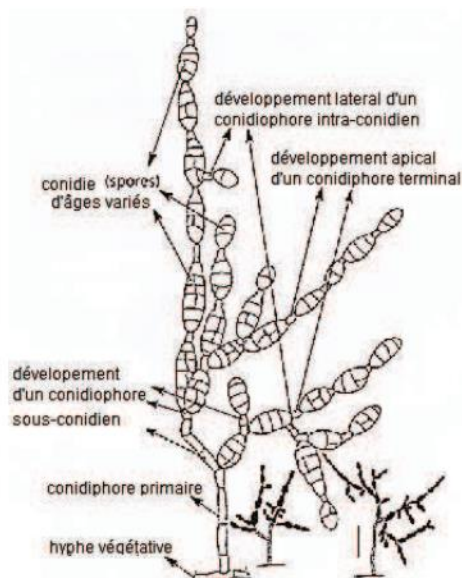


Figure 24 : Représentation des différents stades de développement des spores et conidiophores d'*Alternaria alternata* (Simmons, 1999).

#### 2.5.4. Les *Alternarias* pathogènes des Solanacées

*Alternaria solani* est signalé depuis plusieurs décennies comme pathogène des Solanacées et a longtemps été décrit comme affectant la tomate, l'aubergine, la pomme de terre, ainsi que plusieurs membres de cette famille botanique.

En effet, plusieurs espèces d'*Alternaria* seraient inféodées à plus d'une soixantaine de solanacées. De plus, il apparaît que sur la tomate une autre espèce morphologiquement assez comparable à *A. solani*, dénommée *Alternaria tomatophila*, (Blancard et al., 2012). (fig.25)

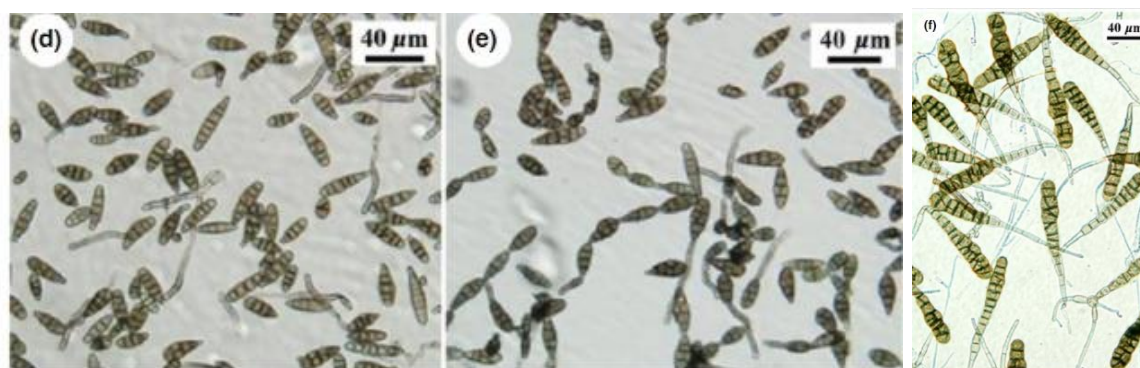


Figure 25: Les conidies des isolats représentatifs d'*A. tenuissima* (d), d'*A. alternata* (e) et d'*A. solani* (f) observés sur des plaques de gélose pomme de terre carotte (PCA) (Zheng et al., 2015)

#### 2.5.5. Symptômes d'Alternariose

Les symptômes de la brûlure foliaire provoqués par les *Alternaria* pathogènes à souvent très similaires, plusieurs de ces espèces peuvent être présentes sur le même hôte dans des conditions favorables à leur développement.

### 2.5.5.1. Feuilles

Les premiers symptômes de la maladie se traduisent par l'apparition de petites lésions ovales et circulaires noires de 1 mm de diamètre sur les tiges et les feuilles. Par la suite, elles s'étendent progressivement et s'auréolent d'un halo jaune souvent bien marqué. Atteignant plusieurs millimètres, elles révèlent souvent de discret anneaux concentriques d'un brun plus foncé (Blancard *et al.*, 2012). (fig.26)



Figure 26 : Symptômes d'Alternariose sur feuille de tomate (gauche) et feuille de pomme de terre (droite) (<http://www.cliquedesplantes.fr>)

### 2.5.5.2. Tiges et collets

Le pathogène- peut aussi provoqué de graves lésions sur tiges qui peuvent atteindre jusqu'à 5 cm de longueur. Quand des conditions météorologiques sont favorables, les lésions se développent sur les tiges et les pétioles. Le dépérissement des extrémités du collet est un autre symptôme associé à la maladie (Patterson, 1991).(fig.27)



Figure 27: Symptômes d'Alternariose sur tige de tomate (gauche), tige de pomme de terre (droite) (<http://www.cliquedesplantes.fr>)

### 2.5.5.3 Fruits et tubercules

Sur les tubercules de la pomme de terre *A.solani* se développent sous forme de petites cavités noires. Sur fruit de tomate, une apparence d'anneaux concentriques à l'intérieur des lésions produites par *A. tomatophila* sont aussi observés. (fig.28)

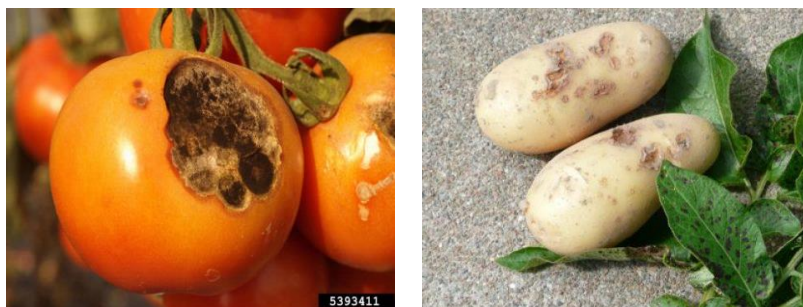


Figure 28 : Symptômes d'Alternariose sur fruit de tomate et tubercule  
(<http://www.cliquedesplantes.fr>)

### 2.5.6. Importance des dégâts

L'alternariose est certainement l'une des plus fréquentes et des plus répandues dans le monde ; elle est retrouvée sur tous les continents, partout où ces plantes sont cultivées. On la retrouve sous de nombreux climats, en zones de production tropicales, subtropicales et tempérées (Desbwal, 2004).

La présence de rosées dans les régions semi-arides permet son développement. Elle affecte- surtout les cultures de plein champ, et parfois les abris froids. Ses dégâts peuvent être conséquents si des conditions climatiques humides persistent et/ou si aucune méthode- de protection n'est envisagée. Elle- entraîne parfois des défoliations importantes à l'origine d'une réduction des rendements.

### 2.5.7. Cycle biologique

*Alternaria tomatophila* s'attaque à tous les organes aériens de la tomate. Les spores présentes sur les premières taches disséminent ensuite la maladie sur les fruits ou les plantes, transportées par le vent, la pluie, les insectes ou les oiseaux. La rosée ou la pluie sont essentielles à leur germination et à leur pénétration dans la plante.

La maladie se transmet également par les semences, notamment lorsque les graines sont récoltées sur une culture contaminée (Verma N., Verma S., 2004).(fig.29)

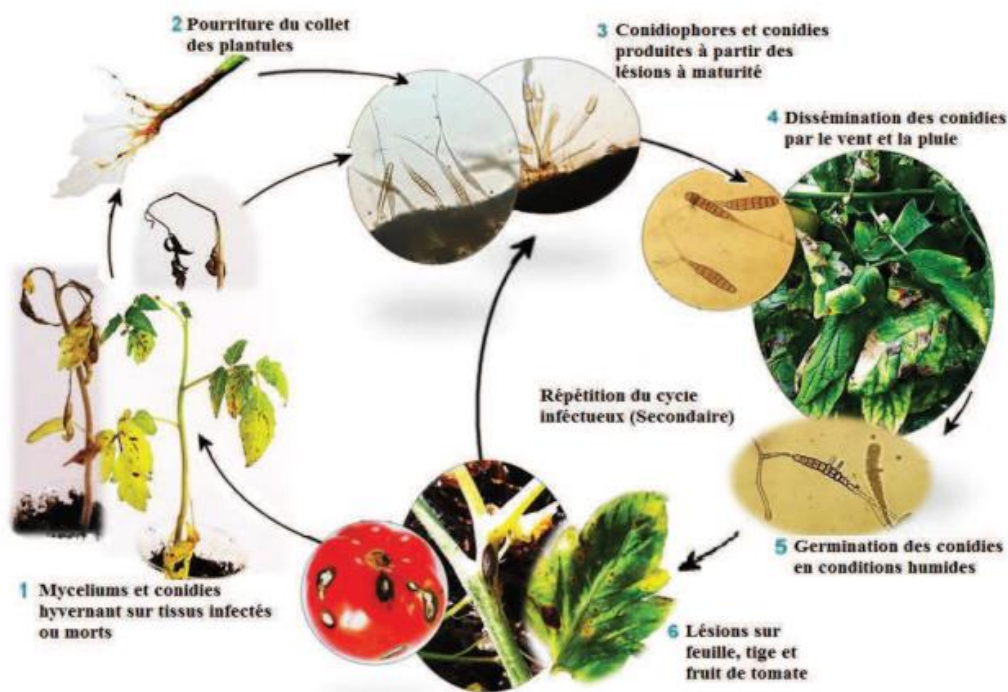


Figure 29 : Cycle infectieux de l'*Alternaria* (Bessadat . 2014)

#### 2.5.7.1. Sources d'Inoculum

L'*Alternaria* peut se conserver durant plusieurs années à la surface des graines de tomate, dans le sol et sur les débris végétaux, grâce à son mycélium mélanisé et ses conidies. Les chlamydospores peuvent également servir de structures de survie (Patterson, 1991).

#### 2.5.7.2. Contact

Les attaques débutent à partir des feuilles basses, âgées et déjà séniles. Il est rare de les voir s'installer directement sur un organe sain, leur implantation exige un affaiblissement physiologique ; une simple blessure sur un organe vigoureux est souvent suffisante pour permettre l'infection directe (Messiaen *et al.* 1991).

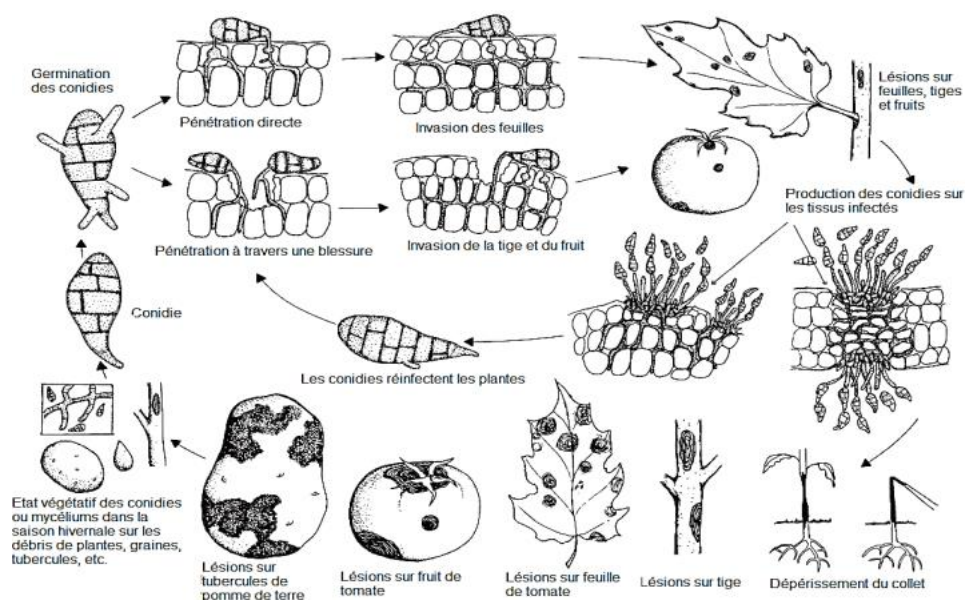
#### 2.5.7.3. Pénétration et invasion

Une fois que les spores entrent en contact avec les cellules végétales, leur germination peut se produire en 2 heures quand l'air est saturé en humidité à une large gamme de températures (de 8 ° à 32 °C).

La pénétration dans les tissus végétaux à travers les cellules de l'épiderme se fait directement à l'aide d'appressoria qui entre à travers les stomates ou blessures. La colonisation de l'hôte est facilitée par des enzymes (cellulases, la pectinase) (Evans *et al.* 1992).

#### 2.5.7.4. Sporulation et dissémination

Sur les tissus colonisés, quand les conditions climatiques sont humides, *Alternaria* produit de conidiospores qui libèrent les spores. Les spores sont disséminées par le vent, la pluie ou suite à l'arrosage par aspersion. La présence d'eau est nécessaire pour que la sporulation ait lieu (Messteen *et al.*, 1991). (fig.30)



**Figure 30 : Processus d'infection, le développement et les symptômes des maladies par *Alternaria* pathogènes des solanacées (Agris, 2005)**

### 2.5.8. Conditions épidémiologiques

*L'Alternaria* produit des organes de dissémination (spores) à des températures qui varient entre 8 et 28 °C, lorsque l'humidité est élevée. Les rosées, les faibles précipitations continues (5 mm) ou des irrigations par aspersion répétées suffisent à son extension rapide.

Les ouvriers, à travers leurs outils, contribuent également à la dissémination de l'alternariose. Les conidies produites assurent des contaminations secondaires et par la suite plusieurs cycles parasites pourront avoir lieu dans la culture (Blancard *et al.* 2012).

Des travaux en Aero-mycologie démontrent que le rapport des spores d'*Alternaria* dans des échantillons d'air dans les climats tempérés diffère de quelques uns à quelques dizaines de pour cent (Manzano *et al.*, 2012). Les plantes stressées ou mal nourries ou en production seraient plus sensibles.

La maladie ne prend jamais un caractère contagieux mais s'accroît progressivement avec le temps, au fur et à mesure du vieillissement des plantes, et devient grave en fin de saison (Blancard *et al.*, 2012)

### 2.5.9. Moyens de lutte

Afin de contrôler efficacement les alternarioses de tomate des mesures prophylactiques ont été adoptées. Ainsi, plusieurs études ont rapporté l'utilisation des cultivars résistants et certains isolats de *Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis*, et certains extraits de plantes comme agents de biocontrôle. Cependant, la lutte contre cette maladie dépend encore largement des applications de fongicides à base de cuivre (Mamgain *et al.*, 2013)

### 3.2. Objectif du travail

Le but de notre travail est un essai pour la recherche de nouvelles espèces ayant une éventuelle possibilité d'activité biocide contre les souches pathogènes d'*Alternaria sp.* Isolées de la tomate. La plante choisie pour notre expérimentation est l'avocatier (*Persea americana*). L'essai été mené d'abord dans les conditions rigoureuse et aseptique de laboratoire (*in vitro*) suivi d'un essai d'évaluation de cette activité sur les plantes de tomate (*L. esculentum* Mill) *in vivo* sous les conditions semi contrôlées de la serre.

### 3.1. Présentation du lieu d'expérimentation

Notre travail expérimental est subdivisé en 2 parties : en premier, essai *in vitro* sur l'effet biocide des extrais aqueux de l'avocatier (*Persea americana*) contre les souches d'*Alternaria sp* sur tomate qui été effectué au niveau du laboratoire de département d'agronomie UDL SBA (ex. ITMA), et le second, essai réalisé *in vivo* dans la serre SNV porte sur l'évaluation des résultats obtenus au laboratoire.(fig.31)



**Figure 31 : Serre lieu de l'expérimentation, SNV UDL, SBA.( Belgacem Bouderbela )**

### 3.3. Matériel végétale utilisé

#### 3.3.1. Tomate (plante hôte)

Nous avons utilisé des plantules de tomate (stade 5- 6 feuilles) variété (Zahra) à croissance indéterminées ramenés d'une pépinière maraichers située dans la région de Sidi Ameer Wilaya de Tipaza.

Le repiquage été réalisé le 13 avril 2021 dans la serre du SNV dans des pots en plastique, remplies de tourbe, à raison d'une plantule par petit pot et 4 à 5 pour les pots larges.

Il est à noter que cette serre sert juste comme une enceinte pour le travail, elle est dans un état lamentable (ne renferme aucun équipement pour l'irrigation, refroidissement ou de chauffage).

Durant la phase d'élevage nous avons assuré l'irrigation des plants à raison de 05 fois par semaine ainsi qu'un seul traitement fongique contre une maladie

cryptogamique suspectée d'être due à l'*Alternaria* sp (diagnostique symptomatologique).



**Figure 32 : Mise en place de la culture de tomate .( Belgacem Bouderbela )**

### 3.3.2. Présentation de l'espèce végétale a testée

L'avocatier *Persea americana* est un arbre au feuillage *persistant* qui peut dépasser les 20 m lorsqu'il est sauvage, mais qui il se limite généralement en culture à une hauteur comprise entre 7 et 10 m, développant un tronc unique et une large couronne irrégulière aux branches retombantes.

Ses feuilles sont alternes, elliptiques et entières au limbe coriace, long de 20 à 30 cm, vert vif et luisant, au revers très pâle. Le feuillage se renouvelle chaque année, mais sauf exception, il ne le fait qu'après que les nouvelles feuilles se soient déployées.



**Figure 33 : Arbre d'avocatier en plein production ( Belgacem Bouderbela )**

Les fleurs sont petites et discrètes, larges de 1 à 3 cm et jaune-vert, mais assemblées en larges grappes souvent proches du bout des branches. Elles sont hermaphrodites, mais avec une maturation des organes mâles (libération du pollen) qui n'arrive qu'après celui des organes femelles (*stigmat*e fécondable), ce qui empêche la *fleur* de s'autoféconder. Les fleurs sont mellifères et donc interfécondes par les insectes.(fig.33)

### 3.3.3. Botanique

Selon la classification classique l'avocatier appartient à la famille de Lauracées (<https://fr.wikipedia.org/wiki/Avocatier>).

Règne	<i>Plantae</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Ordre	<i>Lurales</i>
Famille	<i>Lauraceae</i>
Genre	<i>Persea</i>
Espèce	<i>Persea americana</i> Mill., 1768

### 3.3.4. Préparation du matériel végétal : avocatier (*Persea americana*)

#### 3.3.4.1. Récolte

Notre encadreur, nous a récolté les feuilles d'avocatier le matin du 20 mars 2021 au niveau de l'ITAFV Boufarique. Les feuilles de *Persea americana* choisie sont complètement vertes et ne présentent aucune anomalie ou un signe d'une attaque par les ravageurs ou les microorganismes. Les feuilles sont coupées avec leurs pétioles.(fig.34)



**Figure 34 : Récolte des feuilles d'avocatier (ITAFV, Boufarique, Blida).  
(Belgacem Bouderbela )**

#### 3.3.4.2. Le séchage

Les feuilles d'avocatiers sont récoltées au niveau de la station ITAFV de Boufarique wilaya de Blida. Les échantillons en été étalées à l'ombre dans une chambre aérée sur du papier journal pendant 25 à 30 jours. (fig35)



Figure 35 : Feuilles détachées d'avocatier (Belgacem Bouderbela )

### 3.3.4.3. Le broyage

Les feuilles d'avocatier séchées sont initialement coupées en petits morceaux, et passés dans un broyeur qui les transforma en poudre. Le broyat des feuilles constitue le matériel végétal final qui est utilisé pour la préparation des extraits aqueux. (fig 36)



Figure 36 : Poudre obtenue après broyage et tamisage des feuilles de *P. americana*. (Belgacem Bouderbela )

### 3.4. Extraction par macération à partir des feuilles d'avocatier (*Persea americana*)

Toutes les étapes du travail expérimental ont été réalisées au niveau du laboratoire de département d'agronomie UDL SBA.

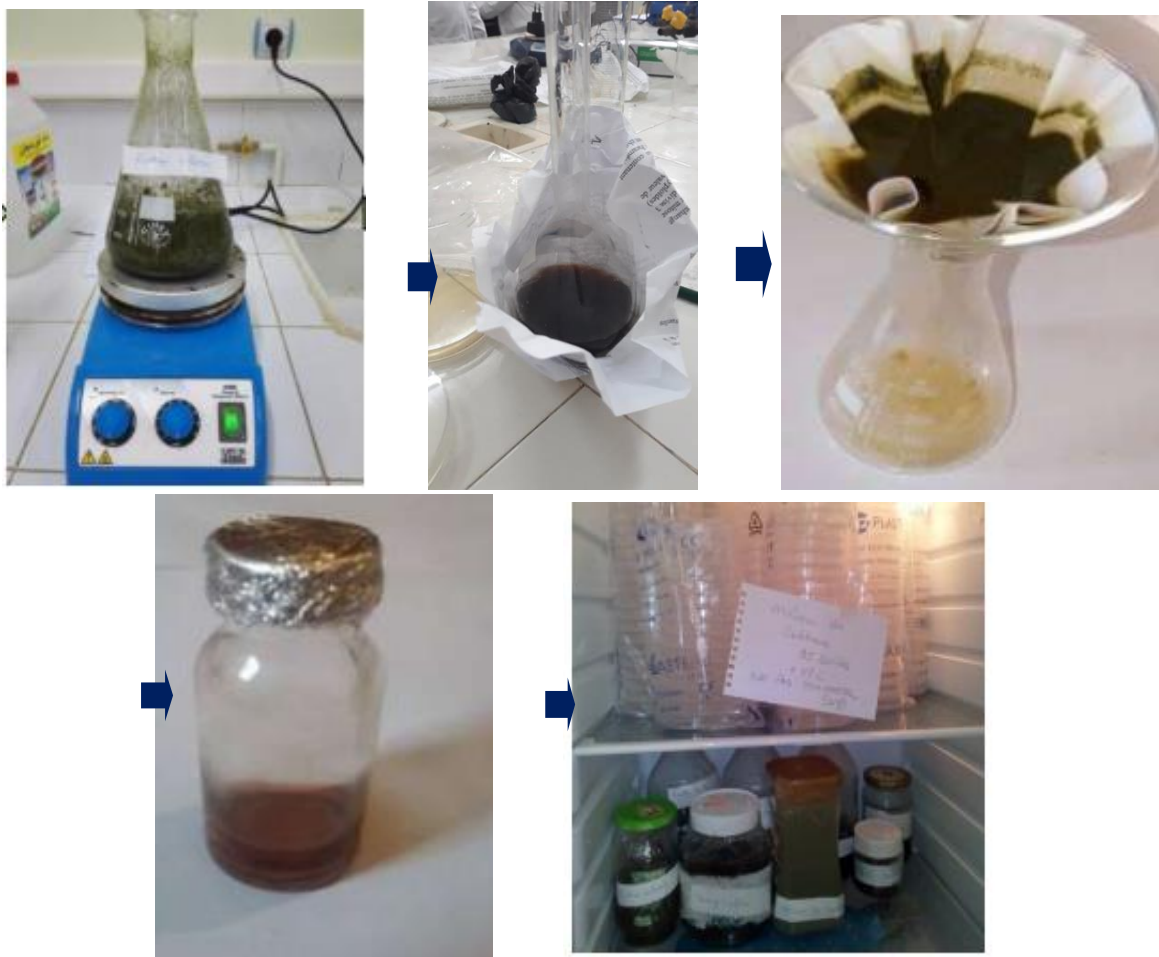
La macération est également appelée extraction à froid. Le processus de macération est utilisé pour séparer les différents constituants et ingrédients des plantes sous forme d'extrait brut. Il existe plusieurs modes de macération qui utilisent différents solvants, macération à l'éthanol, macération au chloroforme...

Dans notre expérimentation nous avons utilisé la macération à l'eau distillée ou macération simple.

#### 3.4.1. Méthode de préparation d'extrait aqueux

100 g de la poudre végétale (broyat) est additionné à 1000 ml d'eau distillée (ratio à 10%), pour la macération avec agitation (200 rpm /min) pendant 03 jour (72h) sous agitation contenue jusqu'à la dissolution de la matière soluble en dessous d'une température de 25°C.

Le mélange est ensuite filtré, le marc (la matière solide humide) est pressé et les liquides combinés sont clarifiés par filtration (papier Wattman et micro-filtres de 0,22 µm) (Razak. *et al*, 2009). (fig.37)



**Figure 37 : - Etapes de préparation de l'extrait aqueux (Belgacem Bouderbela )**

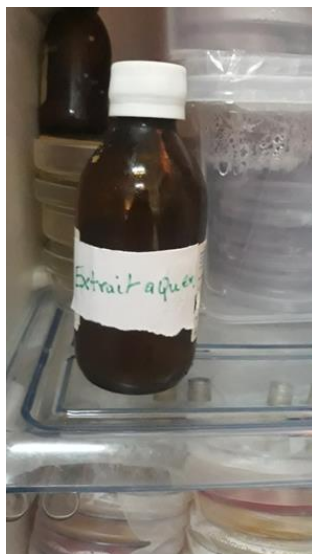
**N.B :** Au préalable notre travail été focalisé sur l'extraction des feuilles de *Persea Americana* par hydrodistillation via l'appareille de Clvenger afin d'obtenir des huiles essentielles de l'avocatier. (fig.38)



**Figure 38 : Aucune trace d'huile essentielle n'est trouvée dans hydrolysate de feuilles d'avocatier après 6 heures de distillation (Belgacem Bouderbela )**

### 3.4.2. Conservation de l'extrait aqueux du *Persea Americana*

A cause de sa sensibilité à la chaleur et à la lumière l'extrait obtenu est conservé au réfrigérateur à 4°C dans des flacons stériles, sombres et bien fermé (Salle et al. 1991).(fig.39)



**Figure 39 : Conservation de la solution de l'extrait aqueux dans le réfrigérateur(Belgacem Bouderbela )**

### 3.5. Isolement de l'agent Phytopathogène (*Alternaria sp*)

Les échantillons de plantes et de feuilles de tomate présentant des symptômes d'Alternariose ont été prélevés le 10 mai 2021 à partir des plantes de tomate élevées sous serre de SNV UDL SBA. Les échantillons des feuilles malades sont mis dans des sachets en plastique, étiquetés puis ramenés au laboratoire.

#### 3.5.1. Préparation à l'observation au microscope optique

Les différentes parties infestées des feuilles de la tomate ont été découpées (2 X 2 mm) et désinfectées en trempant les parties concernées pendant 2 min dans une solution de 1% de l'hypochlorite de sodium.

Ces fragments ont été déposés par sur milieu PDA (Potatos dextrose Agar) coulé en boîtes de Pétri stériles. Ces boîtes ont été incubées à l'obscurité à une température de 25°C pendant 7 jours. (fig.40)



**Figure 40 : Désinfection des feuilles infestées, coupe et dépôt des explants infestés sur milieu PDA (Belgacem Bouderbela )**

### 3.5.1.1. Purification

A partir des isollements primaires, des explants fongiques ont été prélevés de la zone préférée des colonies fongiques et repiqués aseptiquement sur milieu PDA en boîte de Pétri.

Les cultures sont de nouveau incubées à 25°C comme précédemment. Des repiquages successifs sont effectués suivent jusqu'à l'obtention d'une culture pure des isolats.(fig.41)



**Figure 41 : Obtention des colonies fongique d'*Alternaria* sp après 05 jours d'incubation (Belgacem Bouderbela )**

### 3.5.1.2. Identification

Des observations quotidiennes sont effectuées dès l'apparition des mycéliums. L'identification des champignons est réalisée par examen de la culture sur milieux solides en boîte de Pétri.

L'examen est effectué à l'œil nu, à la loupe et au microscope. Il est relativement facile d'identifier le genre mais il est beaucoup plus délicat de déterminer avec certitude l'espèce (Guiraud, 1998).(fig.42)

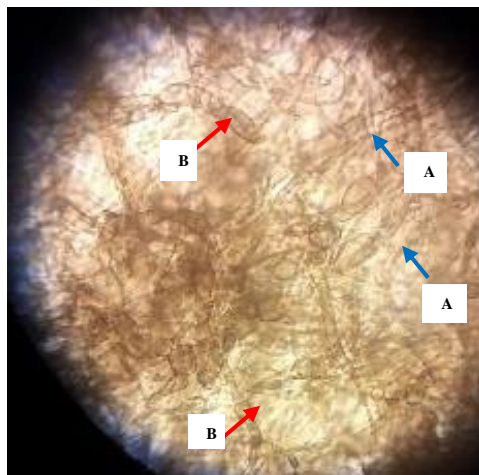


**Figure 42 : Aspect des colonies des isolats d'*Alternaria* sp sur milieu PDA après 7 jours d'incubation(Belgacem Bouderbela )**

### 3.5.1.3. Étude des aspects macroscopiques et microscopiques

L'identification préliminaire de la souche fongique isolée et purifiée a été réalisée par l'observation de l'aspect macroscopique (texture du mycélium, couleur du thalle et le revers de la colonie), et microscopique (nature du thalle taille et la forme des spores) des cultures obtenues (Botton et al. 1990).

Les conidies d'*Alternaria* ont montré des différentes morphologiques significatives en ce qui concerne la forme, la couleur et le nombre de septa. Elles se présentent en chaîne ou solitaire, ces formes varient d'obryiforme à ovale ou obclavées, de couleur brune jaunâtre à brune foncée. Le mycélium est septé de couleur vert clair. (fig.43)



**Figure 43 : Caractérisation microscopique d'*alternaria* sp.( mycélium (A) et conidies (B) d'*alternaria*) (Belgacem Bouderbela )**

#### **3.5.1.4. Conservation des souches**

Après repiquage, les cultures sont maintenues pendant une semaine à 30°C puis stockées à 4°C dans un réfrigérateur pour favoriser la viabilité et limiter les possibilités de variations. (fig.44)



**Figure 44 : Conservation des souches d'*Alternaria* sp dans le réfrigérateur (Belgacem Bouderbela )**

### **3.6. Etude *in vitro* de l'activité biocide des extrait aqueux de *Persea Americana* contre les souches d'*Alternaria* sp de la tomate**

#### **3.6.1. Activité antifongique de l'avocatier *in vitro***

La technique consiste à introduire et à mélanger le produit à tester (extrait aqueux) dans un milieu de culture PDA après autoclavage à 121 °C, à la pression de 1 bar pendant 30 min, puis coulé à raison de 18 ml dans des boîtes de Pétri de 90 mm de diamètre puis maintenu en surfusion à 45 °C.

L'ensemencement est effectué par le dépôt au centre de la boîte d'un disque du mycélium d'*Alternaria sp* d'environ 6 mm de diamètre d'une préculture de 3 à 7 jours, à l'aide de la base de pipette pasteur.(fig.45)



**Figure 45: Préparation des concentrats et les témoins positif et négatif(Belgacem Bouderbela )**

### 3.6.2. Préparation des concentrations

04 traitements ont été préparés : Témoin Négatif (T-), Témoin positif (Fongicide 1g cupertine super/100ml d'eau distillée) T1 : extrais aqueux pure 100% 10g/10ml), T2 : Extrais aqueux diluer à 50% (10g/15ml d'eau distillée).

2 boîtes de Pétri ont été repiquées par traitement et répété 2 fois. Les boîtes sont incubées à l'obscurité à 27 °C pendant quatre jours.

### 3.6.3. Evaluation du taux d'inhibition de la croissance mycélienne

D'après Leroux et Gerdet 1978, le pourcentage d'inhibition (%) a été déterminé par rapport au témoin et calcule selon la formole suivante :

$$I (\%) = 100 \times (DC - DE) / DC$$

I (%) = Taux d'inhibition exprimé en pourcentage

DC= Diamètre de colonies dans les boîtes « témoins positifs »

DE= Diamètre de colonies dans les boîtes contenant l'extrait de plante

Les taux d'inhibition des extrais aqueux et du fongicide de synthèse ont été déterminés à partir de la mesure journalière de la croissance mycélienne de Témoin négatif (sans traitement fongicide ou bio fongicide)

La croissance mycélienne des colonies a été évaluée tous les jours jusqu'au recouvrement total de la surface du milieu témoin. Les mesures de la croissance radiale du mycélium ont été effectuées selon deux droites perpendiculaires

tracées au revers de chaque boîte de Pétri et qui se coupent en un point au milieu de la rondelle mycélienne.(fig.46)



**Figure 46 : Ensemencement des boîtes de pétri contenant les concentrations préétablis (Belgacem Bouderbela)**

### **3.7. Etude *in vivo* de l'activité biocide des extraits aqueux de *Persea Americana* contre les souches d'*Alternaria sp* de la tomate**

Ce test consiste à évaluer l'effet d'extrait de *Persea Americana* sur les feuilles infectées de tomate par les souches d'*Alternaria sp* par contact direct (inoculation artificielle).

Des plantules de tomates maintenues saines ont été plantées dans dix-huit pots en plastique contenant la tourbe (quatre plantules par pot). Ces pots ont été ensuite, placés dans la serre et arrosés chaque deux jours avec de l'eau de robinet jusqu'au stade requis pour l'inoculation.

#### **3.7.1. Préparation des explants fongiques pour l'inoculation**

Après l'identification sous microscope optique de la nature des mycéliums et les conidies appartenant au genre *Alternaria Sp*.

10 boîtes de pétri avec milieu PDA sont repiqués avec un explant de mycélium de l'espèce identifiée. Les boîtes de pétri sont incubés pendant 5- à 7 jours dans une étuve réglée à 25 °c. Le prélèvement a lieu lorsque le développement de la souche est suffisant (Guiraud, 1998). (fig.47)



**Figure 47 : Incubation des souches d'*Alternaria sp* (25°C) (Belgacem Bouderbela)**

Dans un milieu aseptique des prélèvements des explants de mycelium de champignon de 6 mm de diamètre, sont prélevés sur la zone de croissance 2/3 mycélium 1/3 gélose. (fig.48)



**Figure48 : Préparation de l'inoculum pour utilisation *in vivo* (Belgacem Bouderbela)**

### 3.7.2. Inoculation artificielle

Les feuilles de tomate saines sont nettoyées plusieurs fois à l'eau courante puis désinfectés avec une solution d'hypochlorite de sodium à 1% puis rincées abondamment sous un courant d'eau stérile. Après séchage. A l'aide d'une aiguille des micros fissures ont été effectuées sur la partie de feuille destinée à l'inoculation afin de favoriser l'installation rapide de pathogène.

La technique d'inoculation consiste à appliquer un explant de culture pure du parasite (*Alternaria*), sur la feuille de la plantule de tomate des pastilles de 6 mm de diamètre sont découpées stérilement à l'emporte-pièce (base de pipette pasteur) à la périphérie des colonies âgées de 10 jours.

Chaque fragment est alors prélevé à l'aide d'une anse de platine puis placés sur une feuille à 1 cm de l'extrémité distale et recouvert par de cellophane pour éviter l'assèchement rapide de l'inoculum. L'ensemble est fixé par un trombone de part et d'autre de l'implant, pour éviter la perte de l'explant, le champignon étant en contact du végétal.(Fig.49)



**Figure 49 : Opération d'inoculation artificielle (*Belgacem Bouderbela*)**

Etant donné que l'inoculation été réalisée le 10 juin 2021 (début de période sèche : été). Une aspersion manuelle quotidienne avec de l'eau de robinet été particulièrement indispensable pour maintenir une atmosphère humide nécessaire à l'installation de la maladie.

### **3.7.3. Dispositif expérimental**

L'expérimentation est menée dans 2 blocs aléatoires complets (BAC) sur 30 plantes de tomate soit 15 plants par bloc et répartis d'une manière aléatoire. 5 traitements appliqués au total répété 6 fois. Les plantes sont étiquetées.(fig.50)



**Figure 50 : Dispositif expérimental à 2 BAC (*Belgacem Bouderbela*)**

**Tableau 05 : Traitements appliqués dans l'essai *in vivo***

Numéro	Types	Observation
Traitement 1 (T1)	Témoin négative (aspersion par l'eau distillé)	
Traitement 02 (T2)	Témoin positive traiter par fongicide (Cupertine super : 4g/10 l Contient 88,2 % de Bouillie Bordelaise & 3% de Cymoxanil)	
Traitement 03 (T3)	Traitement préventif (03 jours avant inoculation)	
Traitement 04 (T4)	Aspersion des plantes âgées par extrait pure	
Traitement 05 (T5)	Aspersion des plantes jeune par extrait pure	

#### 3.7.4. Test préliminaire ou test de phytotoxicité

Afin d'évaluer une probable action phytotoxique des extraits aqueux de l'avocatier sur les feuillages, fleurs et tiges de la tomate une application directe de 2 solutions (pure et diluée à 50%) est réalisée sur des plantes de jeune âge (avant la formation des fruits).(fig 51)



**Figure 51: Test préliminaire ou test de phytotoxicité des extraits aqueux de l'avocatier extrait pure (gauche) et diluée à 50% (droite). Aucun effet toxique n'est observé(Belgacem Bouderbela)**

#### 3.7.5. Application des traitements

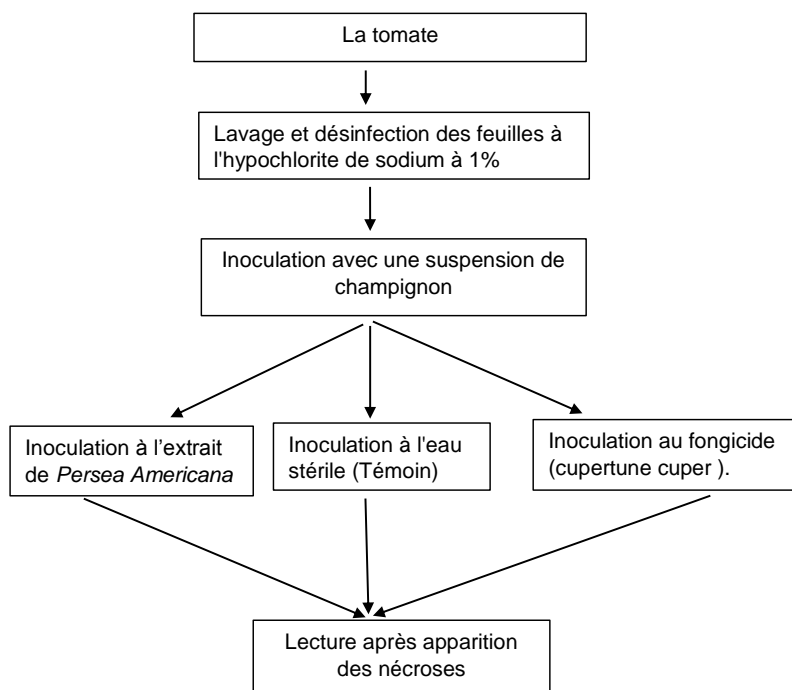
12 jours après l'extériorisation des symptômes, les feuilles de tomate sont traitées à base d'extrait d'espèce de *Persea americana* pour les (T3, T4, T5) le fongicide (T1 témoin négatif) et T2 (témoin positif).

Les plantes de tomate ont été pulvérisées copieusement avec le traitement correspondant.(fig52)



**Figure 52 : Application des traitements (Belgacem Bouderbela)**

Afin de maintenir une atmosphère saturée en humidité favorable à l'infection. Les plantules sont aspergées 02 fois par jour avec l'eau de robinet pendant les sept jours qui suivent l'inoculation.



**Figure 53 : Diagramme de protocole de l'effet *in vivo* de l'extrait de *Persea Americana* sur tomate inoculé par les souches de champignon (*Alternaria sp*).**

### 3.7.6. Ré-isolement du l'agent pathogène (confirmation du postulat de Koch)

Afin de confirmer que les symptômes observés sont provoqués par le même agent pathogène c.-à-d. *l'Alternaria*, la méthode consiste à rechercher le parasite dans les tissus infectés par son ré-isolement sur milieu PDA, puis le comparé morphologiquement avec la culture mère.(fig54)



**Figure 54: Ré-isolement des souches d'*Alternaria sp* des feuilles atteintes (T5, T3, T2) (Belgacem Bouderbela)**

### **3.8. Analyse statistique**

Les résultats obtenus des 2 essais réalisées ont subi une analyse de la variance (Anova) selon le test Post hoc de Tukey ( $p=0.05$ ) en utilisant le programme de statistique XLSTAT (version d'essai).

#### 4.1. Le contexte général du déroulement de l'expérimentation

L'étude a été menée dans des circonstances assez particulières à savoir les températures parfois élevées ce qui nous a ramené à un apport régulier d'eau matin et après-midi et même les weekends pour augmenter l'humidité relative à l'intérieur de la serre nécessaire au déclenchement de l'infestation par les souches d'*Alternaria*.

Heureusement, pour cette année le mois de juin a connu des températures ambiantes avec même quelque millimètre de précipitation au début du mois, qui ont été très favorables au déroulement de notre expérimentation.

#### 4.2. Type d'extraction

Par défaut de moyen, nous avons fait recours dans notre expérimentation à la macération en utilisant l'eau comme solvant qui semble être meilleure pour l'extraction des polyphénols totaux (acide gallique) et des flavonoïdes et de tanins. L'éthanol et l'acétone sont préférables pour l'extraction de ces biomolécules (Mahmoudi *et al.*, 2013).

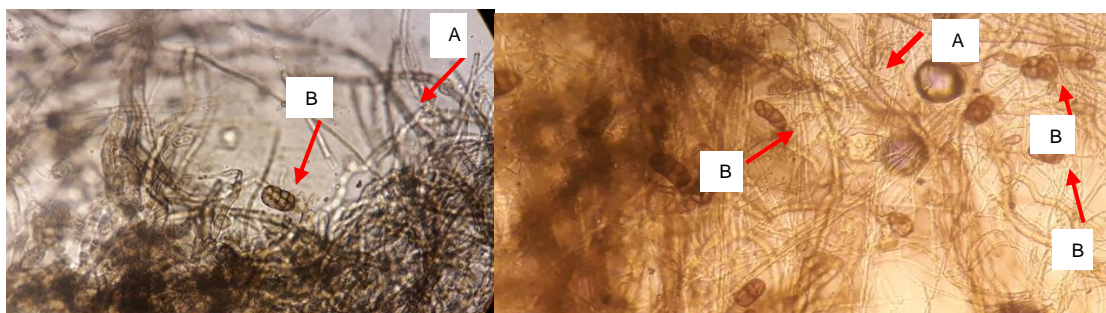
Plusieurs recherches ont signalé la présence dans l'avocatier de chlorophylles, de caroténoïdes, de flavonoïdes et de saponines et d'acide ascorbique, de caroténoïdes, de flavonoïdes, de saponines et de tanins (Alexander *et al.*, 2020)

#### 4.3. Confirmation de l'agent causal ou postulat de Kock

Malgré que le travail consiste à confirmer l'identité de l'agent pathogène inoculé mais apparemment les examens macroscopiques (sous loupe binoculaire) et microscopiques (sous microscope optique) ont révélé d'une manière certaine qu'il s'agit bien des espèces appartenant au genre *Alternaria*.

De plus, en se basant sur la forme et la taille de conidies on peut conclure qu'il existe plus d'une espèce d'*Alternaria*. *A. tenuissima* (photo à gauche) et *A. alternata* (Photos à droite) (Zheng *et al.* 2015).

Pour les isolats issus d'inoculation artificielles l'identification de l'agent causal a été arrêtée au genre.



**Figure 55 : Espèces différentes d'*Alternaria sp* isolés des lésions apparues après inoculation artificielle (mycélium (A) conidies (B) (G : 400 X)**

#### 4.4. Etude *in vitro* de l'activité biocide des extraits aqueux de *Persea Americana* contre les souches d'*Alternaria sp* de la tomate

D'après la figure ci-dessous nous constatons l'effet marquant de l'extrait aqueux des feuilles de l'avocatier *Persea americana* sur l'inhibition de la germination des souches pathogènes d'*Alternaria sp*.

Cette pression d'inhibition est accentuée dans les 24 h qui suivent le dépôt de la rondelle mycélienne. Cependant, dans les heures qui suivent (48, 96, 120h) cette action d'inhibition devient constante dans le temps pour les 2 concentrations (100mg/ml et 50 mg/ml) avec une légère élévation d'intensité du contrôle au profit de la concentration diluée.

L'activité inhibitrice des extrait aqueux des feuilles d'avocatier tend à se stabiliser dans le temps avec un fort pourcentage (164 heures soit 07 jours après le contact avec l'agent pathogène).

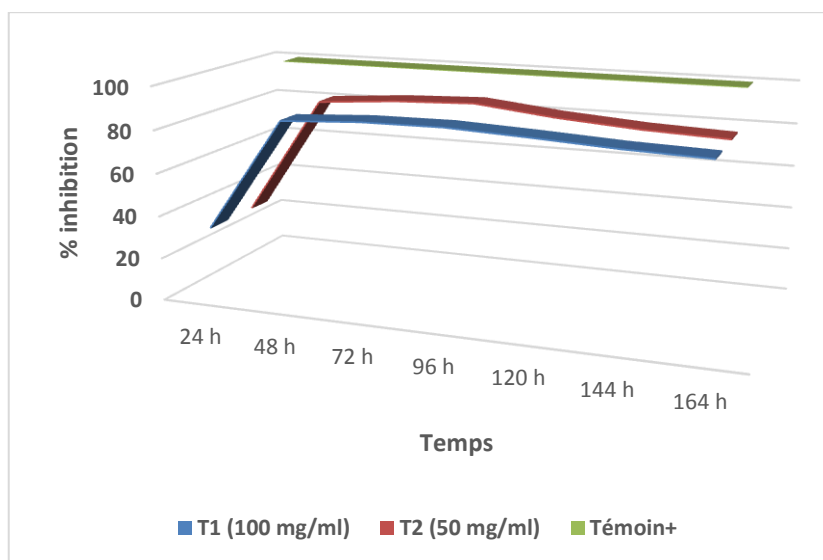


Figure56 : Evolution temporelle de l'activité inhibitrice des solutions aqueuses contre les souches d'*Alternaria sp in vitro*

- Analyse de la variance (% inhibition)

L'analyse de la variance (test Anova) montre l'effet significatif des 2 doses testées par rapport au témoin

Tableau 06 : Analyse Type III somme des carrés (% inhibition)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Temps	6,000	16714,373	2785,729	9678,025	0,000
Dose	4,000	6283,262	1570,815	5457,240	0,000
Temps*Dose	24,000	9222,738	384,281	1335,047	0,000

L'analyse statistique montre un effet significatif de l'effet inhibiteur pour la concentration pure (100 mg/ml) au début de l'essai juste après 24 h et 72 h du contact de l'extrait aqueux avec la machine enzymatique de *l'Alternaria* pour qu'elle tire profit de la dégradation du milieu.

La concentration diluée de l'extrait aqueux semble plus performante que la première avec un effet significatif d'inhibition par rapport au témoin négatif pour la période de (24, 72, 96, 120, 144 et 164 h).

**Tableau 07 : Synthèse des comparaisons multiples par paires pour Temps (Tukey (HSD))**

	T1 (100 mg/ml)	T2 (50 mg/ml)	Témoin Positif
72 h	88,00 a	90,22 a	
96 h	86,27 ab	90,19 a	
48 h	86,00 ab	88,00 ab	
120 h	84,31 bc	85,88 b	
144 h	81,96 c	82,74 c	
164 h	81,96 c	82,74 c	
24 h	33,33 d	33,33 d	
Pr > F(Modèle)	<0,0001	<0,0001	
Significatif	Oui	Oui	Oui

Les moyennes dans la colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test Anova (post-hoc de Tukey ( $p=0.05$ ))

Les doses appliquées de l'extrait aqueux sont hautement significatives ce qui a engendré des groupes non homogènes.

**Tableau 08 : Synthèse des comparaisons multiples par paires pour Dose (Tukey (HSD))**

Modalité	Moyennes estimées (% inhibition)	Groupes
T+	100,000	A
T-	82,913	B
T2	79,895	C
T1	78,193	D

Les moyennes dans la colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test Anova (post-hoc de Tukey ( $p=0.05$ )).

**T+ : témoin traité avec fongicide de synthèse, T- : témoin non traité, T1 : 100mg/ml de l'extrait aqueux, T2 : 50 mg/ml de l'extrait aqueux)**

D'après les résultats obtenus, il s'avère que les extraits aqueux de *Persea americana* sont très efficaces et possède une activité antifongique puissante sur la germination des spores puisqu'ils ont montré un pourcentage d'inhibition supérieur à 78 % pour les 02 concentrations testées.

A l'évidence des résultats obtenus *in vitro* l'extrait aqueux étudié de *Persea Americana* exerce un effet antifongique infaillible. L'inhibition de la germination et de la croissance mycélienne par l'extrait aqueux est due au fait que cet extrait possède probablement des composés organiques naturels ayant des activités antifongiques.

Cette action est attribuée à des métabolites secondaires tels que les polyphénols et les triterpénoides (Boloug., *et al.* 2011). Dans notre expérimentation nous avons écarté l'hypothèse des triterpénoides qui sont des composés des huiles essentielles.

Dans la littérature, Les saponines sont connues pour leur pouvoir d'interaction avec les stérols, les protéines et les phospholipides des membranes cellulaires des champignons provoquant ainsi une perte de l'intégralité structurale de la membrane cellulaire et une augmentation de la perméabilité ionique (Gruiz & Biacs., 1989 ce qui confirme les résultats obtenus *in vitro* dans cet essai.



**Figure57 : Activité antifongique *in vitro* de l'extrait aqueux de *Persea americana* contre *Alternaria* après 20 jours (T- : aucun traitement chimique ou biologique n'est appliqué, T1 : concentration à 100mg/ml, T2 : concentration 50mg/ml).**

#### **4.5. Etude *in vivo* de l'activité biocide des extraits aqueux de *Persea Americana* contre les souches d'*Alternaria sp* de la tomate**

L'étude *in vivo* été réalisée dans les conditions semi-contrôlé ce qui engendre l'interaction de plusieurs facteurs à savoir climatique biotique et abiotique, ceci peut entrainer des réponses phytosanitaires aléatoire et parfois non identifiés.



**Figure 58: Etat d'infestation des plants de tomate *in vivo* avant et après application des traitements**  
(LAVT : lésions avant traitement, LAPT : lésion après traitement)

Les résultats obtenus montrent une nette régression des lésions provoquées par les souches d'*Alternaria* sp sur les feuilles de tomates suite à l'application de traitement d'extrait aqueux des feuilles de l'avocatier de concentration de 100 g/ml. L'effet de contrôle de l'extrait aqueux de *Persea americana* sur les souches d'*Alternaria* sp semble immédiat.

Le Traitement appliquée sur les feuilles jeunes de la tomate (T4) a donné une action directe sur la prolifération de champignon sur ces feuilles dont sa réponse à l'attaque du pathogène été rapide et accentuée. Cependant l'action antifongique sur les feuilles âgées (T5) semble être plus au moins freinée.

Le témoin positif (application de fongicide de synthèse (T2) a enregistré un effet foudroyant sur les populations d'*Alternaria*. Quant au témoin négatif (application de l'eau distillée) T1 l'infestation après traitement est diminuée au tiers),.

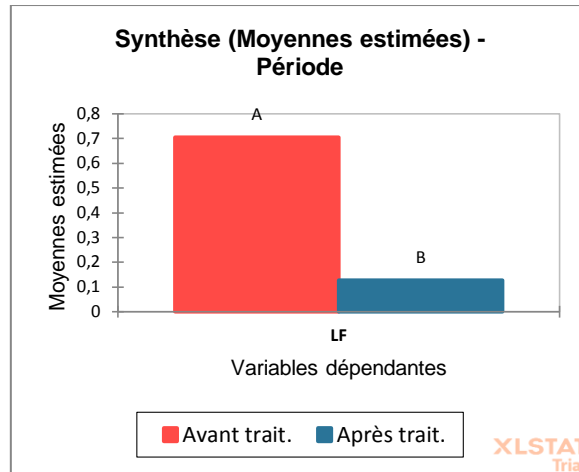
Le traitement préventif appliqué (2 jours avant l'infestation artificielle (T3) semble avoir un effet important sur l'extériorisation des symptômes d'*Alternaria*.

- **Analyses de la variance Type II Sum of Squares (SL)**

**Tableau 08 : Activité anti fongique de l'extrait aqueux sur *Alternaria* sp *in vivo***

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Traitement	4,000	0,946	0,237	0,698	0,597
Période	1,000	6,448	6,448	19,022	0,000065 DTHS
Traitement*Période	4,000	1,142	0,286	0,842	0,505

Test de Tukey nous révèle que la différence statistique avant et après traitement avec l'extrait aqueux de *Persea americana* contre les souches d'*Alternaria* est hautement significative.



**Figure 59: Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% (LF) (Tukey (HSD) (LF : lésion sur feuilles)**

L'efficacité inhibitrice de l'extrait aqueux de *Persea Americana* qui a été observé *in vitro* a été maintenue *in vivo* probablement grâce à la teneur en saponine en plus d'autres métabolites éventuellement présents dans cet extrait aqueux.

L'activité antifongique des extraits aqueux étudiés est attribuée également à leur teneur en polyphénols. Bien que ces molécules soient connues par leur pouvoir antioxydant, plusieurs études ont démontrés leur activité vis-à-vis des champignons est basé sur l'inactivation des enzymes fongiques qui contiennent un groupement thiol dans leur site actif (Cowan., 1999).

Il est évident que les polyphénols sont polaires et solubles dans l'eau, et par conséquent présents dans les extraits aqueux. Parmi les polyphénols, on trouve de nombreux flavonoïdes possédant une activité antifongique, il apparaît que le caractère lipophile de ces composés augmente l'activité, permettant aux molécules de pénétrer plus facilement à travers la membrane fongique (Jimenez-Gonzalez. *et al.* 2008)

A la lumière de ces investigations réalisées et au vu des effets antifongiques démontré *in vivo* et *in vitro* contre l'*Alternaria* sp il s'avère que l'extrait aqueux de *Persia americana* à 50 mg/ml est efficace et plus envisageables pour la lutte biologique contre l'*Alternaria* qui en inhibant la germination des conidies peut limiter la dissémination de la pathologie dans la serre donc l'infection secondaire de pathogène et freinée ainsi que l'épidémie de la maladie.

L'extrait aqueux est moins cher et plus rentable par rapport aux huiles essentielles, d'autant que ces dernières contiennent des substances volatiles et donc exercent un effet temporaire (Manal *et al.* 2017).

## Conclusion

---

La biodiversité végétale constitue une source naturelle de plusieurs composés ayant une activité biologique, comme des propriétés antioxydantes et antifongiques ; ces effets sont liés aux concentrations des métabolites secondaires synthétisés et stockés à travers les différents organes de la plante.

Les résultats obtenus ont montré sans équivoque l'effet fongistatique de l'extrait aqueux de *Persea americana* (pour les 2 concentrations 100 et 50 mg/ml) et l'arrêt séquentiel de la germination et de la croissance du champignon, ce qui exprime un effet conséquent, sur les infections cycliques engendrés par les souches pathogènes d'*Alternaria sp.* Ceci a un impact direct sur le développement de l'épidémie dans un milieu fermé ou semi-fermé (serre) ou sous un milieu ouvert pour les plantations de tomate en plein champs.

Si l'on considère l'inhibition de la germination et de la croissance mycélienne des spores *in vitro* et la réduction du développement des symptômes de l'*Alternaria* des plantes traitées *in vivo* avec des extraits aqueux de la *Persea americana* riche en Polyphénols, caroténoïdes et saponine, de la même manière que les fongicides synthétiques, nous pouvons conclure que ces molécules bioactives peuvent être des candidats pour de futurs agents antifongiques écologiques, contrôlant la maladie d'alternariose de la tomate et minimisant les risques et les dangers pour l'environnement de ce fait les composés phénoliques pourraient constituer une stratégie alternative prometteuse pour la protection des cultures

Une étude sur des méthodes rationnelles d'extraction des composés bioactives appliqués en phytochimie entre autres la macération par l'éthanol et l'acétone reste souhaitable.

Par conséquent, il pourrait être utile d'obtenir une caractérisation plus détaillée des polyphénols de ces extraits, afin de déterminer lesquels sont responsables de l'effet antifongique. Et observée, l'évaluation d'une éventuelle synergie ainsi que les doses optimales à utiliser et les voies d'action pour accroître leurs efficacités optimales.

Par ailleurs, ces résultats qui restent préliminaires, devront être confirmés et approfondies par des essais *in vitro* à des différentes concentrations répétées plusieurs fois.

Également, réaliser des applications *in vivo* et *in situ* pour quantifier les contraintes biotiques liées à ce patho-système dynamique et agressif, pour mieux comprendre la relation plante-pathogène afin d'évaluer leur coévolution exprimée par les mécanismes morphologique et biochimiques de défense naturelle préexistants chez la plante.

De même, étudier les contraintes abiotiques hostiles au développement de la culture relatives aux conditions pédoclimatiques variables dans l'espace et dans le temps d'un agrosystème donné.

## Références bibliographiques

---

- Agrios G.N. 2005.** Plant pathology. 5th Edition. Elsevier, London. 922:455
- Alexander W. , Adulley F., and Adarkwah-Yiadom M..2020.** Simultaneous Optimization of Microwave-Assisted Extraction of Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Avocado (*Persea americana* Mill.) Seeds Using Response Surface Methodology. Journal of Analytical Methods in Chemistry.
- Anonyme : 2014.** La rousse agricole. Paris .p :1184
- Arino, A., Juan, T., Estopanan, G., and Gonzalez-Cabo, J.F., 2007.** Natural occurrence of *Fusarium* species, fumonisin production by toxigenic strains and concentration of fumonisins B1, and B2 in conventional and organic maize grown in Spain. *Journal of Food Protection* 70: 151-156. Bailly, J.D.
- Bentvelsen C.L.M., 1980.**Réponse des rendements à l'eau. Ed. Dunod. 235p
- Bessadat N. 2014.** Isolment et caractérisation des *Alternaria* sp. Responsables de la détérioration des plantes maraichères par des systèmes enzymatiques et moléculaires. Université d'Oran Es-sania, Département de Biologie. Thèse de Doctorat. Pp 14-23.
- Blancard D., 2010.** Identifier les maladies diagnostic guide anomalie, altération des fruits. Ed. INRA. Paris. Pp45-56.
- Blancard D., Laterrot H., Marchoux G., Candresse T. (2009).** Les maladies de la tomate. INRA.
- Blancard D., Laterrot H., Marchoux G., Candresse T. 2012.** A colour handbook-Tomato Dseases: identification, biology and control. Manson Publisching Ltd. 688 pp.Desbwal, 2004
- Blancard D., Latterrot H., Marchaud G. et Candresse T. 2009.** Les maladies de la tomate. Ed. Quae, Paris. 679..
- Botton B., Breton A., Fevre M., Gautier S., Guy P.H., Larpent J.P., Reymond P., Sanglier J. J., Vayssier Y., Veau P. (1990).** Moisissures utiles et nuisibles importance industrielle. Paris : Masson.
- Bouloug E.K., Attioua B., Coulibaly J.D, N'guessan AJ. 2011.** Evaluation in vitro de l'activité antibactérienne des extraits de *Tesminalia glaucescens* planch sur *Slmonella typhi* et *Salmonella tyhpimurium*, *Bull. Soc. Roy. Sci. Liege* 80 772-790.
- Carlos, E.B., Kevin M H. 2006.** White flies.43 (23) :1-9.
- Castagna, A.; Chiavaro, E.; Dall'Asta, C.; Rinaldi, M.; Galaverna, G.; Ranieri, A. 2013.** Effect of postharvest UV-Birradiation on nutraceutical quality and physical properties of tomato fruits. *Food Chem.*137, 151–158.
- Chaux C.L. et Foury C.L., 1994.** Production légumières et maraichères, tome III : légumineuses potagères, légumes fruits. Tec & Doc. Lavoisier, Paris. 563p

## Références bibliographiques

---

- Cowan M.M., 1999.** Plant product as antimicrobial agents, *Clin. Microbiol. Rev.* 12 (4), 564-582
- Daunay M.C., Janick J., et Laterrot H., 2007.** Iconography of the Solanaceae from antiquity to the XVIIIth century: a rich source of information on genetic diversity and uses. Ed *Solanaceae VI: Genomics meets biodiversity. Acta Horticulturae* 745: 59–88
- Desneux N., Wajnberg E., Wyckhuys K.A.G., Cabello C.P.T., Urbanej A.A. (2010)** :Biological invasion of european tomato crops by tuta absoluta : ecology , geographic expansion and prospects for biological control. I N R A (French national institute for agricultural research) ,*J Pest Sci* (2010) 83: pp 197-215.
- DUPONT F. et GUIGNARD J. L. 2012-** Botanique les familles de plante. Edition Elsevier Masson. France, 300 p.
- Erikson O.E., Hawksworth,D.J. 1991.** Outline of the ascomycetes. *Syst. Ascomycet* 9: 39-271
- Evans K.J., Nyquist WE., Latin RX., 1992.** A Model based on temperature and leaf weness duration for establishment of Alternaria leaf blight of muskmelon. *Phytopathology.* 82: 890-892.
- Gallais A. et Bannerot H., 1992-** Amélioration des espèces végétales cultivées, objectifs et critères de sélection. Ed. INRA, Paris. 382 p
- Grissa K., 2010.** Etude de base sur les cultures d'agrumes et de tomates en Tunisie, Regional Integrated Pest Management Program in the Near East GTFS /REM/ 070/ ITA, juillet – septembre 2010,92 P
- Gruiz K & Biacs P.A. 1989.** Membrane lipid composition of Trichoderma strains and their sensitivity to saponin and polyene antibiotics, in: Biancs P.a, Gruiz K, Kremmer (Eds), *Biological role of plant lipids* pelenum press, New York, Londres, 1989 pp. 417-420
- Guenauoi (Y.), 2008-** nouveau ravageur de la tomate en Algérie, *Phytoma* : N°617 juillet- aout 2008. 18-19p.
- Hanafey. F., Sabry. A., 2013.** In vitro Antifungal Activity of Three Geophytic plant Extracts against Three Post-harvest Pathogenic Fungi, 16, 23, p.p. 1698-1705.
- HELLER R., 1981.** Physiologie végétale. Tome I : nutrition. 2ème Edition Masson
- Hibar K., Daami-Remadi M., Hayfa Jabnoun-Khiareddine, Ibrahim El Akram Znaïdi & Mohamed El Mahjoub., 2006.** Effet des extraits de compost sur la croissance mycélienne et l'agressivité du *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*
- Jimenez-Gonzalez M. alvarez\_Corral M., Munoz-Dorado, I, Rodriguez Garcia. 2008.** Pterocarpan : interesting natural products with antifungal activity and other biological properties. *Phytochem. Rev.* 7 125-154.

## Références bibliographiques

---

**Jones, J.B.; Zitter, T.A.; Momol, T.M.; Miller, S.A. PART I: Infectious. 2016** Diseases. In *Compendium of Tomato Diseases and Pests*, 2nd ed.; Jones, J.B., Zitter, T.A., Momol, T.M., Miller, S.A., Eds.; The American Phytopathological Society: Saint Paul, MN, USA, pp. 15–119.

**KOLEV N., 1976.** Les cultures maraichères en Algérie. Tome I. Légumes fruits. Ed. Ministre de l'Agriculture et des Reformes Agricoles. 52p.

**Latterot, H, 1972.** Sélection de tomates résistantes à *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*. *Phytopath.Medit.* 11 :154-158.

**Laumonnier R., 1979.** Cultures légumières et maraichère. Tome III. Ed. Bailliere, Paris. 279p

**Mahmoudi S., Khali M., et Mahmoudi N., 2013.** Etude de l'extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d'artichaut (*Cynara scolymus* L.) *Revue « Nature & Technologie »*. B- Sciences Agronomiques et Biologiques, n° 09.

**Mamgain A., Roychowdhury R. and Tah J., 2013.** *Alternaria* pathogenicity and its strategic controls. *Research Journal of Biology* Volume 1: 01-09 (Published: 15 April, 2013) ISSN: 2322-0066

**Manal K., Aourach M., El Boukari M., Barrijal S., Essamani H., 2017.** Efficacité des extraits aqueux des plantes aromatiques et médicinales contre la pourriture grise de la tomate au Maroc. *C.R biologies* 340 (207) 386-393.

**Manzano-Agugliaro, F. ; Sanchez-Muros, M.J. ; Barroso, F. G. ; Martínez-Sánchez, A. ; Rojo, S. ; Pérez-Bañón, C., 2012.** Insects for biodiesel production. *Renew. Sustain. En. Rev.*, 16 (6): 3744-3753.

**Messiaen C.M., Blancard D., Rouxel F. et Lfon R. (1993).** les maladies des plantesmaraichères. 3ème ed. INRA, Paris.

**Messiaen CM., Blancard D., Rouxel F., Lafon R. 1991.** Les maladies des plantes maraichères INRA Paris. 552 pp

**Naika S., De Jeud J.V.L., De Joffeau M., Hilmi M. et Vandam B., 2005.** La culture de tomate, production, transformation et commercialisation. Ed. Wageningen, Pays-Bas. 105p

**Nelson, S. C. 2008.** Late blight of Tomato (*Phytophthora infestans*). College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawaii at Manoa Cooperative Extension Service PD-45. 10p.,

**Paster. N., Bullerman. L. B., 1988.** Mould spoilage and mycotoxin formation in grains as collected by physical means. *Int. J. Food Microbial*, 7, p.p. 257-265.

**Patterson C.L., 1991.** Importance of chlamydospores as primary inoculum for *Alternaria solani* incitant of collar rot early blight of tomato. *Plant Disease*. 75: 274-278

**Pitrat M., Foury C. et Coord. 2003.** Histoire de légumes. Edition INRA.415p

## Références bibliographiques

---

- Polese J.M., 2007.** La culture de la tomate. Ed Arrtémis. 95p
- REY Y. et COSTES C., 1965.** La physiologie de la tomate, étude bibliographique. INRA.111p.
- Rotem J., 1994.** The genus *Alternaria*, biology and pathogenicity. APS Press, ST Paul, Minnesota 326 pp.
- Schultz. T.P., Nicholas. D., 2000.** Naturally durable heartwood: évidence for the proposed dual défensive function of the extractives. *Phytochemistry*, 54, p.p. 47-52
- Shankara, J., 2005.** Recombinant glutathione –S- transterase a major allergen form alternaria clinical use allergy patient. *Molecular Immonology* .43 (12) : 1927-1932.
- Shankara, Naika, ; Van, ; Lidit , De Jeudi, Mardja ,Martin ;2005 :** La culture de la tomate production, transformation et commercialisation,6,18,19 ;p20
- Simmons EG., 1999.** *Alternaria* themes and variations (236-243). Hos-spécifique toxin producer *Mycotaxon*. 7 : 325-69
- Snoussi S A., 2010.** Étude de base sur la Tomate en Algérie. Rapport de mission. FAO. Rome. 53p  
*Solanaceae, Mycofaxon*, p 75, 1-115.
- Verma N., Verma S., 2010.** *Alternaria* diseases of Vegetable Crop and New Approaches for its Control. *Asian Journal of Experienatl Biological Sciences*. 1: 681-692.
- Zheng H.H, Zhao J., WangT.Y. and Wu X.H..et al., 2015.** Characterization of *Alternaria* species associated with potato foliar diseases in China. *Plant Pathology* (2015) 64, 425–433

### Webography

<http://ephytia.inra.fr/fr/C/5181/Tomate-Asphyxie-racinaire>

<http://ephytia.inra.fr/fr/C/4988/Tomate-Alterations-chancres-sur-tige-debutant-souvent-a-partir-des-plaies-de-taille>

<https://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/botanique-tomate-reine-legumes-fruits-1675/page/3/>

<https://www.aurefugedesgraines.com/tomate-culture-origine-plantation/>

<http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/Fruits/tomate.htm>

<https://jardinage.lemonde.fr/dossier-745-semer-tomates.html>

<https://parlonsscience.ca/ressources-pedagogiques/documents-dinformation/cycle-de-vie-dun-plant-de-tomate>

<http://www.hortitecnews.com/bien-connaître-tuta-absoluta-mieux-combattre/>

## Références bibliographiques

---

<http://profert.dz/fr/wp-content/uploads/2020/03/Aleurode-de-la-tomate-01>

<http://ephytia.inra.fr/fr/C/5148/Tomate-Thrips>

<http://www.omafra.gov.on.ca>

<http://www.omafra.gov.on.ca>

<http://ephytia.inra.fr/fr/C/5062/Tomate-Virus-de-la-mosaïque-du-concombre-CMV>

<http://ephytia.inra.fr/fr/C/5066/Tomate-Virus-de-la-chlorose-de-la-tomate-ToCV>

<https://gd.eppo.int/taxon/tocv00/photos>

<http://ephytia.inra.fr/fr/C/24580/Tropileg-TSWV>

<https://www.agro.basf.fr>

<http://www.cliquedesplantes.fr>

<http://www.cliquedesplantes.fr>

<http://www.cliquedesplantes.fr>

<http://dx.doi.org/10.1016/j.crv.2017.07.010>

## **Annexe**