

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

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



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة والحياة

Département d'AGRONOMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

BOUFASSA Safaa et ZAHAF Amel

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN AGRONOMIE

Spécialité: PROTECTION DES CULTURES

THEME

Etude *in vitro* et *in vivo* du pouvoir biofongicide des extraits de co-produits des agrumes « zeste et pépins » vis-à-vis de quelques maladies cryptogamiques de la tomate « *Solanum lycopersicom L.* »

Soutenue publiquement le 03/07/2023

Devant les Jury

Présidente	Dr BOUALEM Malika	MCA U. Mostaganem
Examineur	Dr GHELAMALLAH M. Amine	MCA U. Mostaganem
Directrice de Mémoire	Dr BENOURED Fouzia	MCA U. Mostaganem

Thème réalisé au Laboratoire d'Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem

Année universitaire : 2022-2023

Remerciement

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

En second, nous tenons exprimer toute notre reconnaissance à notre directrice de mémoire, « **Mme .BENOURED Fouzia** », maître de conférences en science agronomiques à l'université Abdelhamid Ibn Badis à Mostaganem, pour son soutien ses conseils et sa guidance précieux tout au long de ce projet.

Nous adressons aussi nos remerciements aux membres de jury :

« **Dr GHELAMALLAH M. Amine** »; maître des conférences à l'université Abdelhamid Ibn Badis à Mostaganem, d'avoir bien voulu accepter de présider ce jury.

« **Dr BOUALEM Malika** »; maître des conférences à l'université Abdelhamid Ibn Badis à Mostaganem et chef de département d'agronomie d'abord pour toutes les facilités accordées et pour l'intérêt qu'elle a porté à notre recherche en acceptant de juger notre travail et de l'enrichir par ses propositions .

Nous remercions également très vivement « **M.Begnouna Noureddine** » enseignant vacataire et doctorant en sciences agronomiques pour son aide, sa disponibilité et ses conseils.

Nous tenons à remercier également « **Dr SAIAH Farida** » chef de parcours protection des cultures, pour sa gentillesse et sa merveille bienséance pendant les cinq ans d'étude.

Nous tenons aussi à exprimer tout notre respect et nos vifs remerciements aux ingénieurs de laboratoire de microbiologie1 « **Mme Lazreg Hafida** » et de biochimie 1 « **Mme Karima** », qui n'ont pas hésité à répondre à toutes nos questions.

Enfin, nos remerciements vont également à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

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

Je dédie ce modeste travail à :

« Mon père / ma mère » et mon mari « HAMA Hadj »

« Ma grand-mère et mon grand-père »

.Mes sœurs « kheira » « fatima » « Touta » « Halima » et mes frères « abdallah » « mohamede
elamine » « adelhadj »

Le père de mon mari et la mère de mon mari.

Mes tantes paternelle « Halima » et « Hadria » et mon oncles « kada » « Bendhaiba » «abdallah » «
snouci »

Mes chères amies « Djamila » « Hadjer » « Safaa » « Kheira » « Amani » « Fatima » «Hanane B »
« Kheira CH »

Merci beaucoup mes meilleures d'être toujours devant moi

Amel

Dédicace

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

Avec mes sentiments de gratitude les plus profonds, Je dédie ce modeste travail à :

Ma très chère grand-mère « Khadîdja OMRANI »

Mes super héros (mes oncles) « Menouar, Ali et Smain BENAMAR »

Ma source de vie (ma très chère mère)

Mon cher père « El Hadj Belmekki »

Sans eux je n'ai pas pu être ce que je suis, en reconnaissance de leurs efforts, leurs amours et leurs encouragements durant toutes mes études et mes recherches.

Mon frère « Ilyess » et ma petite sœur « Fatima Zahra »

Mes meilleures sœurs de ma famille « Sarah, Khadîdja et Marwa »

Qu'elles sont toujours à mes côtés

Ma chère proche qui m'a vraiment aidé dans cette difficile période « Derifa KADOUCHE »

La meilleure pour la fin, À ma chère binôme « Amel ZAHAF » ma supporté tout au long d'année et accepté d'être avec moi

Et tous mes amis de près et loin.

Safaa

Résumé :

La tomate fait partie des variétés les plus étudiées de part son importance économique et alimentaire et son exposition à de nombreux agents pathogènes. Les produits utilisés pour la protection des cultures et des productions agricoles et agroalimentaires se sont révélés dangereux pour l'environnement et la santé publique. L'objectif de notre travail était de trouver des alternatives biologiques pour la lutte contre les agents pathogènes. Les extraits d'agrumes *Citrus aurantium* (L) (Bigarade), *Citrus maxima* (L) (Pamplemousse), *Citrus limon* (L) (Citronniers) ont été obtenus par extraction assistée par micro-ondes à différentes durées et à différentes puissances. L'action biofongicide des extraits aromatiques des agrumes a montré *in vitro* son efficacité sur la croissance mycélienne de l'agent phytopathogène *Botrytis cinerea*, ainsi que son efficacité sur la sporulation d'*Alternaria alternata* et *Fusarium oxysporum*, en l'occurrence les extraits d'agrumes n'avaient aucune efficacité sur la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum*. De l'autre côté les tests de traitement préventif des extraits d'agrumes appliqués *in vivo* sur les plantules et les feuilles détachées nous ont permis de montrer l'efficacité de l'extrait du zeste de Pamplemousse (Pm6W_100') sur les feuilles détachées atteintes de la pourriture grise (*Botrytis cinerea*) induite au laboratoire. Les résultats obtenus lors de ce projet sont encourageants pour explorer l'action biofongicide des extraits d'agrumes sur les phytopathogènes de la tomate ainsi que d'autres types de légumes et fruits.

Mots clés : Tomate, Agrumes, *Citrus*, Bigarade, Pamplemousse, Biofongicide, *Fusarium*, *Alternaria*, *Botrytis*, Microondes.

Abstract

The tomato is one of the most studied varieties due to its economic and food importance and its exposure to many pathogens. The products used for the protection of crops and agricultural and agri-food production have proven to be dangerous for the environment and public health. The objective of our work was to find biological alternatives to fight against pathogens. The extracts of *Citrus aurantium* (L) (Bitter Orange), *Citrus maxima* (L)(Grapefruit), *Citrus lemon* (L) (Lemon) were obtained by microwave extraction at different times and at different powers. The biofungicidal action of the aromatic extracts of Citrus fruits has shown in vitro its effectiveness on the mycelial growth of the phytopathogenic agent *Botrytis cinerea*, as well as its effectiveness on the sporulation of *Alternaria alternata* and *Fusarium oxysporum*. On the other hand, the preventive treatment tests of citrus extracts on the seedlings and the detached leaves in vivo enabled us to show the effectiveness of the Grapefruit zest extract (6W_100') on the detached leaves affected by gray rot (*Botrytis cinerea*). The results obtained during this project are encouraging to explore the biofungicidal action of citrus extracts on phytopathogens of tomato as well as other types of vegetables and fruits.

Keywords: Tomato, Citrus, Bitter orange, Grapefruit, Lemon, Biofungicidal, *Fusarium*,

Alternaria, *Botrytis*, extraction, microwave.

ملخص

الطماطم من أكثر النوعيات التي تمت دراستها نظرًا لأهميتها الاقتصادية والغذائية وتعرضها للعديد من الأمراض. حيث أثبتت المنتجات المستخدمة لحماية الإنتاج الغذائي والزراعي أن هاته الأمراض خطيرة على البيئة والصحة العامة. إذا الهدف من عملنا هو إيجاد بدائل بيولوجية لمحاربة مسببات الأمراض ومخاطرها. ولهذا اخترنا الحمضيات كبديل طبيعية. وتم الحصول عليها عن طريق تقنية الميكروويف في أوقات مختلفة وبقوى مختلفة. أظهر تأثير المبيدات الحيوية للمستخلصات العطرية لثمار الحمضيات في المختبر فعاليته في منع النمو الفطري لعامل اللفحة المبكرة والعفن الرمادي، بينما مكننا اختبارات العلاج الوقائي لمستخلصات الحمضيات على اوراق الطماطم المتأثرة بالعفن الرمادي من إظهار فعالية مستخلص قشور الحمضيات بضغط 600 واط لمدة 100 ثانية. النتائج التي تم الحصول عليها خلال هذا المشروع مشجعة لاستكشاف تأثير مبيدات الفطريات الحيوية لمستخلصات الحمضيات على مسببات الأمراض النباتية في الطماطم وكذلك أنواع أخرى من الخضار والفواكه.

الكلمات المفتاحية: الطماطم، الحمضيات، البرتقال المر، Pamplemousse، الليمون، مبيدات الفطريات الحيوية

مسببات الأمراض، الفيوزاريوم، البديل، بوتر يتيس، الميكروويف.

Table des matières

TABLE DES MATIERES	-----	
INTRODUCTION GENERALE	-----	1
INTRODUCTION	-----	1
PARTIES BIBLIOGRAPHIES	-----	3
CHAPITRE 1	-----	4
GENERALITES SUR LA TOMATE	-----	4
□ GENERALITES SUR LA TOMATE	-----	3
.1 ORIGINE ET EXTENSION DE LA TOMATE	-----	3
.2 CLASSIFICATION	-----	4
.3 DESCRIPTION	-----	4
.4 CYCLE PHENOLOGIQUE DE LA TOMATE	-----	5
.5 EXIGENCES DE LA CULTURE	-----	6
.5.1 <i>Exigences climatiques</i>	-----	7
.5.2 <i>Exigences pédologiques :</i>	-----	7
.5.3 <i>Exigences hydriques :</i>	-----	8
□ UTILISATION DE LA TOMATE	-----	8
□ IMPORTANCE NUTRITIONNELLE	-----	8
□ IMPORTANCE ECONOMIQUE	-----	8
.1 LA PRODUCTION DE LA TOMATE DANS LE MONDE	-----	8
.2 EN ALGERIE	-----	9
.3 À MOSTAGANEM	-----	10
□ LES MALADIES ET LES RAVAGEURS DE LA TOMATE	-----	10
.1 LES MALADIES CRYPTOLOGAMIQUES	-----	10
.1.1 <i>Le Mildiou</i>	-----	10
.1.2 <i>L'Alternariose</i>	-----	11
.1.3 <i>Fusariose</i>	-----	11
.1.4 <i>Verticilliose</i>	-----	12

.1.5	<i>La pourriture grise</i>	12
.2	LES MALADIES BACTERIENNES	12
.2.1	<i>Chancre bactérien</i>	12
.2.2	<i>La moucheture bactérienne</i>	12
.2.3	<i>La gale bactérienne</i>	12
.3	LES MALADIES VIRALES	13
.4	LES PRINCIPAUX RAVAGEURS DE TOMATE	13
.4.1	<i>La mineuse de la tomate (Tuta absoluta)</i>	13
.4.2	<i>La mouche mineuse</i>	13
.4.3	<i>Le puceron</i>	13
.4.4	<i>Les nématodes à galle</i>	13
.4.5	<i>La Phytotoxicité</i>	14
.4.6	<i>La carence de Fer</i>	15
.4.7	<i>La carence en calcium</i>	15
	CHAPITRE 2	3
	LA FUSARIOSE	3
	□ DEFINITION GENERALE DE FUSARIUM OXYSPOURUM	16
.1	CLASSIFICATION	16
.2	GAMME D'HOTES	17
.3	BIOLOGIE DE LA FUSARIOSE	17
.4	CONDITIONS FAVORABLES AU DEVELOPPEMENT DE <i>FUSARUIM OXYSPOURUM</i>	17
.5	SYMPTOMES ET DEGATS	18
.6	CYCLE DE VIE	19
.6.1	<i>Lutte contre la fusariose</i>	20
.6.1.1	Lutte physique	20
.6.1.2	Lutte biologique	21
.6.1.3	Lutte chimique	21
.7	TOXICITE DES PRODUITS CHIMIQUES	21

.7.1 Effets sur la santé humaine	21
.7.2 Effets sur l'environnement	22
CHAPITRE 3	17
LES AGRUMES	17
□ GENERALITES DES AGRUMES	22
□ LA MORPHOLOGIE DES AGRUMES	23
.1 LA PARTIE SOUS-TERRIENNE	23
.1.1 Les racines :	23
.1.2 La partie aérienne	23
□ CYCLE BIOLOGIQUE DU <i>CITRUS</i>	24
□ LA CLASSIFICATION DES AGRUMES ET LES GENRES DE <i>CITRUS</i>	25
□ COMPOSITION CHIMIQUE	27
.1 COMPOSITION DE ZESTE	27
.2 COMPOSITION DE PEPINS	28
□ LA PRODUCTION DES AGRUMES	28
.1 DANS LE MONDE :	28
.2 EN ALGERIE	29
□ L'IMPORTANCE ECONOMIQUE DES AGRUMES	29
□ VALORISATION DES SOUS-PRODUITS DES AGRUMES	29
PARTIE EXPERIMENTALE	23
CHAPITRE 1	24
MATERIEL ET METHODES	24
□ OBJECTIF	30
□ MATERIEL BIOLOGIQUE	30
.1 PLANTES AROMATIQUES	30
.2 LA PLANTE HOTE	31
□ ISOLEMENT DES AGENTS PHYTOPATHOGENES	31
□ PREPARATION DES EXTRAITS AROMATIQUES	32
□ EVALUATION DU POUVOIR BIO-FONGICIDE <i>IN VITRO</i>	33
□ EVALUATION DU POUVOIR BIO-FONGICIDE <i>IN VIVO</i> SUR LE PATOSYSTEME TOMATE/FUSARIOSE :	34
.1 PREPARATION DES PLANTULES	34

.2	PREPARATION DE LA SUSPENSION SPORALE-----	35
.3	TRAITEMENT PREVENTIF PAR TREMPAGE RACINAIRE-----	36
.3.1	Traitement préventif de l'extrait sur feuilles détachées -----	38
	CHAPITRE2 -----	31
	RESULTATS ET DISCUSSION -----	31
□	IDENTIFICATION DES ISOLATS -----	39
□	ACTIVITE ANTIFONGIQUE DES EXTRAITS ETUDIES <i>IN VITRO</i> -----	40
.1	POUVOIR BIO-FONGICIDE DES EXTRAITS D'AGRUMES VIS-A-VIS D' <i>ALTERNARIA ALTERNATA</i> ---	41
.2	POUVOIR BIO-FONGICIDE DES EXTRAITS D'AGRUMES VIS-A-VIS <i>BOTRYTIS CINEREA</i> :-----	45
.3	POUVOIR BIO-FONGICIDE DES EXTRAITS D'AGRUMES VIS-A-VIS <i>FUSARIUM OXYSPORUM</i> :-----	49
.3.1	Pour la croissance mycélienne -----	49
.3.2	Pouvoir anti sporulant sur <i>Fusarium oxysporum</i> -----	53
.4	POUVOIR DE L'EXTRAIT DE LA FORMULE EF3 ET LA PRODUIT CHIMIQUE (AZOXYSTROBINE) SUR LA CROISSANCE MYCELIENNE DES TROIS ISOLATS.-----	55
3.	EVALUATION DE L'EFFICACITE ANTIFONGIQUE <i>IN VIVO</i> DE DIFFERENTS TRAITEMENTS SUR L'AGRESSIVITE DE <i>FUSARIUM OXYSPORUM</i>-----	56
4.	EVALUATION DE L'EFFICACITE ANTIFONGIQUE <i>IN VIVO</i> DES DIFFERENTS TRAITEMENTS SUR L'AGRESSIVITE DE <i>BOTRYTIS CINEREA</i> SUR LES FEUILLES DETACHEES :-----	56
	DISCUSSION -----	56
	CONCLUSION GENERALE -----	40
	CONCLUSION -----	58

Liste des Figures

Figure 1: répartition et production de la tomate dans le monde	3
Figure 2 : schéma représentant le cycle de croissance d'une plante de tomate.....	6
Figure 3 : production de tomates fraîches dans le monde entre 1994 et 2021	9
Figure 4 : production de tomates fraîches en algérie entre 1994 et 2021.....	10
Figure 5 : la maladie du mildiou sur une feuille de tomate	11
Figure 6 : la maladie de l'alternariose sur une feuille de tomate.....	11
Figure 7: des racines de la tomate infectées par des nématodes a galle.....	14
Figure 8 : dégât de la phytotoxicité sur une feuille de tomate	14
Figure 9 : l'effet de la carence de fer sur une feuille de la tomate	15
Figure 10: l'effet de la carence de calcium qui provoque un éclatement du fruit de la tomate	15
Figure 11: cycle de vie de l'agent phytopathogène <i>fusarium oxysporum</i>	20
Figure 12 : origines et répartition des principales espèces d'agrumes dans le monde	22
Figure 13: la production de fruit des agrumes dans le monde par région	28
Figure 14 : la production d'agrumes en algérie.....	29
Figure 15: traitements et valorisation des différents déchets des agrumes	30
Figure 16 : zestes de différentes variétés de <i>citrus</i> utilisé dans cette etude.....	30
Figure 17 : plants de tomate de la variété oscar gonthier de cinq semaines	31
Figure 18 : microondes utilisé pour la préparation des extraits aromatiques.....	32
Figure 19 : effet bio-fongicide des extraits de pépins sur la croissance mycélienne <i>d'alternaria alternata</i>	41
Figure 20: effet bio-fongicide des zestes sur la croissance mycélienne <i>d'alternaria alternata</i>	42
Figure 21: effet bio-fongicide des extraits de pépins sur la croissance mycélienne de <i>botrytis cinerea</i>	45
Figure 22: effet bio-fongicide des extraits de zestes sur la croissance mycélienne de <i>fusarium</i>	49
Figure 23 : effet bio-fongicide des extraits pépins sur la croissance mycélienne de <i>fusarium</i>	50
Figure 24 : effet des bio-fongicide de pépins sur la sporulation de <i>fusarium</i>	54
Figure 25 : effet des bio-fongicide de zestes sur la sporulation de <i>fusarium</i>	54

Figure 26 : résultat des feuilles détachées traité précédemment par différent traitement, inoculé par l'isolat de *botrytis cinerea*.57

Liste des Planches

Planche 1 : Représentation des différentes parties de la tomate	5
Planche 2 : Symptômes de <i>Fusarium oxysporum</i> sur différentes parties de la tomate	18
Planche 3 : Les genres de <i>citrus</i> : pépins et fruit de bigarade, pépins et fruit de pamplemousse, pépins et fruit de citron	26
Planche 4 : Les étapes d'isolement : Désinfection les fragments d'échantillon de la tomate.....	32
Planche 5 : Les différentes étapes du test d'évaluation de l'activité bio-fongicide <i>in vitro</i>	34
Planche 6 : Les étapes de la préparation de la suspension sporale de l'isolat <i>Fusarium oxysporum</i>	35
Planche 7 : Protocol de la réalisation du traitement preventive par trempage racinaire test <i>in vivo</i>	37
Planche 8 : Traitement <i>in vivo</i> sur les feuilles détachées de la tomate.....	38
Planche 9 : Observation macroscopique et microscopique des trois champignons,	40
Planche 10 : Le résultat de test <i>in vivo</i> ,.....	54

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Identification microscopique des champignons.....	39
Tableau 2 : Effet des extraits de pépins sur la croissance d' <i>Alternaria alternata</i>	41
Tableau 3 : effet des extraits de zestes des agrumes sur la croissance mycélienne d' <i>Alternaria</i>	42
Tableau 4 : Effet de extraits de pépins sur la croissance mycélienne <i>Botrytis cinerea</i>	43
Tableau 5 : Effet des extraits de zestes des agrumes sur la croissance mycélienne <i>Botrytis cinerea</i>	46
Tableau 6 : Effet bio-fongique des extraits de zestes sur la croissance mycélienne de la souche de <i>Fusarium</i>	47
Tableau 7 : Effet bio-fongique des extraits de zestes sur la croissance mycélienne de la souche de <i>Fusarium</i>	49
Tableau 8 : Effet de la formule EF3 et le pesticide chimique (Azoxystrobine) sur la croissance mycélienne des trois isolats.....	50

Liste des abréviations

D.S.A: Direction des Services Agricoles

F.A.O: Organisation des Nations Unies de l'Agriculture et de l'Alimentation.

I.N.R.A: Institut National de Recherches Agricole.

MADR: Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural

Pm: pamplemousse

Bg: bigarade

Cit: citron

EF3: extrait formule 3

EF2: extrait formule 2

TNT: témoin non traité

TI: témoin non inoculé

P.Ch: produit chimique

Introduction générale

Introduction

La production agroalimentaire fait partie des industries les plus importantes d'un point de vue alimentaire et économique, c'est un facteur essentiel à la sécurité alimentaire ainsi que la croissance économique, en 2018 elle représentait 4% du Produit Intérieur Brut « PIB » mondial (FAOSTAT 2023). Plusieurs facteurs peuvent impacter la production agricole mais les plus importants sont les conditions météorologiques et les invasions par des agents phytopathogènes.

Les productions agroalimentaires sont exposées annuellement à des milliers d'agents pathogènes, qui causent de nombreuses maladies qui peuvent réduire les productions voir les détruire. Les agents pathogènes jouent un rôle crucial dans les productions agricoles, ils peuvent réduire la productivité et la qualité des productions, ce qui a un énorme enjeu économique mondial (Hutton and al 2021).

Dans le but de protéger les différentes productions agroalimentaires les agriculteurs utilisent différents produits pour lutter contre les agents pathogènes, la plupart des produits utilisés sont toxiques et peuvent causer de sérieux problèmes pour l'environnement et la santé publique.

Les fruits et légumes font partis des productions agroalimentaires les plus importantes, la tomate ; qui est un fruit en générale consommé comme un légume; le plus produit dans le monde ainsi qu'en Algérie après la pomme de terre. La production de la tomate a augmenté en Algérie à cause de l'explosion de l'industrie de transformation et de la conserve (la tomate d'industrie) ce que requièrent de grosses quantités de tomates (FAOSTAT 2023). La Wilaya Mostaganem fait partie des premiers producteurs de tomate au niveau national pour plusieurs raisons, la pédologie de la région ainsi que les conditions climatiques très favorables à sa production (DSA Mostaganem 2023). Cependant, cette culture est sujette à des menaces d'un large spectre d'agents pathogènes d'origine microbienne comme les bactéries, virus et les champignons, ou autres ravageurs comme les parasites, arthropodes, insectesetc. (Hutton and al 2021).

L'utilisation des produits phytosanitaire en agriculture a explosée ces dernières années dans le but de remplacer les produits chimiques et d'éviter leurs conséquences néfastes pour le consommateur et l'environnement. Notre projet a pour objectif de produire un produit

Introduction générale

phytosanitaire à action bio fongicide d'origine phytochimique sans risque pour le consommateur ni l'environnement.

L'expérimentation est divisée en deux parties, une étude *in vitro* de l'activité antifongique sur trois isolats ; *Fusarium.oxysprm*, *Botrytis cinerea* et *Alternaria alternata*. Suivi par une étude *In Vivo* sur le patosystème tomate/fusariose et *in-vivo* sur folioles détachées.

Partie bibliographie

Chapitre 1

Généralités sur la tomate

- **Généralités sur la tomate**

- .1 **Origine et extension de la tomate**

La tomate est une plante annuelle herbacée appartient à la famille de solanacée (dont fait également partie les pommes de terre, les poivrons et les aubergines), originaire des Andes d'Amérique du sud. Elle fut domestiquée au Mexique, puis introduite en Europe en 1544. Sa culture s'est propagée en Asie de l'Est et du sud, en Afrique et au moyen orient, elle a été introduite par la suite en Chine, au Japon et dans d'autres régions de l'Amérique du Nord, et aujourd'hui elle est cultivée partout dans le monde (Naika et *al.* ;2005)

Les cultivateurs du sud de l'Espagne ont introduit la tomate en Algérie, ils la cultivaient aux conditions climatiques qui lui sont favorables, la consommation de la tomate en Algérie a commencé dans la région d'Oran en 1905, et elle s'étendit par la suite vers le centre, notamment au littoral Algérois (Latigui, 1984).

Aujourd'hui, la tomate est un fruit en générale consommé comme un légume est le deuxième légume, après la pomme de terre le plus consommé au monde, les deux sont regroupés dans la même famille ; les solanacées. (Gallais et Bannerot, 1992)



Figure 01: Répartition et production de la tomate dans le monde selon FAO STAT, 2019

.2 Classification

La tomate appartient à la famille de solanacée qui englobe une centaine de genres, la tomate fait parti du genre *Solanum* et l'espèce *lycopersicum* qui compte plusieurs variétés, selon la classification de Cronquist, 1981 et Gaussen et al., 1982 la tomate est classé comme suit:

Règne: Plantae

Sous règne: Trachnobionta

Embranchement: Magnoliophyta

Classe: Magnoliopsida

Sous classe : Asteridae

Ordre : Solanales

Famille : Solanaceae

Genre Solanum

Espèce : *Solanum lycopersicum*

.3 Description

La tomate est une plante herbacée composée de plusieurs parties : les racines, la tige, les feuilles, les fleurs et les graines. Pour la partie sous terrain, un important système racinaire pivotant très ramifié jusqu'à une profondeur de 50 cm ou plus (Ziri, 2011). La tige est le port de croissance de la plante, pousse jusqu'à une longueur de 2 m. Elle est pleine, fortement poilue et glandulaire (Wageningen, 2005). Les feuilles sont de couleur jaunâtre, alterne et composées de 5 à 7 folioles ovales (Naika al 2005), la plante produit 7 à 14 feuilles avant floraison; les fleurs sont hermaphrodite et groupées en bouquet de 3 à 8 fleurs, elles sont composées de 05 sépales de couleur jaune, 05 pétales, et 05 étamine et deux carpelles (Reeves, 1973), cette fleur donne un fruit charnu en forme de grosses baies charnues, ils peuvent être arrondie, ovale ou globulaire, le nombre de graine dans un fruit varie de 50 à 350 graines. (Naika et al., 2005)

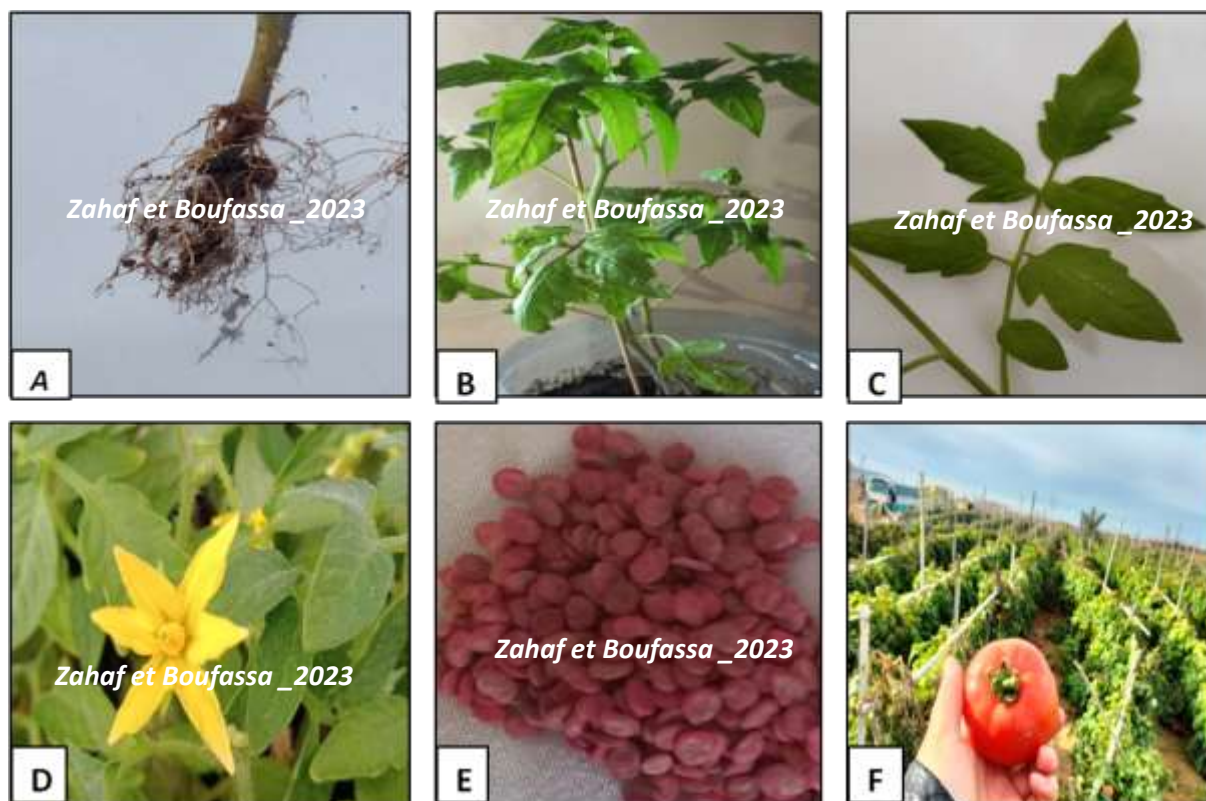


Planche 1 : Représentation des différentes parties de la tomate : racines (A), tige (B), feuilles (C), fleur (D), graines (E), fruits (F) (Original 2023)

.4 Cycle phénologique de la tomate

La tomate appartient aux angiospermes, elle se reproduit sexuellement et la durée du cycle de vie est très variable en fonction des conditions de culture, elle s'étend en moyenne de 90 à 120 jours du semis jusqu'à la dernière récolte, le cycle de vie de la tomate passe par quatre phases (Figure 02) (Gallais et Bannerot, 1992)

- **La germination** : Cette phase est caractérisée par la germination des graines quand les conditions optimales de germination sont atteintes (température, pH du sol, humidité etc.), elle dure à peu près entre 6 à 8 jours.
- **La croissance** : C'est la phase durant laquelle la plante développe sa partie racinaire et aérienne, la durée de cette phase varie en fonction des différentes variétés de tomates semis ainsi que les conditions de culture (climatiques, pédologique, hydriques...).

- **La floraison :** Cette phase dépend des conditions de culture de la plante et particulièrement de la période de luminosité et la température, quand les conditions sont favorables les fleurs commencent à apparaître et se prépare à la pollinisation qui dépend de certains nombres de paramètres (le vent, les insectes ... etc)
- **La fructification :** Durant cette phase les fleurs se développent en fruit, la température est un paramètre très important, elle orchestre le développement de la fleur en fruit ainsi que la maturation pendant laquelle le fruit commence à grossir et à changer de couleur jusqu'à maturation.

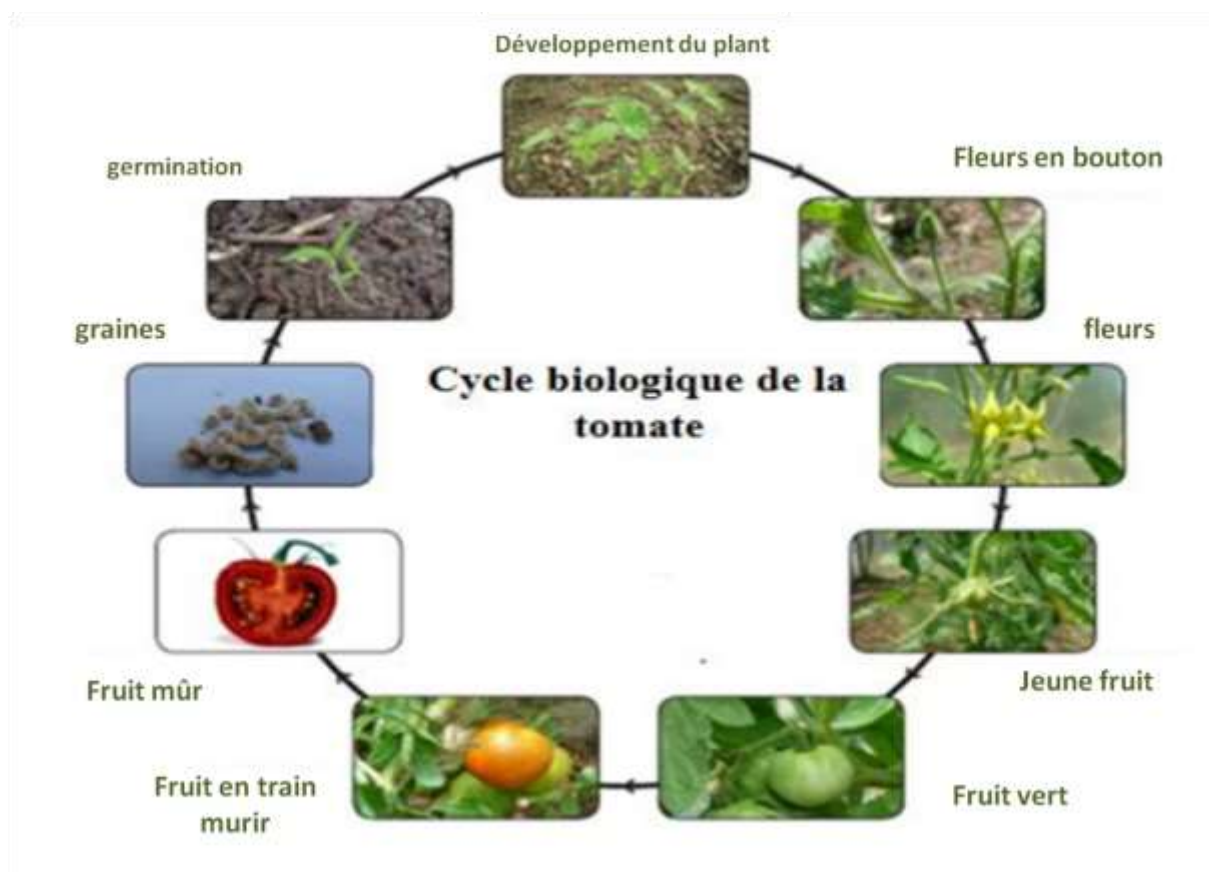


Figure 02 : Schéma représentant le cycle de croissance d'une plante de tomate (Viron, N., 2010)

.5 Exigences de la culture

La tomate est une plante sensible aux changements détectés dans son environnement, ces changements peuvent affecter le cycle biologique de la tomate et menacer la survie de la plante.

.5.1 Exigences climatiques

a. La température :

La tomate est une plante des régions chaudes, la température optimale pour sa croissance est de 18°C à 25°C pendant la journée et de 15°C à 16°C pendant la nuit, selon Lambert (2006) la formation des organes florales et la floraison s'arrêtent à une température au-dessous de 10°C, et au-dessus de 38°C les tissus des plantes seront endommagés (Naika et *al.* 2005).

b. La 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, 2002).

c. L'humidité :

La tomate est une plante très sensible à l'hygrométrie. Elle ne tolère pas les sols engorgés ni l'humidité élevée (plus de 80%). 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). Il est essentiel de prévoir un apport d'eau suffisant pendant la fructification, le stress causé par une carence d'eau et durant des longues périodes fait tomber les bourgeons et les fleurs et provoque le fendillement des fruits (Munro et *al.* 1998).

.5.2 Exigences pédologiques :

a. Type de sol :

La Tomate se cultive dans presque tous les sols, depuis les terrains d'alluvions jusqu'aux terres argileuses les plus lourdes. Cependant nous dirons que les sols légers, perméables, meubles et riches en humus lui conviennent particulièrement bien (Lambert, 2006).

b. PH du sol

La culture de tomate tolère une large gamme de PH mais préfère un sol légèrement acide ($5,8 < \text{pH} < 6,8$). (Naika et *al.*, 2005).

.5.3 Exigences hydriques :

Selon Chauv et Foury (1994), l'hygrométrie durant la phase végétative doit être maintenue à 70-80% au-delà de cette humidité, cas assez fréquent dans les abris plastiques, les risques des maladies cryptogamiques augmentent.

- **Utilisation de la tomate**

La tomate peut être consommée fraîche crue ou cuite ou en fruit transformés. La tomate a connu de nombreux débouchés ces dernières décennies avec l'explosion de l'industrie de transformation, la tomate est transformée industriellement en plusieurs produits comme les concentrés de tomate, les tomates concassées, les tomates pelées, les jus de tomate, les sauces, les condiments ...etc. (Polese, 2007).

- **Importance nutritionnelle**

La tomate est un légume-fruit qui joue un rôle très important dans notre équilibre alimentaire, elle regorge d'atouts nutritionnels. Elle contient beaucoup d'eau, c'est un puissant antioxydant, elle est riche en vitamines (vitamine C et vitamine A) et en minéraux principalement le Potassium et le Magnésium, elle est riche en fibres, elle joue un rôle de protection de l'organisme et stimule la digestion (Morard, 2013)

- **Importance économique**

.1 La production de la tomate dans le monde

La production de la tomate s'est répandue dans tous les pays du monde, sa production est en augmentation depuis plusieurs années, c'est le deuxième légume produit dans le monde avec une production d'à peu près 189 million de tonnes en 2021, les principaux pays producteurs sont la Chine, l'Inde, la Turquie et les Etats Unis d'Amérique (Figure 03) (FAO STAT, 2023).

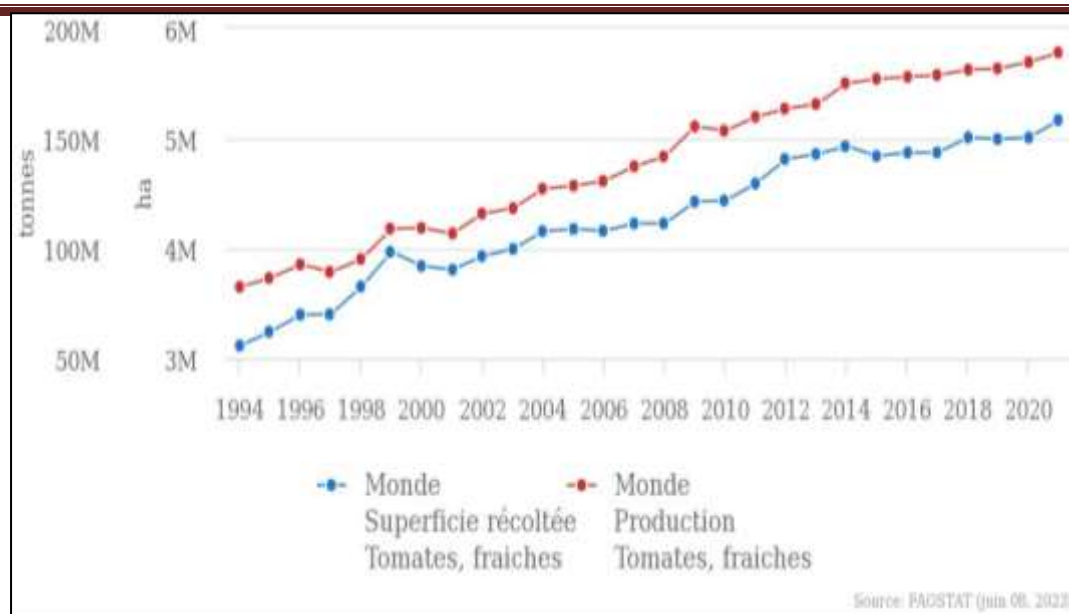


Figure 03: Production de tomates fraîches dans le monde entre 1994 et 2021 (FAOSTAT 2023)

.2 En Algérie

La production nationale de la tomate fraîche s'est établie à 1 Millions 600 de tonnes en 2021 (Figure 04) (FAOSTAT, 2023). Les plus grandes wilayas productrices de la tomate fraîche sont Biskra, Mostaganem, Tipaza et Ain Defla. Outre la tomate fraîche, la production de la tomate industrielle (destinée à la transformation) a été de 15,4 Millions de qx durant la campagne 2017-2018, avec un rendement de 651 qx/ha. Les plus grandes wilayas productrices de la tomate industrielle sont Skikda avec une production de 4,7 Millions de qx, Taref avec 3,5 Millions de qx, Guelma avec 2,1 Millions de qx et Ain Defla avec 1,7 million de qx MADR (2018).

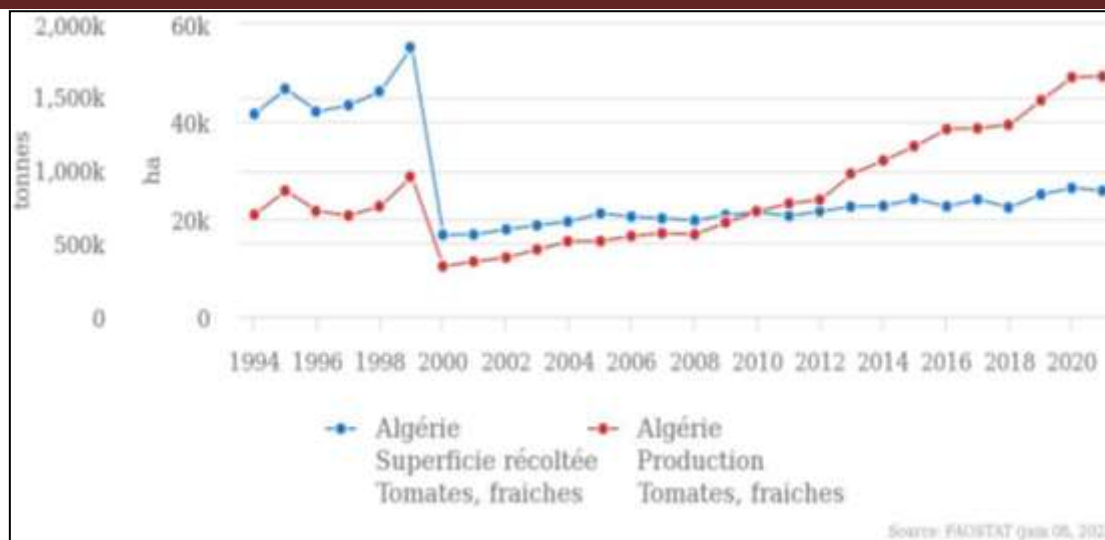


Figure 04 : Production de tomates fraîches en Algérie entre 1994 et 2021 (FAOSTAT 2023)

.3 À Mostaganem

Selon les statistiques de la Direction des Services Agricoles « DSA », la wilaya de Mostaganem est classée parmi les premiers producteurs de tomate en Algérie, cette wilaya enregistrée une production de 1,33 millions de qx sur une superficie de 2 438,5ha, on distingue que la culture de tomate occupe une place très importante dans la production maraichère sur le plan de la superficie et par conséquent sur la production. (DSA de Mostaganem 2022).

- Les maladies et les ravageurs de la tomate

La tomate peut être attaquée par plusieurs bio agresseurs, d'origine microbienne (bactéries, virus), des champignons, des ravageurs (arthropodes, des nématodes, insectes etc.), en addition des maladies causées par des bio agresseurs la tomate est susceptible d'avoir des maladies d'origine non parasitaires dû à une carence d'un élément nutritif par exemple.

Les principales maladies de la tomate sont classées ci-dessous :

.1 Les maladies cryptogamiques

.1.1 Le Mildiou

C'est une maladie causée par *Phytophthora infestans*, c'est un champignon phytopathogène répandu dans toutes les régions du monde et particulièrement dans les régions à condition climatique fraîches et humides. Parmi les symptômes de la maladie est

l'apparition de grandes taches brunes sur les feuilles et les tiges (Figure 05) (Naika et *al.*, 2005).



Figure 05 :La maladie du Mildiou sur une feuille de tomate (originale 2022)

.1.2 L'Alternariose

Cette maladie est causée par *Alternaria alternata*, c'est un champignon phytopathogène qui peut dévaster les cultures de tomates, parmi ses symptômes l'apparition des taches noirâtres sur les feuilles, des taches chancreuses sur les tiges et des nécroses sur les fruits (Figure 06) (Senoussi, 2010).



Figure 06: La maladie de l'Alternariose sur une feuille de tomate (originale 2022)

.1.3 Fusariose

Cette maladie est causée par deux champignons, la pourriture du système racinaire causé par *Fusarium oxysporum f. sp. radicis-lycopersici* (FORL) et la flétrissure fusarienne causé par *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*, ce sont les telluriques les plus agressifs de la culture, il peut causer des dégâts sur le système vasculaire (Hibar et *al.*2006). Parmi les

symptômes de *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* le flétrissement des feuilles avec brunissement des vaisseaux et pourriture des racines unilatérale suivi de dessèchement des feuilles de la base. (SNOUSSI, 2010)

.1.4 Verticilliose

Elle est causée par deux champignon *verticillium dahlia* et *verticillium albo-atrum*, cette maladie peut attaquer la partie aérienne et se manifeste au niveau des feuilles inférieures vers la partie supérieure (Dobinson et al., 1998). Parmi les symptômes de la verticilliose le flétrissement accompagné d'un jaunissement et dessèchement des feuilles de la base. (SNOUSSI, 2010)

.1.5 La pourriture grise

Cette maladie est causée par le champignon *Botrytis cinerea*, elle se manifeste pendant les périodes humides. Il peut causer l'apparition de taches brunâtres sur toutes les parties de la plante (les feuilles, les fruits, la tige, les fleurs). Et généralement elle entraîne le pourrissement des tissus infectés. (Williamson et al., 2007).

.2 Les maladies bactériennes

.2.1 Chancre bactérien

C'est une maladie causée par *clavibacter michiganense sub.michiganensis* cette maladie attaque les tissus vasculaires qui se traduit par un flétrissement et chlorose des organes aériens (Blancaerd, 2009).

.2.2 La moucheture bactérienne

C'est une maladie causée par *Pseudomonas syringae pv tomato* (Dye et al. , 1980). Parmi les symptômes de cette maladie des taches noires sur les feuilles et des taches brunes nécrotiques sur le fruit, elle provoque le dessèchement et la chute des feuilles. (Senoussi,2010)

.2.3 La gale bactérienne

C'est la bactérie phytopathogène *Xanthomonas compestris* qui est responsable de la gale bactérienne. Parmi les symptômes l'apparition de taches brunâtres entourées d'un halo jaune sur les feuilles ce qui provoque la chute des feuilles (SNOUSSI, 2010)

.3 Les maladies virales

La Virose apicale TYLCV : (Tomato Yellow Leaf Curl Virus) ou autrement dit **la maladie des feuilles jaunes en cuillère** est une maladie liée à un phytovirus du genre *Begomovirus* qui est transmis par les aleurodes du tabac *Bemisia tabaci* (Idrenmouche, 2011).

Parmi les symptômes un ralentissement de la croissance, le jaunissement et enroulement des feuilles en forme de cuillères donc les plants ne peuvent pas donner de fruits. (Blancard, 2009).

.4 Les principaux ravageurs de tomate

.4.1 La mineuse de la tomate (*Tuta absoluta*)

C'est un macrolépidoptère considéré comme le ravageur le plus important de la tomate qui cause les plus grosses pertes économiques. Ce ravageur s'attaque à la famille de solanacée. Il attaque en particulier les feuilles et les fruits, il creuse des mines sur les feuilles et sur fruit, il creuse également des galeries aux niveaux des tiges (Idrenmouche s, 2011).

.4.2 La mouche mineuse

C'est un insecte polyphage, il attaque la culture de tomate et cause des dégâts importants, il est déterminé par l'apparition des jaunissements et déformation des feuilles et brûlures sur le fruit, selon Trotin-Caudal (2011) il cause des pertes de rendements par les larves qui peuvent attaquer tous les organes aériens (tige, feuille, fruit et fleur) et y creusent des mines.

.4.3 Le puceron

Puceron sont des parasites qui attaquent la tomate, ils sont favorisés par les températures élevées et la faible humidité. Il provoque des dégâts sur la plante ; ils se nourrissent de la sève de la plante et provoquent l'enroulement des feuilles et les dépôts de fumagine et miellat, ils ont également un rôle dans la transmission de certains virus à la plante (Guide pratique, 1995).

.4.4 Les nématodes à galle

Les nématodes à galle ou Meloidogyne sont de très dangereux phytoparasites, la tomate est parmi les cultures les plus sensibles. Ils infectent les racines de la plante et provoquent des nodosités dessus ce qui entraîne le développement de la galle, cette infection peut être fatale à

la plante, elle entraîne également un ralentissement de la croissance de la plante. (Figure 07) (Naika, 2005)



Figure 07:Des racines de la tomate infectées par des nématodes à galle (original 2022)

5.4.5. Les acariens :

L'acarien le plus répandu chez la tomate est le *Tetranychus urticae*, il pique la feuille de la face inférieure et provoque son jaunissement, ces piqûres provoquent un dessèchement des feuilles (James et al 2010).

5.5. Les pathologies non parasitaires

5.4.5 La Phytotoxicité

Certaines molécules chimiques produites par les plantes peuvent avoir un effet toxique, on les appelle phytotoxiques, parmi ces molécules on trouve les composés phénoliques, composés azotés...etc. Ils peuvent être néfastes pour la plante (Figure 08)



Figure 08 : Dégât de la phytotoxicité sur une feuille de tomate (originale 2022)

La carence de Fer

Les plantes ont besoin de divers éléments nutritifs pour leur croissance, le fer est un élément essentiel pour la croissance de la plante et une carence en fer provoque un jaunissement des feuilles de la plante mais les nervures restent vertes (Figure 09)



Figure 09 : L'effet de la carence de Fer sur une feuille de la tomate (originale 2023)

La carence en calcium

Le Calcium fait partie des éléments nécessaire à la plante, en cas de carence en Calcium au cours du grossissement du fruit, on observe un éclatement des fruits (Figure 10).



Figure 10: L'effet de la carence de calcium qui provoque un éclatement du fruit de la tomate (originale 2023).

Chapitre 2

La fusariose

- **Définition générale de *Fusarium oxysporum***

Les espèces de *Fusarium* sont des champignons filamenteux cosmopolites, comprenant des pathogènes opportunistes infectant les plantes du monde entier, mais pouvant également se développer en tant que saprophytes dans diverses zones climatiques (Stepien et al., 2019). On distingue près de 40 espèces largement répandues dans la nature. Certaines sont phytopathogènes et capables de produire des dangereuses toxines. Elles sont aussi largement répandues dans le sol, en particulier le sol cultivé, et sont actives dans la décomposition de matières végétales cellulosiques. Elles sont principales causes de pourriture des fruits et des légumes et sont généralement associées aux céréales et légumineuses qu'elles envahissent généralement avant la récolte comme *F.oxysporum*. (Pitt et al. 2009 ; Stepien et al. 2019).

.1 Classification

Selon la classification de Snyder et Hansen en (1940):

Règne	Fungi
Embranchement	Thallophytes
Classe	Hyphomycètes
Ordre	Hypocreales
Famille	Tuberculariacea
Genre	Fusarium
Espèce	<i>Fusarium oxysporum</i>

.2 Gamme d'hôtes

Fusarium oxysporum est un champignon d'origine tellurique très ubiquiste, qui présente une très grande diversité génétique et écologique et qui infectent collectivement plus de 100 hôtes différents, provoquant des pertes économiques importantes chez de nombreuses plantes cultivées comme le cotonnier, le melon, la tomate, etc. Provoquant ainsi des maladies sur de nombreuses espèces végétales cultivées d'intérêt économique. (Armstrong, 1981)

.3 Biologie de la fusariose

Fusarium oxysporum vit dans tous les types de sols et s'attaque aux racines et au collet des plantes, survit dans le sol pendant plusieurs années sous la forme de chlamydospores ou de conidies, ce champignon persiste davantage dans les sols secs. La germination des chlamydospores est stimulée par des exsudats riches en éléments nutritifs provenant des racines et de la germination des semences. Ces composés sont la première source de nutriments pour les *Fusarium* jusqu'à son établissement dans la plante hôte. Cet agent phytopathogène pénètre dans les plants directement par les radicules ou par les racines blessées, principalement lors des opérations de transplantation, il serait plus virulent lorsque le champignon *Rhizoctonia solani* est présent dans le sol. (RAP- cultures ornementales en serre-).

Ce champignon pathogène entrave la diffusion de l'eau et des éléments nutritifs en obstruant les vaisseaux du xylème de la plante hôte. Ainsi, le *F. oxysporum* y produit une toxine qui est responsable des symptômes observés, ces derniers peuvent apparaître après plusieurs semaines suivant l'infection initiale. (Jones et al. 2014).

.4 Conditions favorables au développement de *Fusarium oxysporum*

Fusarium oxysporum s'attaque principalement aux plantes qui présentent des blessures ou qui subissent des stress reliés à la fertilité du substrat, un pH acide et une conductivité électrique élevée du substrat, selon la méthode d'arrosage. Une température chaude du substrat (25 à 28 °C) ou un sol froid pour des températures varie entre 18 et 20°C. Un environnement et un substrat trop humide favorise aussi le développement de la fusariose. Parmi les facteurs les plus témoignés, la dissémination des spores par les outils et les

équipements contaminés, les éclaboussures d'eau, les mouvements d'air, les travailleurs, les insectes et les plantes infectées. (Le RAP culture ornementales en serre ., 2023)

.5 Symptômes et dégâts

Fusarium oxysporum affecte un grand nombre de plantes et les symptômes peuvent prendre des formes différentes. Cet agent pathogène peut provoquer la pourriture de la tige et du collet, entraînant la flétrissure du plant, son affaissement et sa mort. Les plantes atteintes sont généralement rabougries, la floraison est moins abondante et les tissus vasculaires présentent une coloration anormale. En plus du manque de vigueur et du flétrissement de la plante, il y a parfois une apparition de symptômes sur un seul côté d'une structure de la plante (feuille, tige, collet, etc.). (Le RAP cultures ornementale en serre ., 2023).

Les symptômes observés sur les feuilles, sont généralement des jaunissements et flétrissements des feuilles inférieures de la plante. Avec la progression de la maladie apparaissent un brunissement entre les nervures, souvent sur un seul côté de la feuille. Avec une décoloration brune de tissu vasculaire de tige.

Présence d'une bande longitudinale jaune sur l'épiderme de la tige se transformant progressivement en un chancre. Une coloration brune et cortex (écorce) légèrement déprimé. Cette coloration est de couleur brun rougeâtre à brun foncé du système vasculaire qui n'est visible que si la tige est coupée longitudinalement. En plus de développement de racines adventives sur la tige dans certains cas. Sur les racines, on remarque un brunissement du système vasculaire avec pourriture des racines secondaires les plus petites. Au cours de la période de fructification, la pourriture s'étant de l'extérieur vers l'intérieur, avec une chute du fruit. (Jones et *al.* 2014) (Figure09).

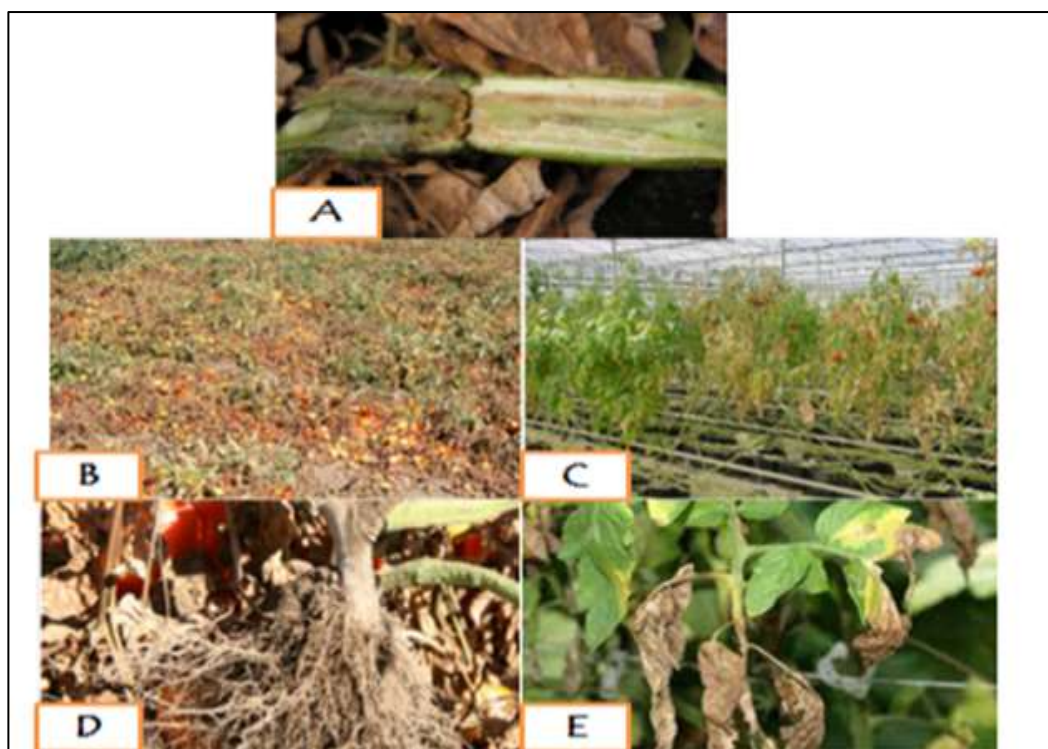


Planche 2: Symptômes de *Fusarium oxysporum* sur différentes parties de la tomate (R.M.Davis.2014) (A : sur la tige / B : sur fruit de tomate en plein champs / C : sur fruit de tomate dans la serre / D : sur les racines / E : sur les feuilles).

.6 Cycle de vie

L'agent pathogène hiverne sous la forme de mycélium, de micro- et macro conidies et de chlamydospores dans le sol (durant de longues périodes), à la surface des semences et les résidus de culture. Après la germination des chlamydospores, la dissémination des micro- et macro conidies se fait par l'eau (système d'irrigation, de drainage et de recyclage de la solution nutritive), le vent et les courants d'air, les travailleurs, le matériel agricole souillé par de la terre contaminée et les terreaux. Le champignon pénètre dans les racines et les tissus corticaux par les blessures où il va se loger dans le système vasculaire et entrave le transport de l'eau et des éléments nutritifs. Il pénètre aussi directement par les racines où émergent les racines secondaires. Les infections et le développement de la maladie se font à une température variante entre 10 et 20 °C avec un optimum entre 18 et 20 °C. Les conditions favorables au développement de la maladie sont l'azote ammoniacal, un sol saturé en eau, un pH acide et une salinité élevée. (Iris phytprotection CRAAQ2023) (Figure10).

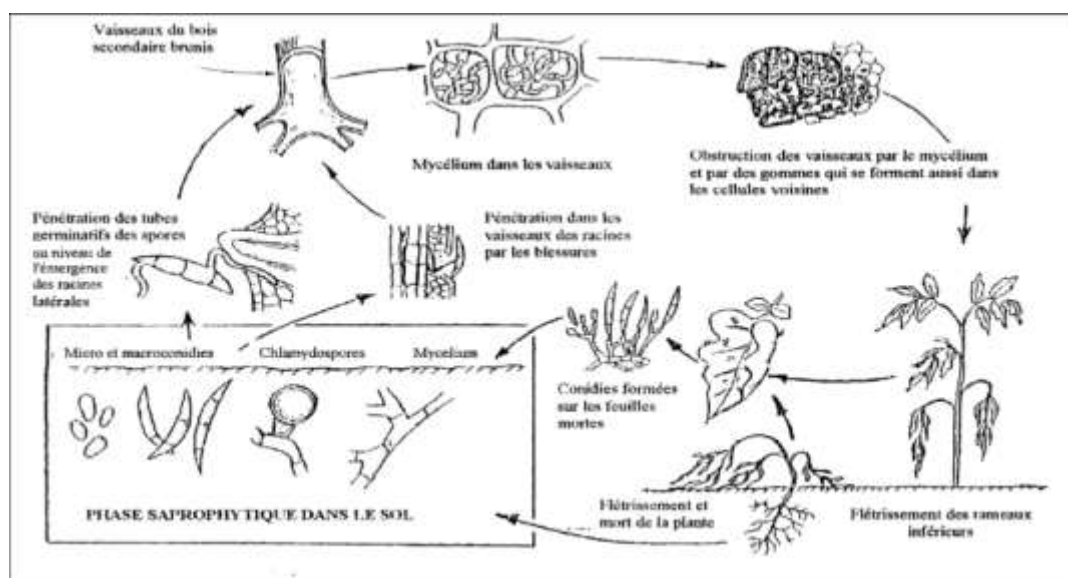


Figure 11: Cycle de vie de l'agent phytopathogène *Fusarium oxysporum* (Agrios ,2005).

.6.1 Lutte contre la fusariose

Selon la fiche technique RAP culture ornementales en serre (fusariose vasculaire) ; la lutte contre le *F.oxysporum* n'est pas facile, car ce champignon se conserve très longtemps dans les sols et les substrats, et il les recolonise très rapidement lorsque ceux-ci ont été désinfectés. Certaines mesures peuvent être appliquées pour contrer son développement ; on distingue :

.6.1.1 Lutte physique

- Employer du matériel végétal sain provenant de multiplicateurs reconnus.
- Désinfecter les surfaces de cultures, les équipements, les outils et les planchers de la serre avant la production.
- Utiliser des plateaux et des pots neufs, ou bien désinfectés.
- Utiliser des substrats bien aérés et qui se drainent bien.
- Fournir une fertilisation équilibrée favorisant un pH et une salinité adéquate.
- Éviter de laisser traîner le pommeau d'arrosage sur le sol dans la serre, il pourrait se contaminer.
- Assurer un bon espacement entre les plants.
- Éviter les stress aux plantes et les blessures aux racines.

- S'assurer que le terreau n'est pas constamment saturé d'eau.
- Utiliser des porte-greffes résistants.

.6.1.2 Lutte biologique

Utiliser des produits à base des microorganismes antagonistes qui sont homologués pour lutter contre les *Fusarium spp.*

Comme *Bacillus subtilis*, *Gliocladium catenulatum*, *Trichoderma harzianum*, *T. asperellum* et *Streptomyces griseoviridis*.

.6.1.3 Lutte chimique

Il est plus efficace de contrôler la fusariose vasculaire de manière préventive par une bonne régie de culture que par des traitements curatifs. Mais une fois le plant contaminé, il est difficile de le sauver et il faut :

- Utiliser des fongicides qui sont homologués contre *Fusarium sp* ; comme le cuivre, métalaxyl et le manèbe...etc.
- Privilégier les produits phytosanitaires à faible risque pour la santé et l'environnement.
- La désinfection des substrats de croissance à l'aide de fumigènes chimiques ou à la vapeur est un moyen de lutte efficace et pratique.

.7 Toxicité des produits chimiques

La composition des produits chimique est danger pour l'environnement et la santé humaine.

.7.1 Effets sur la santé humaine

La nature des effets des produits chimiques sur la santé dépend de plusieurs paramètres, parmi lesquels :

- ✓ caractéristiques du produit chimique concerné (toxicité, nature physique...) ;
- ✓ voies de pénétration dans l'organisme (respiratoire, cutanée ou digestive) ;
- ✓ mode d'exposition (niveau, fréquence, durée...) ;

✓ état de santé et autres expositions de la personne concernée (pathologies existantes, prise de médicaments, consommation de tabac, expositions environnementales...).

Les effets indésirables voir toxique peuvent apparaître en cas d'exposition à un produit chimique sur une brève durée (intoxication aiguë) : brûlure, irritation de la peau, démangeaison, convulsion, ébriété, perte de connaissance, coma, arrêt respiratoire, ou après des contacts répétés avec des produits chimiques, même à faibles doses, (intoxication chronique) : eczéma ou asthme, silicose, cancer (mésothéliome...), insuffisance rénale, troubles de la fertilité.

Les pathologies dues à des produits chimiques peuvent apparaître plusieurs mois ou plusieurs années après l'exposition. Dans le cas des cancers professionnels, ils peuvent apparaître 10, 20, voire 40 ans après l'exposition (INRS, 2023).

.7.2 Effets sur l'environnement

Certains pesticides chimiques peuvent avoir des conséquences néfastes sur l'environnement, un déversement massif de ces derniers endommage les milieux naturels (eau, air, sol).

Suite à une contamination, le transfert d'un contaminant d'un milieu vers un autre est responsable de la pollution des sols, puis de la nappe phréatique. Malheureusement, même à faible dose le problème persiste suite à la bioaccumulation du produit toxique ou un de ses métabolites dans l'organisme vivant. (D.E.P.S, 2001)

Parmi les conséquences de l'épandage massif il y a l'apparition de phénomène de l'accoutumance, dont l'agent pathogène acquis une résistance plus au moins marquée vis-à-vis des produits appliqués, ce qui cause une perte de rendement et des dommages économique. (Agriculture & développement rural 1/2006).

Chapitre 3

Les agrumes

- Généralités des agrumes

Les agrumes font partie des cultures de fruits les plus importantes dans le monde, ils sont originaire du Sud Est de l'Asie, ils se sont répartis par la suite grâce au développement de la domestication et l'apparition de nouvelles formes hybrides dans un peu plus de 140 pays dont la Chine, Inde, Mexique, Brésil, Espagne, Argentine et Etats Unis d'Amérique sont les plus grands producteurs (Figure 12) .

Les agrumes ont un grand intérêt économique, ils sont utilisés en large échelle dans l'industrie pharmaceutique, cosmétique, alimentaire, en médecine traditionnelle, et les boissons (Rao et *al.*, 2021). Plusieurs études ont montré l'effet des agrumes sur le système immunitaire, reproductive, cardiovasculaire ainsi que le système nerveux, en effet ils ont un rôle antibactérien, anti-inflammatoire, antiviral et anticancéreux grâce à certains métabolites secondaires comme les caroténoïdes et flavonoïdes (Ben Hsouna et *al.*,2023)

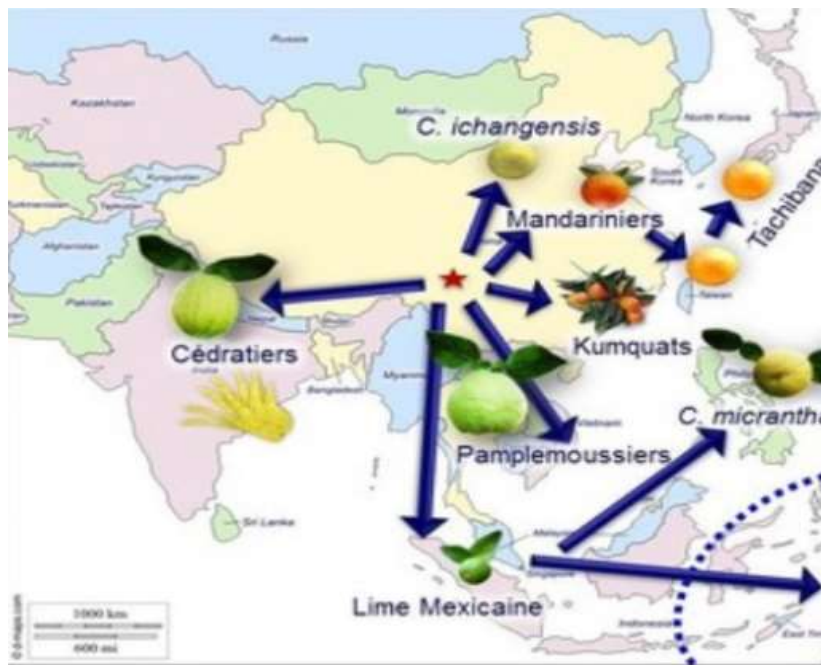


Figure 12 : origines et répartition des principales espèces d'agrumes dans le monde

(Franck Curk. 2014)

- La morphologie des agrumes

Les agrumes sont des arbres ou des arbustes, dont la hauteur ne dépasse pas le 10 mètres. Leur frondaison est généralement dense avec des feuilles brillantes de forme ovale. Les fleurs sont généralement blanches, à cinq pétales, et sont très parfumées. Les fruits sont un type de baie dont la pulpe est divisée en segments remplis de minuscules vésicules remplies de jus. La peau, ou le zeste est coriace et pleine de glandes sébacées. (Ben Hsouna et al., 2023)

.1 La partie sous-terrienne

.1.1 Les racines :

Le système racinaire comporte les racines principales, deux à trois qui assurent la fonction d'ancrage de l'arbre, les racines secondaires, leur importance dépend généralement du porte greffe, du sol et des pratiques culturales, les radicelles et les poils absorbants qui assurent la nutrition et la respiration de l'ensemble de l'arbre. Le tout est superficiel, de couleur blanchâtre ou brunâtre, se localise dans le premier mètre de profondeur mais qui peut s'étendre jusqu'aux 6 m latéralement, ce qui peut expliquer la forte sensibilité des agrumes à la sécheresse (Poleses, 2008).

.1.2 La partie aérienne

- a. Le tronc :** il ne dépasse pas le un mètre de hauteur, on limite sa croissance par la taille de formation pour favoriser le développement des futures charpentières, c'est au niveau du tronc que se situe la ligne de greffe.
- b. Les ramifications :** elles sont limitées par la taille de formation en 3, 4 ou 5 charpentières et se devisent en sous charpentières et portent les rameaux végétatifs et les rameaux fructifères.
- c. Les feuilles :** les *citrus* sont des arbres à feuillus persistant ; elles sont simples, alternes entières ou dentées ayant une forme allongée, mais généralement ces caractéristiques varient avec l'espèce et la variété. Certaines espèces de *citrus* ont des feuilles qui portent à leur base une épine franche (bigaradier, pomelo, orangier) alors que pour d'autres espèces, l'épine est peu développée (citronnier, mandarinier, clémentinier).

- d. **La fleur** : les agrumes ont des fleurs hermaphrodites, qui peuvent être solitaires ou en corymbe, axillaires ou terminaux. La période de la floraison est fonction de l'espèce et du climat. Les fleurs sont généralement de couleur blanche, de 4 à 5 pétales imbriqués, très odorantes.
- e. **Le fruit** : en fonction aussi de l'espèce et des variétés de point de vue coloration, forme, taille, jus et période de maturité. Il est constitué des quartiers remplis des petites vésicules très juteuses. Le nombre des pépins, l'acidité, le taux du sucre et la fraction du jus représentent les essentiels critères de qualité du fruit.

- Cycle biologique du *Citrus*

La croissance est un phénomène qui se produit chaque année et pendant toute la durée de la vie de la plante. La longévité de celle-ci est très variable en fonction de l'entretien, des maladies et ravageurs. (Benttayeb, 2011).

- Comme toutes les cultures abusives on distingue trois périodes pendant toute la durée de vie des agrumes :
 - **Période de jeunesse et de croissance** : elle est caractérisée par l'incapacité de l'arbre à fleurir et à se fructifier, Le jeune plan se pousse avec vigueur et fournit une ramification abondante.
 - **Période de production, de reproduction et de maturité** : elle commence avec la floraison et la fructification. La végétation se régularise, l'arbre fruitier atteint alors un équilibre entre les fruits et les organes à bois
 - **Période de décrépitude et vieillesse ou sénescence** : elle est caractérisée par une baisse de la vigueur générale de l'arbre, marquée par une diminution de production en fruit et de la formation des rameaux à bois.
- Le Cycle évolutif annuel des agrumes se divise en quatre périodes :
 - **L'hiver** : elle se caractérise par la dormance hivernale et l'induction florale (passage de l'état végétatif à l'état reproducteur).
 - **Le printemps** : elle se caractérise par la différenciation florale et la croissance végétative
 - **L'été** : elle se caractérise par la floraison et le grossissement des fruits

▪ **Automne** : elle se caractérise par la maturation des fruits et la croissance végétative (Bentayeb, 2011).

• La classification des agrumes et les genres de *citrus*

La taxonomie des agrumes n'est pas totalement terminée à cause de leur complexité biologique ainsi que la distribution géographique (Ben Hsouna et al 2023). Les agrumes font partie de la famille des Rutaceae qui englobe 162 espèces (Tanaka, 1977), parmi les genres les plus importants économiquement et les plus réponsus dans le monde on trouve le genre *Citrus* ainsi que les genres *Fortunella*, *Poncirus*, *Microcitrus*, *Clymenia*, *Oxanthera* et *Eremocitrus* et malgré les différences morphologique et physiologique certains genres sont sexuellement compatible (Rao et al. 2021).

- En référence à la classification de Swingle (1967), on distingue huit principaux groupes taxonomiques du *Citrus* :
 - *Citrus. medica* (L.) (Cédratiers)
 - *C. reticulata* Blanco (mandariniers)
 - *C. maxima* (L.) Osb. (Pamplemoussiers)
 - *C. sinensis* (L.) Osb. (Orangers)
 - *C. aurantifolia* (Christm.) Swing. (Limettiers)
 - *C. paradisi* Macf. (Pomelos)
 - *C. limon* (L.) Burm. F. (citronniers)
 - *C. aurantium* (L.) (Bigaradiers).
- La classification de genre *Citrus* : Selon Cronquist (1981) :
 - **Règne** : Plantae
 - **Sous-règne** : Tracheobionta
 - **Division** : Magnoliophyta
 - **Classe** : Magnoliopsida
 - **Sous-classe** : Rosidae
 - **Ordre** : Sapindales
 - **Famille** : Rutaceae
 - **Genre** : *Citrus* L.
 -

✚ Espèces utilisées dans ce travail

Trois espèces sont choisies pour la réalisation de ce projet :

1- Pamplemoussier :

Praloran (1971) souligne que bien que cette espèce forme deux espèces différentes, le pamplemoussier et le pomelo sont assez étroitement apparentés et plusieurs auteurs considèrent que le pomelo n'est qu'une sous-espèce ou une variété botanique de *Citrus grandis*. IL se distingue par plusieurs caractères comme de jeune rameau et pétiole pubescents, axe creux, pulpe ferme et croquante, fruits volumineux, saveur très variable et pépin mono-embryonnés, leur importance commerciale est très limitée. (Planche n°3 C/D)

2- Bigaradier :

Selon Esclapon (1975) le Bigaradier avec ses divers clones est cultivé surtout pour les fleurs, les fruits, les feuilles et les brouts de taille, qui assurent la production de l'eau de fleur d'oranger, de confitures. C'est un excellent porte-greffe, car il est résistant à la gommose et accepte les sols calcaires. (Planche n°3 A/B)

3- Citronnier :

Comme pour les autres arbres fruitiers, il existe de nombreuses variétés de citronnier dont les fruits dissemblables ont des époques de maturité différentes comme Eureka, Meyer et Citronnier panaché (Benedicte et Baches, 2011). (Planche n°3 E/F).

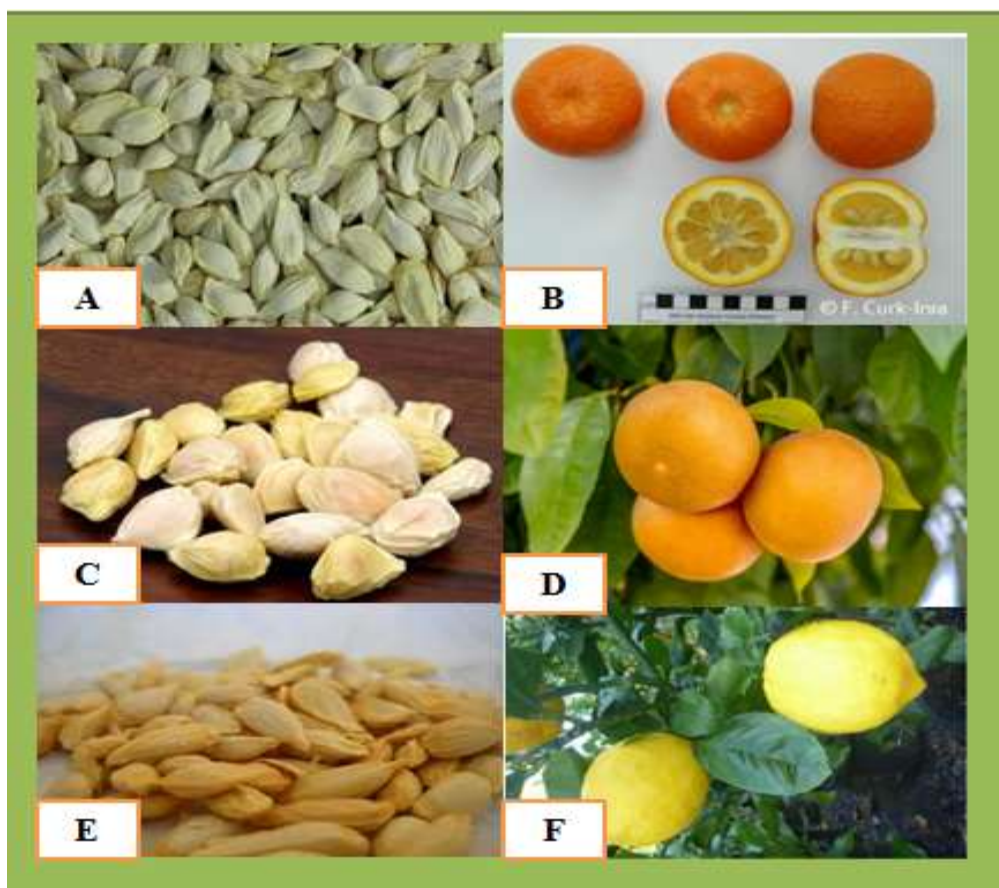


Planche 3: Les genres de *citrus* : pépins de bigarade (A), fruit de bigarade (B), (A/B) (Jacquemond et *al.* 2013), pépins de pamplemousse (C) (Zdenka ,2004), fruit de pamplemousse (D) (Luri Garmash), pépins de citron (E) (École Louis Pasteur Petit Quevilly), fruit de citron (F) (pépinière de Corme-Roya).

- Composition chimique

Les agrumes sont des fruits riches en sucres, acides aminés, fibres, acide organique, vitamines ainsi que nombreux micro et macronutriments (Liu et *al.*, 2012). Les agrumes sont aussi riches en métabolites secondaire qui ont des effets bénéfiques tels que les limonoïdes, alcaloïdes, flavonoïdes, coumarines, anthocyanines, acides phénolique ainsi que les caroténoïdes (Rao et *al.*, 2021)

.1 Composition de zeste

Le zeste des agrumes est riche en acides organiques, carbohydrates insolubles, acides gras, phytostérols, poly phénols, des caroténoïdes et des vitamines. (Zema and *al.*, 2018)

Le zeste du *Citrus* contient des fibres solubles comme les pectines, les fructanes et les psylliums ainsi que des fibres insolubles comme la cellulose, l'hémicellulose et la lignine. Les caroténoïdes qui donnent au *Citrus* sa couleur et les limonoïdes qui sont responsables de son goût sont les principaux terpenoïdes qu'on trouve dans le zeste du *Citrus*.

Le *Citrus* est riche en vitamine A et B. la composition des huiles essentiels change selon l'espèce, aussi dans la même espèce selon les conditions climatiques, le sol, la période de la récolte et d'autres facteurs.

.2 Composition de pépins

Le pépin des agrumes est composé essentiellement de tocophérol, acide citrique et l'acide ascorbique (Zema et *al.*, 2018)

- La production des agrumes

.1 Dans le monde :

Les agrumes représentent la plus importante culture d'arbres fruitiers au monde : cultivés dans 168 pays, la production du secteur est d'environ **202** millions de tonnes pour une valeur de production brute de presque 69 milliards de dollars US\$ en 2021 (FAOSTAT, 2023). Au niveau mondial, la production et la superficie récoltée ont augmenté au cours des 10 dernières années. Plus de 50 % de la production mondiale d'agrumes est concentrée dans six pays, dont le leadership a changé au cours des dix dernières années (Figure 13).

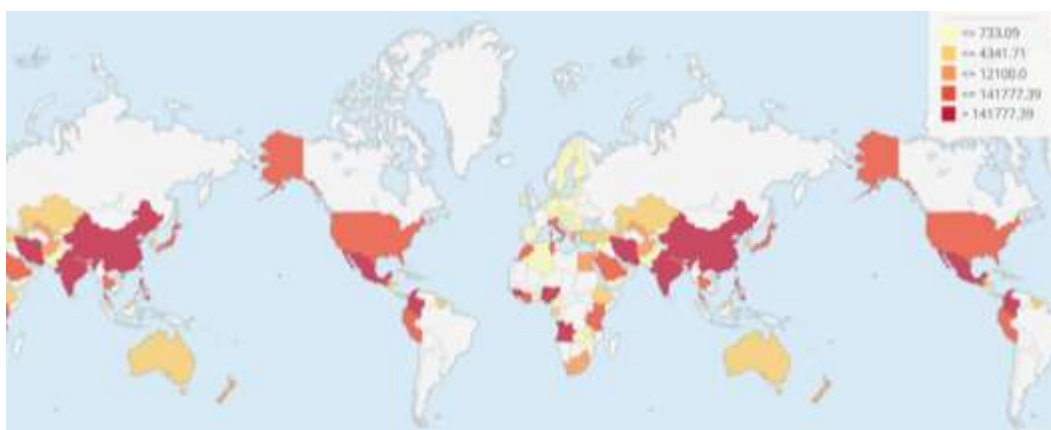


Figure 13: La production de fruit des agrumes dans le monde par région (FAOSTAT2021).

.2 En Algérie

La culture des agrumes revêt une importance stratégique, c'est une source d'approvisionnement en fruits frais. Ces dernières années, l'Algérie a connu un développement remarquable dans la production d'agrumes (Figure 14).



Figure 14: La production d'agrumes en Algérie (FAO 2019-2020)

- **L'importance économique des agrumes**

Les agrumes représentent la première catégorie fruitière en termes de valeur en commerce international, avec un grand intérêt économique, cette importance est justifiée par leur grande importance dans l'alimentation humaine, leur consommation se répand toujours davantage comme des produit frais ou après leur transformation (jus, sirop,...etc), leur grande qualité nutritive constituent une source de vitamine C, B6, de fibres, d'acide ascorbique et folique, du potassium et du calcium, et leur effet bénéfique sur la santé en contribuant dans la diminution des risques de maladies cardio-vasculaires et d'autres maladies (ITAFV, 2014).

- **Valorisation des sous-produits des agrumes**

L'industrie des agrumes génère une grande quantité de déchets suite aux différentes transformations qu'elles subissent, les principaux déchets sont solides ou semi-solides, le

zeste, la pulpe, les pépins ainsi que des déchets liquides. Les différents déchets peuvent être traités et valorisés pour être utilisés comme compost organique, dans les shampoings et les savons ainsi que les engrais (Figure 15) (Zema et *al.*, 2018). Le zeste est le principal déchet issu de l'industrie des agrumes.



Figure 15: Traitements et valorisation des différents déchets des agrumes (Ben Hsouna et *al.*2023).

Partie expérimentale

Chapitre 1

Matériel et méthodes

- **Objectif**

L'objectif de cette étude est la valorisation de coproduits des agrumes ; bigarade, citron et pamplemousse dans le domaine de l'agriculture. Une première partie vise à évaluer l'efficacité bio-fongicide des extraits *in vitro* vis-à-vis de plusieurs agents phytopathogènes suivi par une deuxième partie évaluant *in vivo* le pouvoir bio-fongicide des extraits par un traitement préventif.

- **Matériel biologique**

.1 Plantes aromatiques

Dans cette étude trois produits biologiques ont été utilisés comme source de substances biologiquement actives ; le fruit de la bigarade, pamplemousse et le citron. Les échantillons ont été prélevés durant le mois de Février 2023 à la commune de Sidi khattab wilaya de Relizane.

La séparation des zestes des différents fruits est effectuée manuellement à l'aide d'un éplucheur en inox.



Figure 16 : Zestes de différentes variétés de *Citrus* utilisés dans cette étude.

Zeste citron (A), zeste de bigarade (B), zeste de pamplemousse (C)

.2 La plante hôte

Des plants de tomates de la variété Oscar Gonthier (figure n°17) de cinq semaines sont utilisés afin de réaliser la partie *in vivo* de ce travail. Les plants sont fournis gracieusement par BOUHDJER Youssef responsable de la pépinière de la commune de Siret (Mostaganem).



Figure 17: Plants de tomate de la variété Oscar Gonthier de cinq semaines (Original 2023)

• Isolement des agents phytopathogènes

L'isolement est réalisé à partir d'un plant de tomate prélevé d'une exploitation agricole située à la commune de Bouguirat (Mostaganem) présentant les symptômes caractéristiques de la fusariose. Un deuxième échantillon est utilisé pour isoler d'autres agents phytopathogène que le *Fusarium* ; une tomate achetée au marché locale dont nous avons remarqué des lésions au niveau de l'épiderme ; ces dernières se couvrent d'un velouté dense, de couleur noir notamment au niveau de petites fentes.

L'isolement s'est déroulé en plusieurs étapes, commençant par la désinfection des échantillons. Pour cela, la tige du plant de tomate est découpée longitudinalement en petits fragments d'environ un centimètre. Ensuite, les fragments sont rincés à l'eau de robinet pendant deux minutes puis désinfectés avec l'eau de javel dilué à 2%(v/v) pendant une minute suivie de trois rinçages par l'eau distillée stérile (planche n°04). La dernière étape consiste à déposer 2 à 3 fragments dans une boîte Pétri contenant le milieu PDA (Potato-Dextrose-Agar) additionnée d'un antibiotique. L'identification est faite suite à une analyse macroscopique et microscopique de la morphologie des colonies apparues après trois à quatre jours d'incubation à 25°C.

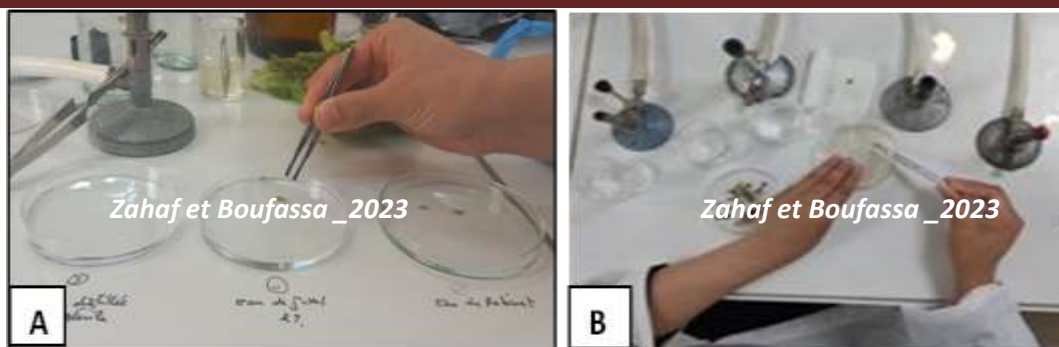


Planche 4: Les étapes d'isolement : Désinfection les fragments d'échantillon de la tomate (A), déposer 2 à 3 fragments dans la boîte pétrie (B).

- **Préparation des extraits aromatiques**

La technique d'extraction utilisée dans ce travail est l'extraction par solvant assistée par microondes. Ils s'agit d'une extraction des substances polaires par des solvants absorbant fortement les microondes, ces dernières atteindrait directement le système glandulaire du végétal. Les paramètres qui ont une influence directe sur la qualité de l'extraction sont la nature et le volume du solvant, la durée et la puissance des irradiations microondes. L'extracteur utilisé dans cette étude est un four à microondes modèle MWC-A3101 avec un système de réflexion concave, ce système est généralement représenté par une paroi courbée qui renvoie les ondes dans une direction spécifique (figure n°18).

Dans ce travail, 5g de chaque échantillon (pépin/zeste de pamplemousse/ bigarade/ citron) sont additionnés a 50 ml d'eau distillé stérile.

Trois puissances sont choisies pour les zestes ; 1000, 800 et 600 Watts pour deux durées 50 et 100 secondes. Pour les pépins, nous avons choisi deux puissances d'irradiation 900 et 600 Watts. Ainsi deux durée d'extraction ; 100 et 200 secondes.

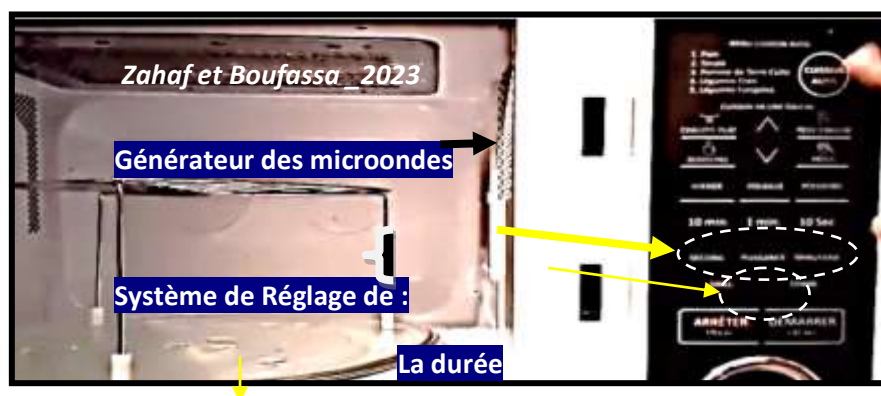


Figure 18 : Microondes utilisé pour la préparation des extraits aromatiques.

- **Evaluation du pouvoir bio-fongicide *in vitro***

Afin d'évaluer l'effet bio-fongicide de chaque extrait nous avons opté pour la technique de diffusion sur gélose. Les isolats ont été cultivés sur milieu PDA supplémenté des extraits à raison de 1/10(v:v). Chaque boîte est inoculée à l'aide d'un explant de 5mm d'une culture âgée de plus de 10 jours, déposés au centre des boîtes Pétri, trois répétitions sont retenues pour chaque extrait. Les boîtes sont incubées à 25°C durant 10 jours. Une formulation est préparée avec la combinaison de trois extraits (EF3), dont l'activité bio-fongicide est évaluée de la même manière. Un témoin positif est réalisé par l'ajout d'Ortiva un fongicide STROMAC® de synthèse dont la matière active est l'azoxystrobine, ce produit empêche tout développement du champignon en bloquant la formation d'énergie au niveau des mitochondries, il intervient sur de nombreuses phases de développement du champignon ; germination, mobilité des spores et croissance mycélienne. La solution mère du fongicide de synthèse est préparée par l'ajout d'un volume de 0.4 ml du produit à 500 ml d'eau distillée.

A partir du deuxième jour après incubation, les diamètres des colonies (en cm) de chaque boîte de Pétri, sont mesurés tous les jours, et ce, jusqu'au dixième jour. Les données obtenues sont utilisées pour calculer le taux d'inhibition de l'extension mycélienne selon la

formule suivante :
$$Ti = \frac{(Dt - De)}{Dt} \times 100$$

Dont :

Ti : Taux d'inhibition de l'extension mycélienne.

Dt: Diamètre de la croissance mycélienne des témoins.

De: Diamètre des colonies des boîtes contenant l'extrait/ pesticide de synthèse.

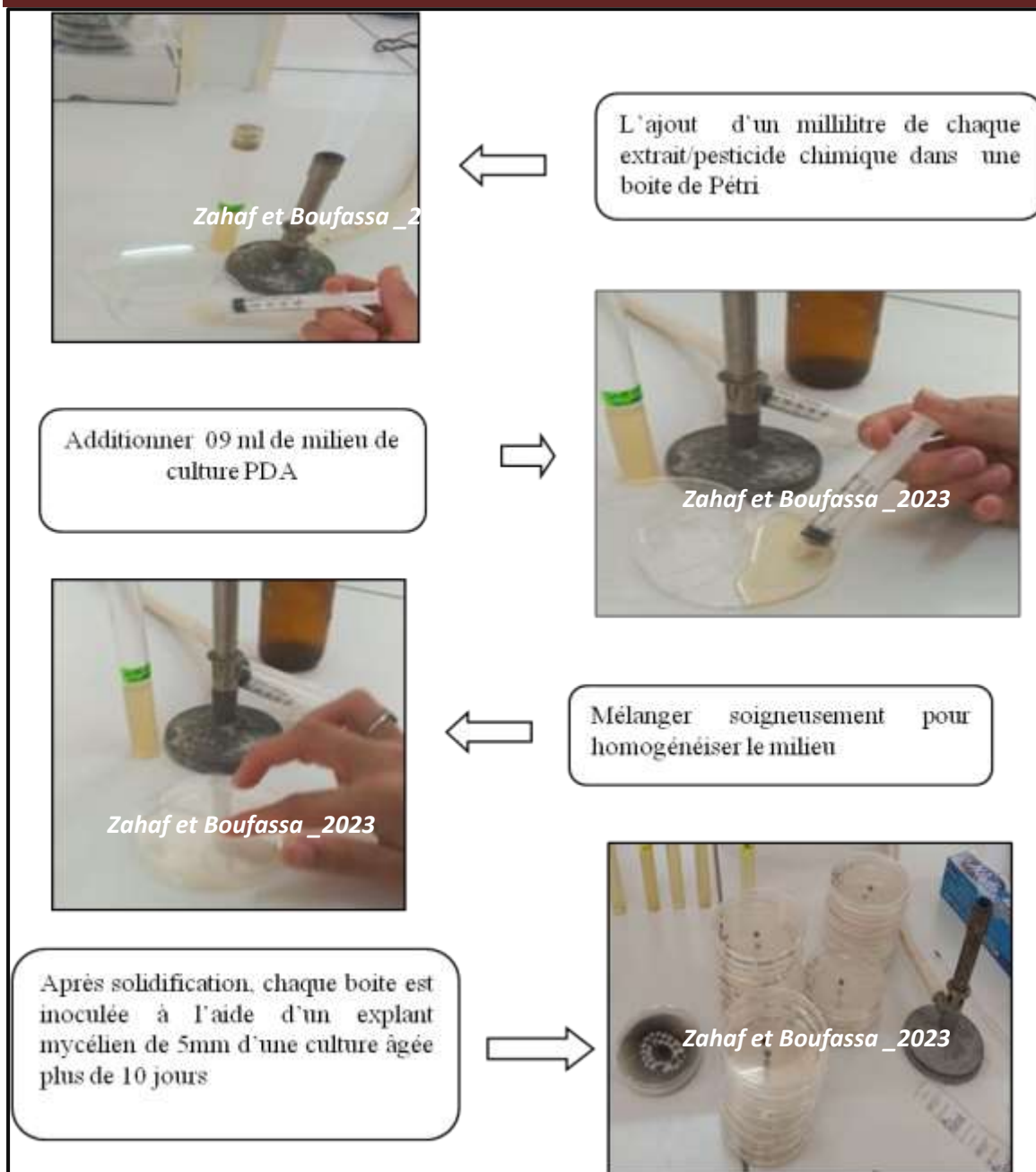


Planche 5: Les différentes étapes du test d'évaluation de l'activité bio-fongicide *in vitro*

- Evaluation du pouvoir bio-fongicide *in vivo* sur le patosystème tomate/fusariose :

Pour cette partie de travail, nous avons choisi l'extrait de bigarade (Bg600w_50') et celui de pamplemousse (Pm_600w_50').

.1 Préparation des plantules

Chaque plante est retirée doucement de son pot, après l'enlèvement de la terre autour des racines, ces dernières sont rincées soigneusement avec de l'eau, afin d'éliminer autant que possible

tout résidu sans abimer les racines. Les plantules sont transférées immédiatement dans des tubes contenant 30 ml de la solution de KNOP pendant 6h, cette étape sert à éviter tout stress causé par cette manipulation.

.2 Préparation de la suspension sporale

La suspension sporale est préparée a partir d'une culture de *Fusarium* âgée de 15 jours, la récupération de spores est effectuée tout d'abord par l'ajout de 10ml d'eau distillée stérile directement dans la boite contenant la culture, ensuite à l'aide d'un grattoir on frotte la surface de la culture délicatement, on récupère la solution mère dans des tubes (Rouhani, 1979). Ces derniers sont agités au vortex durant 30 secondes pour assurer le détachement des spores. Des dilutions décimales sont réalisées avant de procéder à un comptage des conidies sur une cellule Malassez au grossissement x40(planche06).

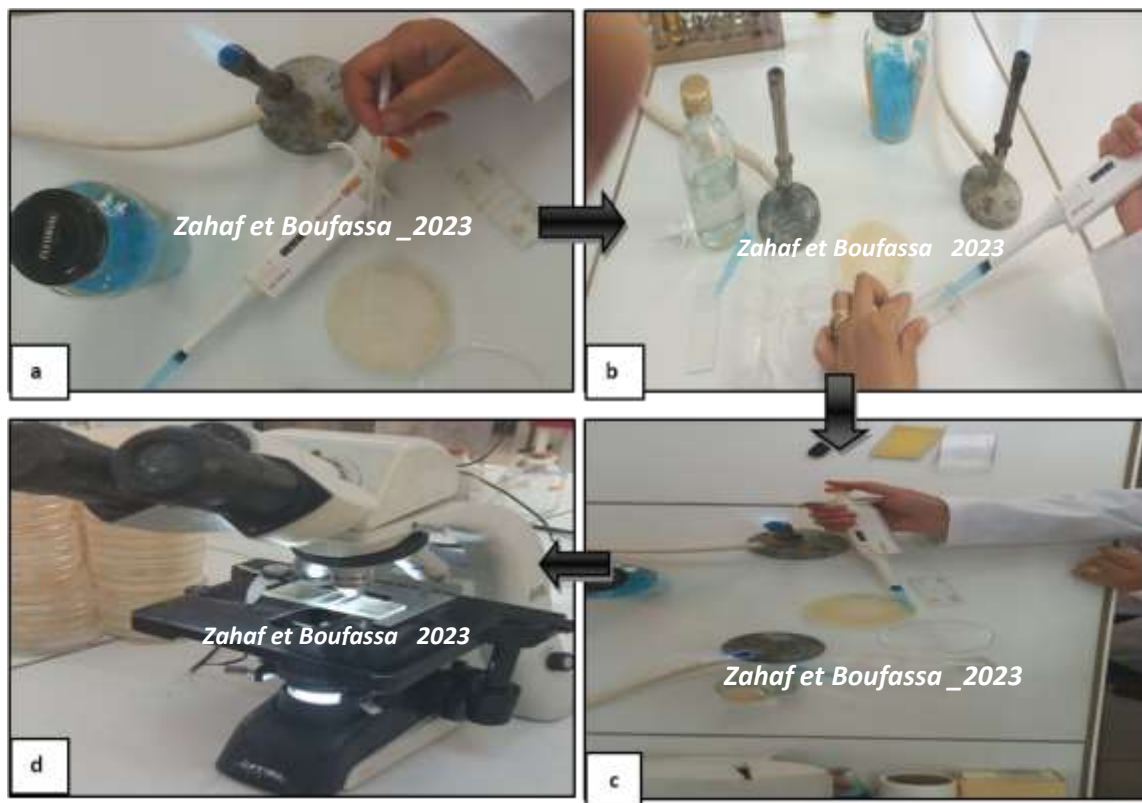


Planche 6 : Les étapes de la préparation de la suspension sporale de l'isolat *Fusarium oxysporum* : préparation de la suspension sporale de *Fusarium* (A), récupération de la suspension à l'aide d'une micropipette (B), remplissage de la cellule Malassez (C), observation et comptage au grossissement x40 (D).

.3 Traitement préventif par trempage racinaire

Le système racinaire de quatre plants sont trempés dans des bécher contenant les différents traitements, sur la base des résultats des tests in vitro nous avons choisi ; les extraits suivants : Pm_600w_50', Bg_600w_50', un produit formulé EF2 et la deuxième formulation (EF3) et produit chimique. Pour ne pas abimer les racines, les extrait sont dilués 1/30 (extrait : eau) et transférés directement après le traitement dans des tubes contenant la solution KNOP. Quatre répétitions sont réalisées pour chaque traitement. Après six heures, l'inoculation de l'agent phytopathogène est assurée par un trempage racinaire dans la suspension sporale durant 15 minutes.

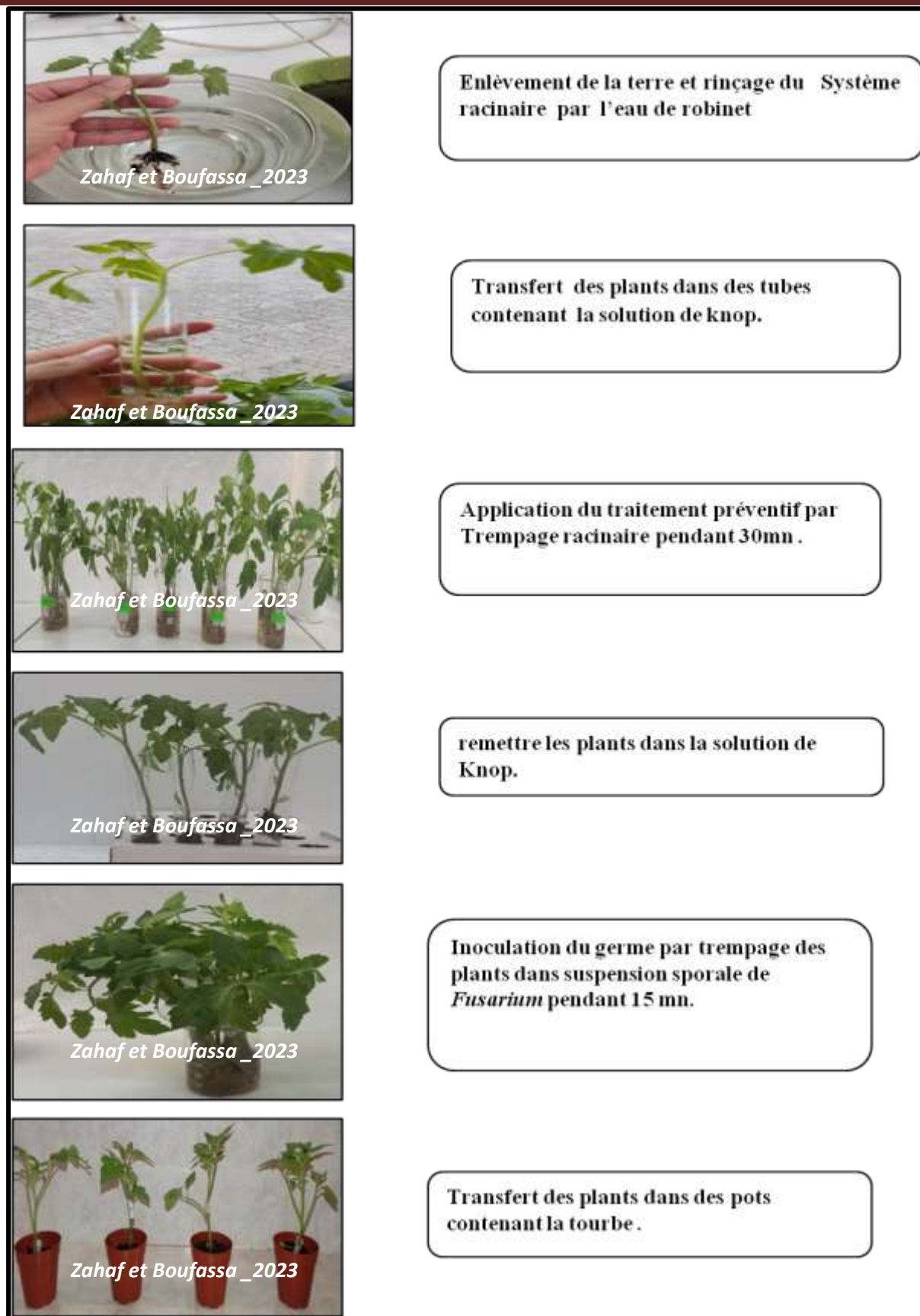


Planche 7: Protocol de la réalisation du traitement préventif par trempage racinaire (test *in vivo*).

.3.1 Traitement préventif de l'extrait sur feuilles détachées

Des plants de tomates sont préalablement traités par pulvérisation d'un faible volume des différents extraits (pm_6w_100', Bg 6w_100', produit EF2 et le produit EF3) séparément. Après 24h ces plants sont inoculés par une suspension sporale de l'agent phytopathogène *Botrytis cinerea* préparée de la même manière décrite précédemment.

Pour réaliser ce test, des disques en papier absorbant humidifié sont déposés dans des boîtes Pétri, avec quatre répétitions pour chaque traitement. Puis des feuilles sont détachées à partir des plants traités par les différents traitements préventifs par pulvérisation, et déposées dans les boîtes surface inférieure en haut. Un explant d'une culture de *Botrytis cinerea* est déposé au milieu de chaque feuille.

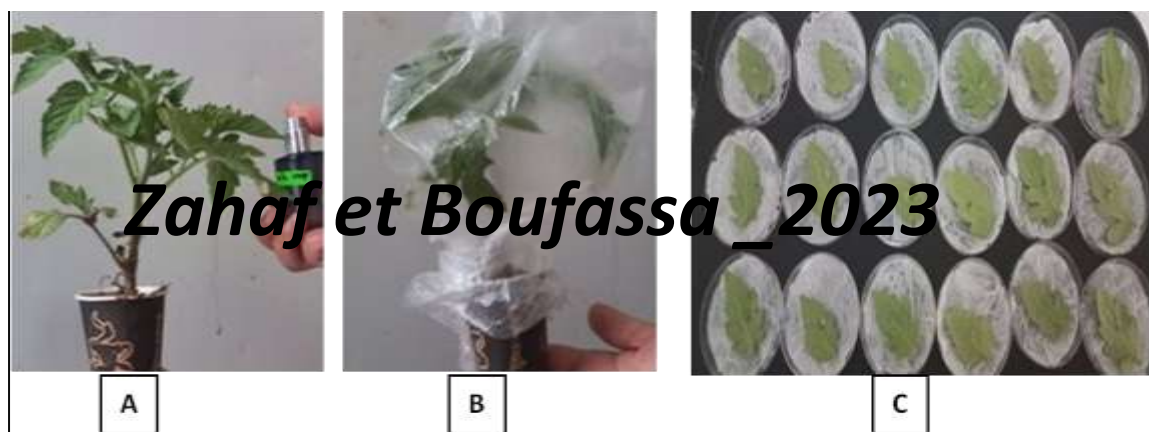


Planche 8 : Traitement *in vivo* sur les feuilles détachées de la tomate. Pulvérisation de traitements (A), sachet en plastique couvert les plants (B), inoculation de l'agent phytopathogène (C).

Chapitre2

Résultats et discussion

Résultats

- **Identification des isolats**

Les isolats de *Fusarium oxysporum*, *Botrytis cinerea* et *Alternaria alternata* . Isolées ont été identifiées à partir d'observations macroscopiques et microscopiques. Macroscopiquement selon l'aspect du mycélium et son couleur (Fondio et *al.*, 2015). L'observation microscopique a été réalisée en prélevant un fragment mycélien grâce à une aiguille stérile. Ce fragment a été monté entre lame et lamelle avec ajout de quelques gouttes d'eau de robinet (Nmichi et *al.*, 2014).

L'identification microscopique des champignons est faite sur la base de la morphologie des spores et du mycélium (cloisonné ou non, coloré ou non, macro ou microconidies, fusiforme ou non, etc.).

Tableau 1 : Identification microscopique des champignons

Isolat	Aspect macroscopique	Aspect microscopique
<i>Fusarium oxysporum</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Couleur de mycélium blanc - Croissance rapide 	<ul style="list-style-type: none"> - Mycélium cloisonné - Conidiospores sont courts
<i>Botrytis cinerea</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Mycélium court. - Colonies de couleur brunâtre. - Production des sclérotos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Les spores sont déposées sous forme de grappe - Conidiospores ramifiés de couleur grisâtre - Présence des conidies
<i>Alternaria alternata</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Les hyphes aériens courts et grisâtres devenant noir verdâtre 	<ul style="list-style-type: none"> - Les hyphes sont septés - Les conidiospores sont courts, septés, bruns

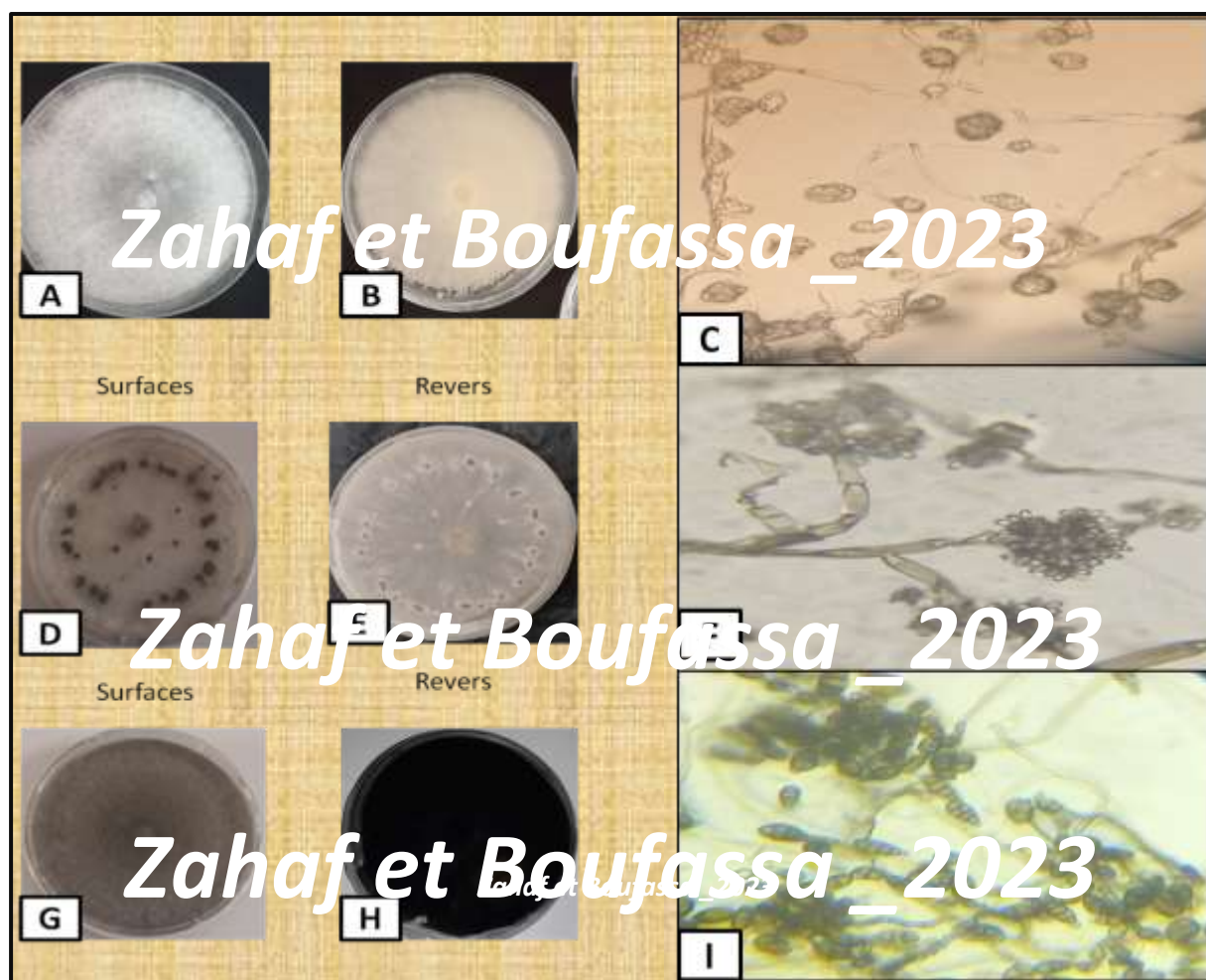


Planche 9: Observation macroscopique et microscopique des trois champignons, A et B: aspect macroscopique de *Fusarium oxysporum*. C: aspect microscopique de *Fusarium oxysporum* X40. D et E: observation macroscopique de *Botrytis cinerea*, F: aspect microscopique de *Botrytis cinerea* X40. G et H: aspect macroscopique de *Alternaria alternata*. I: aspect microscopique X40.

- **Activité antifongique des extraits étudiés *in vitro***

Les résultats des tests antifongiques réalisés *in vitro*, montre une efficacité remarquable vis-à-vis les isolats pour l'ensemble des extraits étudiés.

.1 Pouvoir bio-fongicide des extraits d'agrumes vis-à-vis d'*Alternaria alternata*

D'après les tableaux (02, 03) et les figures (19, 20), on constate que l'inhibition de la croissance mycélienne d'*Alternaria alternata*

Selon les résultats obtenue l'extrait des pépins de bigarade n'a aucun effet dont les taux d'inhibition varient entre 0.31% et 2.29 % pour les extraits Bgr6w_200' et Bgr 9w_100' respectivement. L'extrait de citron Ct 900w_200' et l'extrait de pamplemousse Pm6w_100' montre un taux d'inhibition moyen mais ne dépasse pas les 27 à 28%.. Concernant les extraits des zestes, On remarque que le taux d'inhibition varie entre 32% et 35% pour les extraits de bigarade et de pamplemousse. Pour les extraits de citron un taux d'inhibition varie entre 21% et 27% est enregistré. Par contre, les extraits de pamplemousse exposés à la puissance 1000watts des microondes montrent des taux plus faibles par comparaison avec les autres puissances.

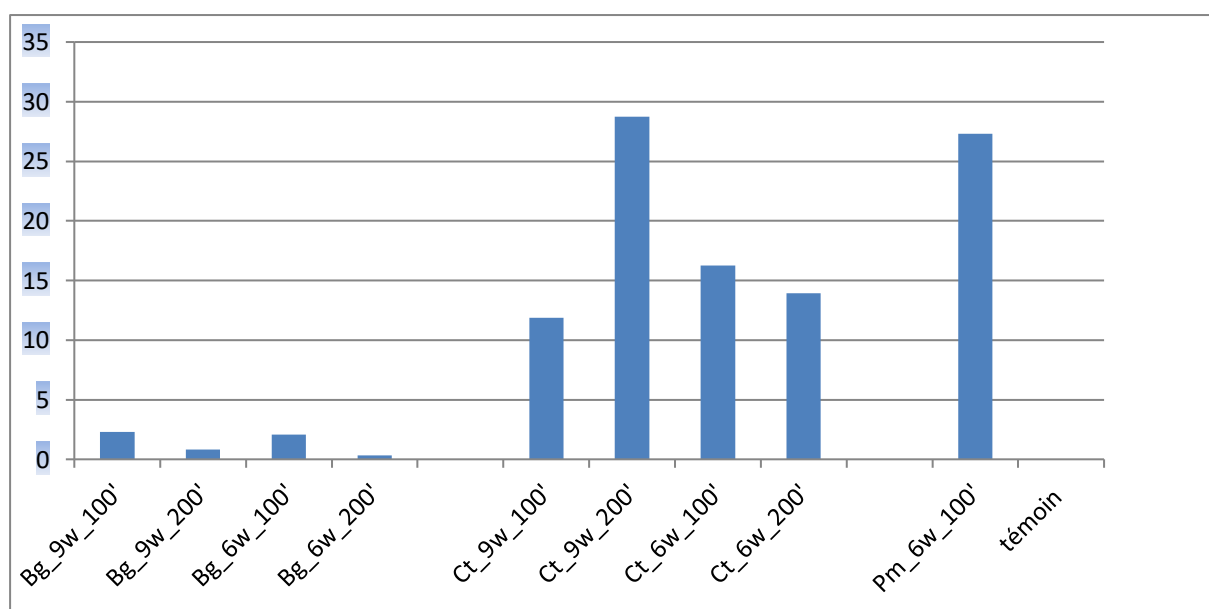


Figure 19 : Effet bio-fongicide des extraits de pépins sur la croissance mycélienne d'*Alternaria alternata*.

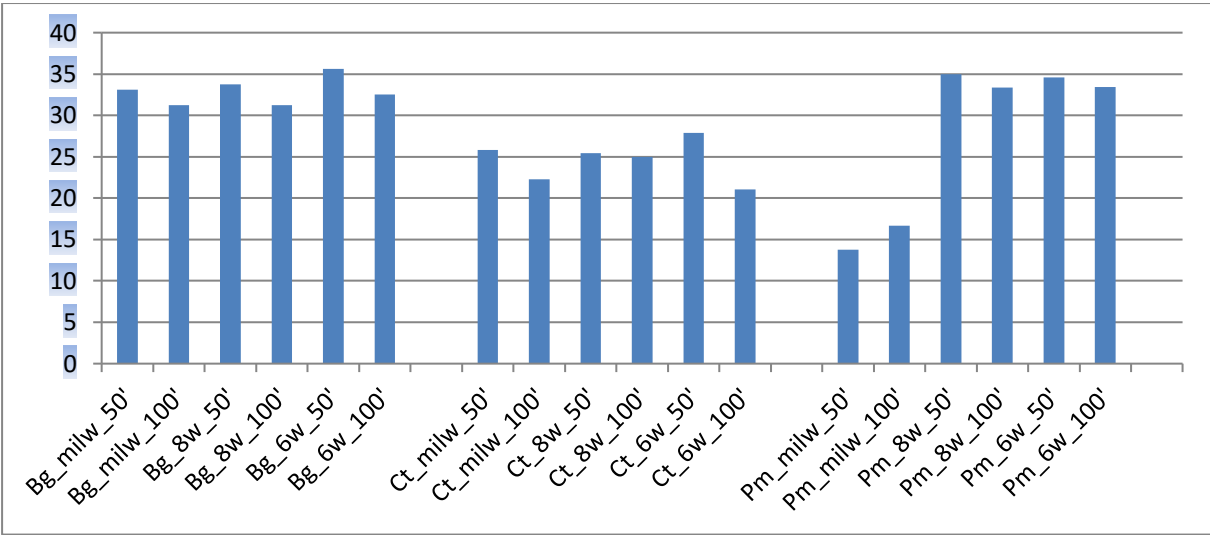




















Figure 20: effet bio-fongicide des zestes sur la croissance mycélienne d'Alternaria alternata

Tableau 2 : Effet des différents extraits de pépins sur la croissance d'Alternaria alternata.

	Bg	cit	pm
6w_100			ND
6w_200			ND
9w_100			ND
9w_200			ND

Zahaf
et
Boufassa
2023

Tableau 3 : effet des différents extraits de zestes des agrumes sur la croissance mycélienne d'*Alternaria*.

	BIG	CIT	PMP
1000W/50'			
1000W/100'			
800W/50'			
800W/100'			
600W/50'			
600W/100'			

Zahaf

et

Boufassa

2023

.2 Pouvoir bio-fongicide des extraits d'agrumes vis-à-vis *Botrytis cinerea*:

Les tableaux (04 ,05) et les figures (21 , 22) représentent l'effet des extraits sous différents durées et puissances d'extraction à partir des pépins des agrumes sur la croissance mycélienne Les l'extraits de citron et de bigarade montrent un effet relativement moyen, dont les valeurs des taux d'inhibition varient entre 47.29% et 54.58%. En revanche, l'extrait de pépin de pamplemousse présente un taux d'inhibition beaucoup plus important de l'ordre de 75%... Concernant Les résultats des zestes des agrumes la figure et le tableau montrent des taux d'inhibitions élevés allant de 53% à 83%.

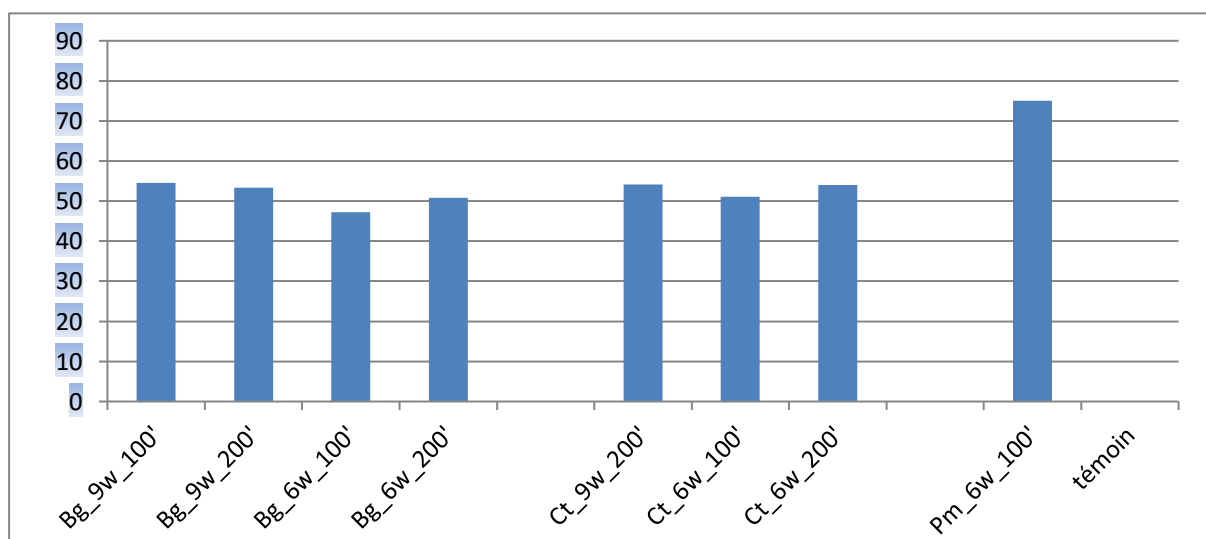


Figure 21: effet bio-fongicide des extraits de pépins sur la croissance mycélienne de *Botrytis cinerea*.

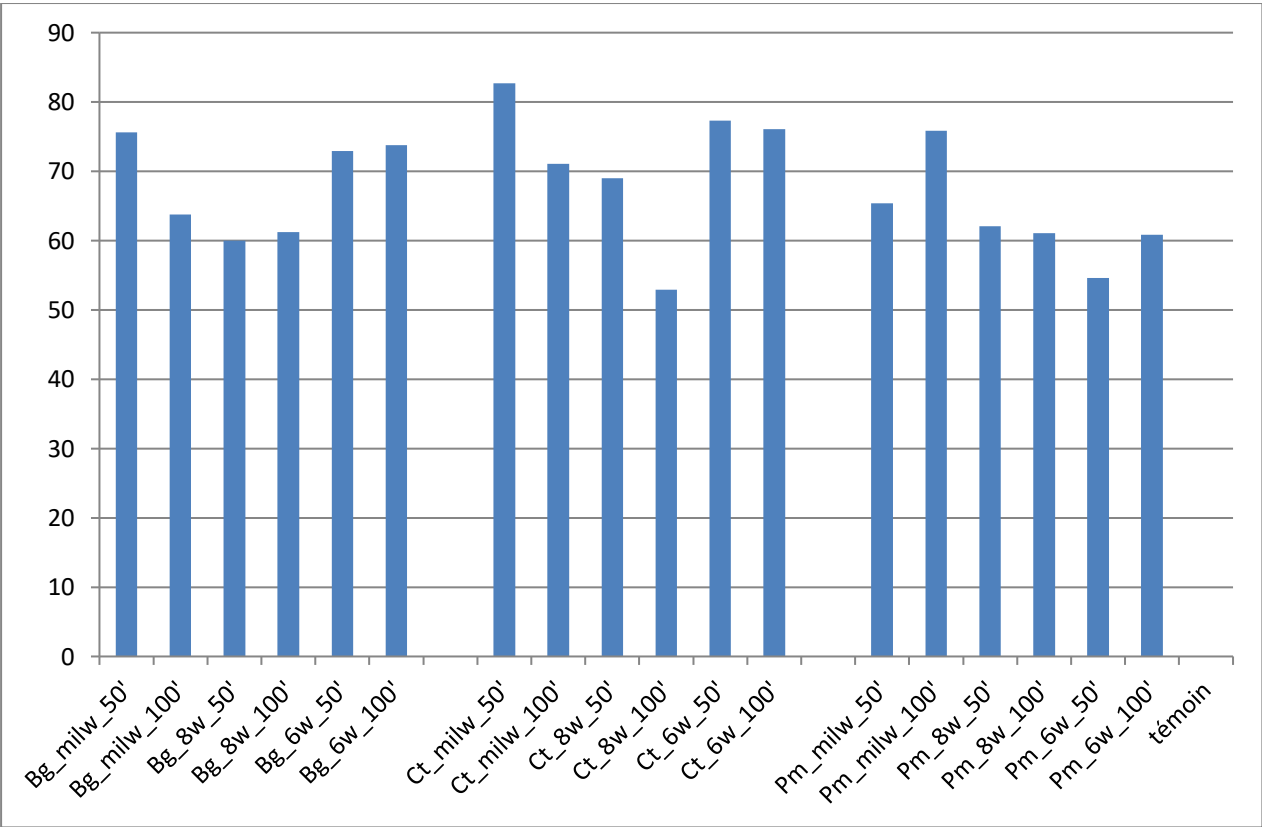


Figure 22 : effet bio-fongicide des zestes sur la croissance mycélienne de *Botrytis*

Tableau 4: Effet de différents extraits de pépins sur la croissance mycélienne *Botrytis cinerea*.

	Bg	Cit	PMP
6w_100'			
6w_200'			ND
9w_100'		ND	ND
9w_200'			ND

Tableau 5: Effet des différents extraits de zestes des agrumes sur la croissance mycélienne *Botrytis cinerea*.

Botrytis	BIG	CIT	PMP
600W/50'			
600W/100'			
800W/50'			
800W/100'			
1000W/50'			
1000W/100'			

Zahaf
et
Boufassa
2023

.3 Pouvoir bio-fongicide des extraits d'agrumes vis-à-vis *Fusarium oxysporum* :

.3.1 Pour la croissance mycélienne

Les tableaux (6 ,7) et les figures (23 , 24) représentent l'effet des extraits sous différentes durées et puissances d'extraction à partir des zestes des agrumes sur la croissance mycélienne. Les résultats montrent un taux d'inhibitions maximales de 10%.

Les extraits des pépins de citron et de bigarade montrent des résultats très faibles, dont les valeurs des taux d'inhibition varient entre 0% et 2.71%.

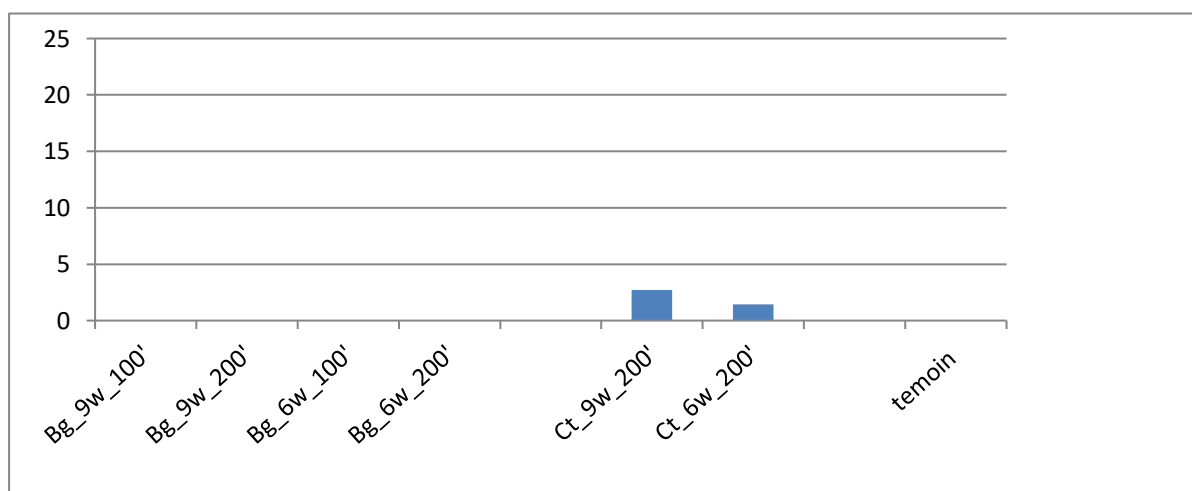


Figure23: Effet bio-fongicide des extraits de pépins sur la croissance mycélienne de *Fusarium*.

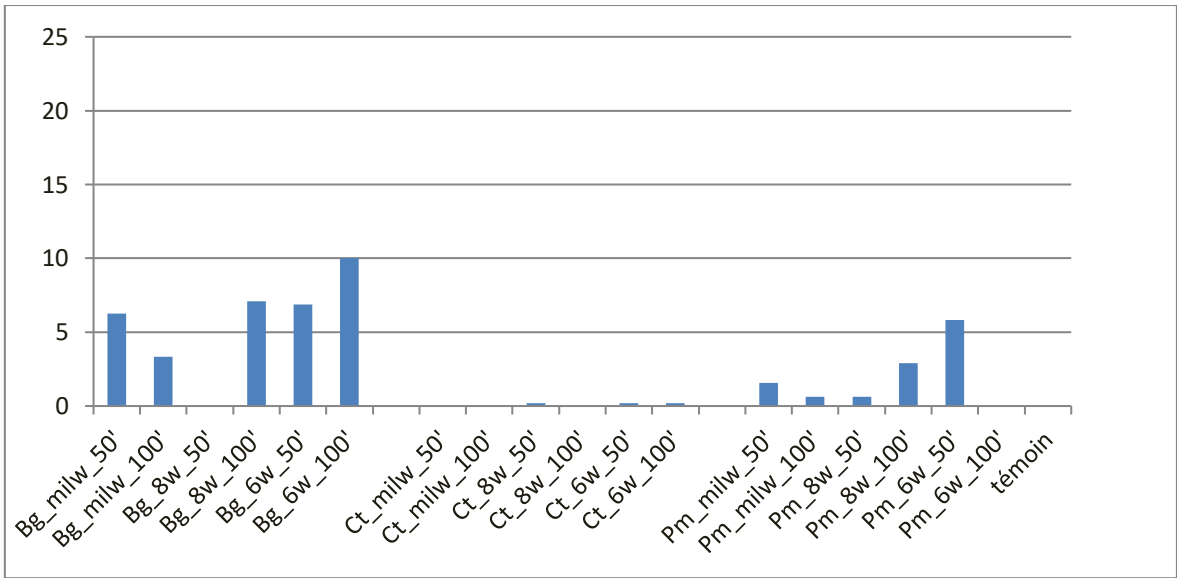










Figure24 : Effet bio-fongicide des extraits zestes sur la croissance mycélienne de *Fusarium*

Tableau 6: Effet bio-fongique des extraits de pépins sur la croissance mycélienne de la souche de *Fusarium*.

	Bg	Cit
600w_100'		
600w_200'		
900w_100'		
900w_200'		

Zahaf

et

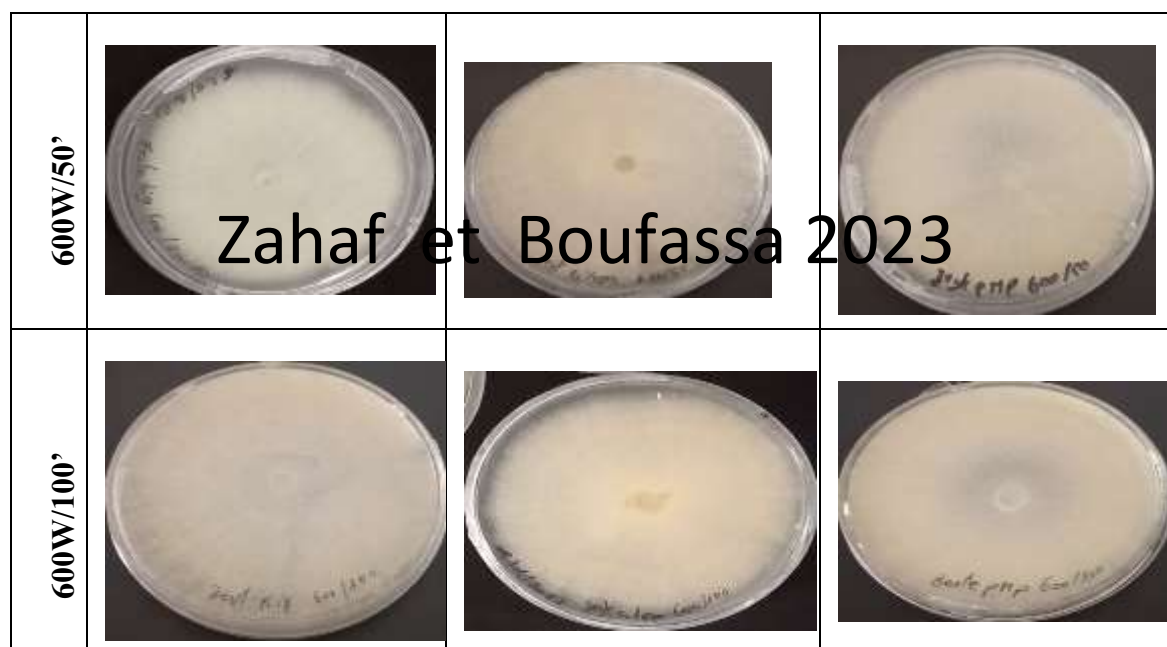
Boufassa

2023

Tableau 7 : Effet bio-fongique des extraits de zestes sur la croissance mycélienne de la souche de *Fusarium*.

	BIG	CIT	PMP
600W/50'			
600W/100'			
800/50'			
800W/100'			

Zahaf
et
Boufassa
2023



.3.2 Pouvoir anti sporulant sur *Fusarium oxysporum*

Selon les résultats de test *in vitro*, pour l'ensemble des extraits appliqués vis-à-vis de l'isolat *Fusarium oxysporum*, nous avons remarqué que l'aspect des colonies observé à l'œil nu, après une semaine de croissance est nettement différent par comparaison avec les témoins. L'hypothèse que nous avons directement devinée est l'influence des traitements appliqués sur la sporulation de l'isolat. C'est pour cette raison que ce test est suivi par l'étude de l'action antisporelante.

Les figures (25 ,26) montrent l'effet des extraits des zestes et pépins des agrumes sur la sporulation de *Fusarium oxysporum*.

Selon les résultats obtenue l'extrait des pépins de bigarade exerce un pouvoir anti-sporulant très puissant, dont les taux varient entre 71.77% et 87.80 % pour les extraits Bg_9w_100' et Bg_6w_100' respectivement. En parallèle, ce taux varie entre 51.30% et 71.42% pour les extraits des pépins de citron Ct_6w_200' et Ct_9w_200'.

Concernant les extraits des zestes, On remarque que le taux de l'activité anti-sporulation varie entre 54.85% et 84.61% pour les extraits de bigarade 6w_50'et 1000_50', respectivement. Et pour entre 58.44% et 72.62% pour les extraits de pamplemousse

8w_100'et 6w_50'. Également pour les extraits de citron le taux varie entre 45.91% et 72.48% est enregistré pour les extraits 8w_100' et 6w_100' respectivement.

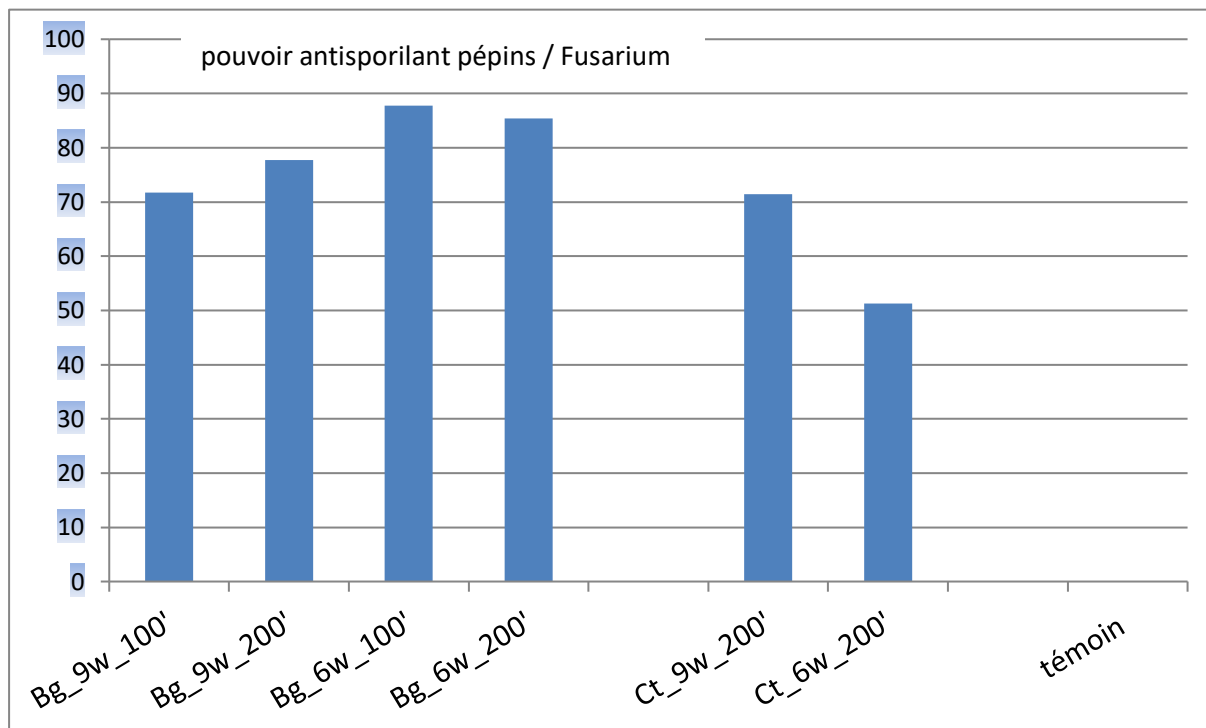


Figure 25 : Effet des bio-fongicide de pépins sur la sporulation de *Fusarium*

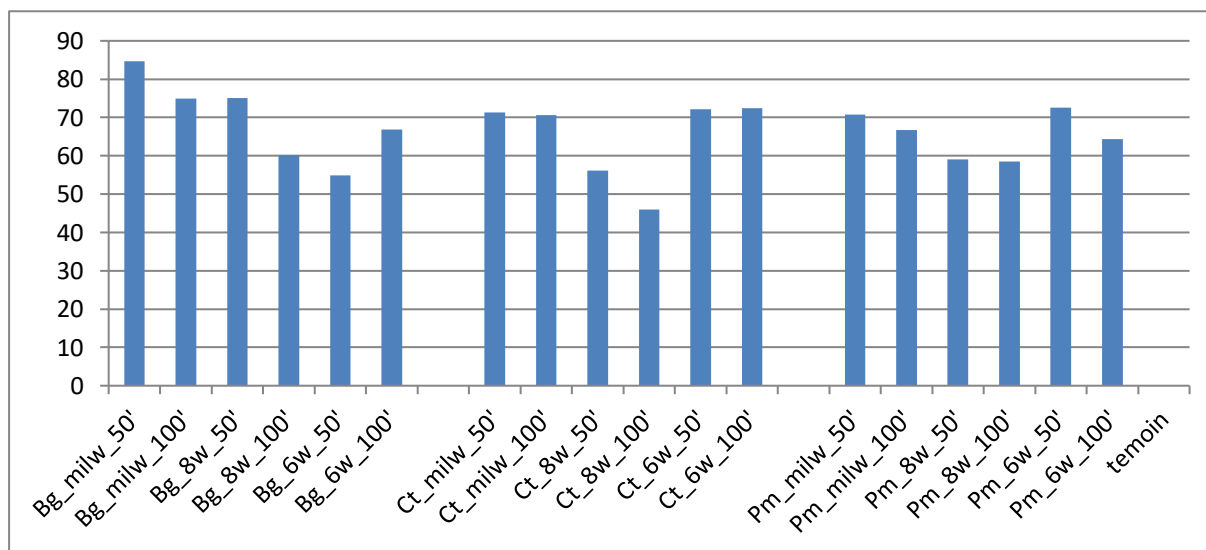





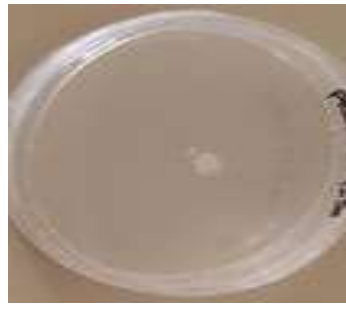





Figure 26: Effet des bio-fongicide de zestes sur la sporulation de *Fusarium*

.4 Pouvoir de l'extrait de la formule EF3 et la produit chimique (Azoxystrobine) sur la croissance mycélienne des trois isolats.

Le tableau(08) représente l'inhibition totale de la croissance mycélienne des trois isolats sous l'effet du pesticide chimique, la formule EF3.

Tableau 8 : Effet de la formule EF3 et le pesticide chimique (Azoxystrobine) sur la croissance mycélienne des trois isolats

	<i>Alternaria alternata</i>	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>
Produit F3			
Produit chimique			
Témoin			

3. Evaluation de l'efficacité antifongique *in vivo* de différents traitements sur l'agressivité de *Fusarium oxysporum*

Après 20 jours de l'inoculation artificielle de l'agent pathogène aucune observation liée à l'apparition des symptômes n'est apparue sur les plantules. Par contre, quelques plants traités présentent un flétrissement des cotylédons. Avec un flétrissement total des plants traités par la formulation EF3.

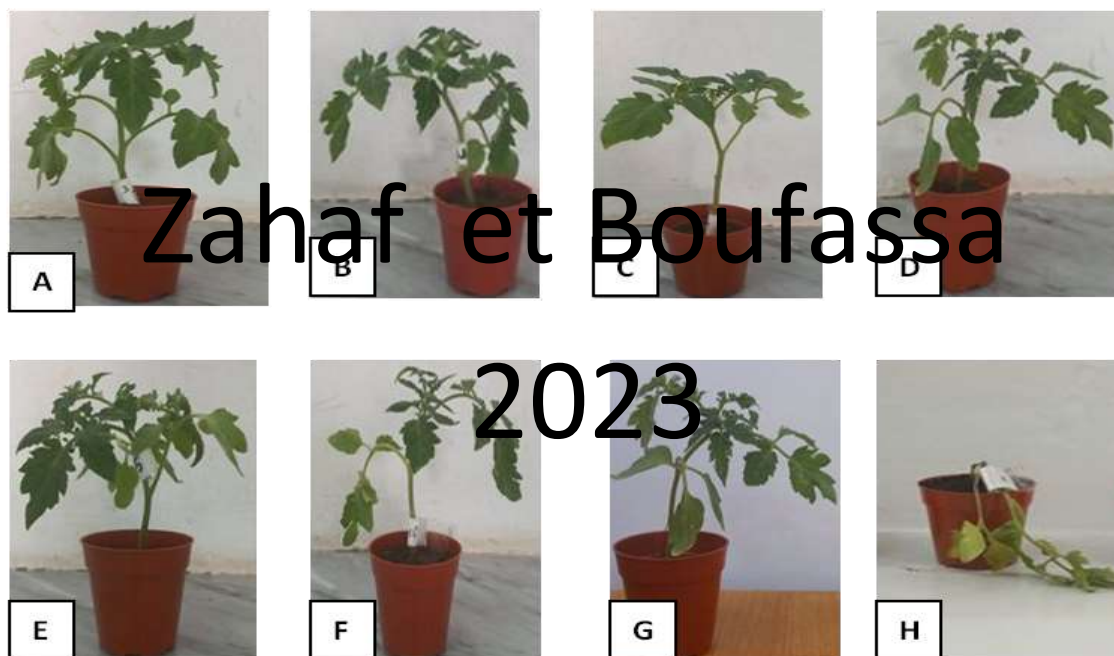


Planche 10 :Le résultat de test *in vivo*, **A**: zest Pm, **B**: zest Bg, **C**: extrait F2, **D**: extrait F31, **E**: produit chimique, **F**: TNI, **G**: TI, **H**: phytotoxicité de extrait F33

4. Evaluation de l'efficacité antifongique *in vivo* des différents traitements sur l'agressivité de *Botrytis cinerea* sur les feuilles détachées

La figure n°27 expose les différents niveaux de lésions des feuilles de tomate après trois jours d'une inoculation induite au laboratoire par *B. cinerea*. Les lésions de différentes surfaces sont observées pour l'ensemble des feuilles. Sauf, les feuilles enlevées d'un plant traité par l'extrait de zeste de pamplemousse Pm_6w_100'et le EF2, ce dernier 50% de sa composition est constitué de l'extrait de zeste de pamplemousse, ces deux traitements montrent une efficacité plus marquée par rapport les autres traitements.



Figure 27: Résultats des feuilles détachées traitées précédemment par différents traitements, inoculées par l'isolat de *Botrytis cinerea*.

Discussion

Discussion

Cette étude rentre dans le cadre de la recherche des méthodes et des produits alternatifs aux pesticides chimiques qui sont plus respectueuses de l'environnement et de la santé humaine. Une des formes alternatives est l'exploitation des métabolites secondaires provenant des plantes aromatiques et médicinales dans le but de les utiliser dans la lutte comme un bio-fongicide. Les résultats des tests réalisés *in vitro* montrent une efficacité très importante des extraits de zeste et pépins des agrumes vis-à-vis les agents pathogènes étudiés. Ceci est dû à la présence dans ces extraits des substances naturelles biologiquement active, selon Ghanem et *al.* (2012) l'analyse phytochimique de zeste d'un citrus a révélé la présence de plusieurs métabolites secondaires tels que les poly phénols et les flavonoïdes. La réaction des isolats dans notre travail est différente et varie selon la nature de l'extrait et le mode d'extraction. La composition chimique de chaque extrait est moyennement différente selon les paramètres extractifs appliqués, ce qui explique la différence entre les résultats des tests antifongique réalisé *in vitro* d'après Ben Jabeur et *al.* (2017) les extraits et les huiles essentielles ont des composants principaux différents, et leur mode d'action dans l'inhibition fongique n'est pas la même. Il est important de noter que cette composition chimique varie d'une plante à l'autre et d'un organe à l'autre mais les composants les plus dominants sont le limonène, linalol, le β pinène, le myrcène, l' α -pinène, etc.(Sarrou et *al.*, 2013, Chaieb et *al.*, 2017)

Les résultats des *tests in vitro* montrent que *Botrytis cinerea* est plus sensible aux traitements appliqués par rapport aux autres isolats, dont l'efficacité varie entre 60% et 75.63% sous l'effet des extraits de zeste de bigarade. Ceci peut être expliqué par la sensibilité des agents pathogène foliaires par rapport les agents telluriques. Selon Iboumhamdi et *al.* (2018) le limonène et le β -sélénène sont les principaux composants de l'huile essentielle de bigarade, l'efficacité de ces huiles est dose-dépendante et significative sur la croissance mycélienne de *Botrytis cinerea*.

En effet, l'efficacité de l'extrait de pamplemousse est plus importante par comparaison avec les autres traitements. Plusieurs recherches citant la présence de la naringine comme composant majeur des extraits de pépins des pamplemousses (Saalu et *al.* en 2007, Kanmani & Rhim, 2014). D'après Wang et Yu (2005), l'extrait de pamplemousse est riche en vitamine C et en naringine, un flavonoïde rarement présent dans les agrumes. Il contient également des limonoïdes. L'extrait de pépins de pamplemousse exerce son action au niveau de la

membrane des champignons, entraînant une rupture de leur membrane par désorganisation de leur bicouche lipidique (Xu et *al.*, 2008). L'étude de Krajewska-Kulak *etal.* Réalisée en 2003 révéla que l'EPP inhibait une partie de l'activité enzymatique des champignons, entraînant l'inhibition de leur croissance (Krajewska-Kulak et *al.*, 2003)

In vivo, sur feuilles détachées les traitements appliqués par pulvérisation 24h avant l'inoculation ont montré l'efficacité des extraits de zeste des agrumes ; pamplemousse et le bigarade. L'application de STROMAC® ; un fongicide chimique a montré une efficacité relativement comparable avec les différents traitements. Avec une efficacité plus marquée de l'extrait de pamplemousse suivi par la formule EF2. Selon Debbab (2017) l'efficacité des traitements réalisés *in vivo* varie en fonction de la technique d'extraction appliquée, dont cette dernière influe directement sur la composition chimique des extraits.

Conclusion générale

Conclusion

Ces dernières années, l'utilisation des fongicides d'origine naturel a suscité l'intérêt des agriculteurs dans le but de préserver l'environnement et la santé humaine des fongicides chimiques. Les projets de recherche ont explosé et de nombreux chercheurs ont été intéressés par les composés biologiquement actifs isolés des extraits de plante pour lutter contre les maladies cryptogamiques.

Ce travail a pour objectif d'évaluer l'activité bio-fongicide des extraits aromatiques du zeste et du pépin de trois variétés d'agrumes (Citron, Bigarade et Pamplemousse) vis-à-vis de trois isolats de champignons (*Alternaria*, *Botrytis* et *Fusarium*) de la tomate.

L'action bio-fongicide des extraits aromatiques des agrumes a montrée *in vitro* son efficacité sur la croissance mycélienne de l'agent phytopathogène *Botrytis cinerea*, ainsi que son efficacité sur la sporulation d'*Alternaria alternata* et *Fusarium oxysporum*, en l'occurrence les extraits d'agrumes n'avaient aucune efficacité sur la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum*. De l'autre côté les tests de traitement préventif des extraits d'agrumes sur les plantules et les feuilles détachées *in vivo* nous ont permis de montrer l'efficacité de l'extrait du zeste de Pamplemousse (Pm6W_100') sur les feuilles détachées suite à une inoculation artificielle par l'agent de la pourriture grise (*Botrytis cinerea*).

Le présent travail apporte des données encourageantes sur l'application des extraits naturels comme bio-fongicide remplaçant les fongicides conventionnels. En perspective, il est très intéressant de poursuivre cette recherche en étudiant la phytotoxicité et la toxicité des différentes doses qui ont présenté une efficacité considérable *in vitro* et *in vivo*, et réaliser d'autres études afin de dévoiler les potentialités et les pouvoirs biocides des extraits et/ou les huiles essentielles de *Citrus*.

Références bibliographiques

Références

- Agriculture & développement rural 1/2006
- Agrios, GN. (2005). Plant pathology 5. Eddition Elsevier Academic Press, California. 922p
- Ali Lbounhamdi, Mohamed Znini, Julien Paolini, Jean Costa, et Lhou Majidi., 2018. Chemical composition and biocontrol of the essential oil of celeri seeds (*apium graveolens* l.) Against *botrytis cinerea* after apples harvest. American Journal of Innovative Research and Applied Sciences. ISSN 2429-5396
- Anonymes., 2023. Le RAP (réseau d'avertissement phytosanitaire) , fiche technique des cultures ornementales en serre).
- Armstrong G.M. and Armstrong, J.K. (1981). *Formae speciales and races of Fusarium oxysporum causing wilt diseases.* In: *Fusarium: Diseases, Biology and Taxonomy.* Nelson, P.E., Tousson, T.A., Cook, R.J. Ed. Pennsylvania State University Press, University Park. pp. 391-399.
- Baches M. et Baches B., 2011-Agrumes comment les choisir et les cultiver facilement. Ed. Eugen Ulmer. Paris. 105p
- Baches M. et Baches B., 2011-Agrumes comment les choisir et les cultiver facilement. Ed. Eugen Ulmer. Paris. 105p
- Badaoui M. (2018). Contribution à l'étude de la dynamique des populations de *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera ; Gelechiidae) et essais de contrôle biologique sur la culture de tomate mostaganm. 102p
- Barnett, H. L., Barry, B., & Hunter, (1972). *Illustrated genera of imperfect fungi*, 209 p.
- Ben Hsouna, A.; Sadaka, C.; Generali'c Mekini'c, I.; Garzoli, S.; Švarc-Gaji'c, J.; Rodrigues, F.; Morais, S.; Moreira, M.M.; Ferreira, E.; Spigno, G.; et al. The Chemical Variability, Nutraceutical Value, and Food-Industry and Cosmetic Applications of Citrus Plants: A Critical Review. *Antioxidants* 2023, 12, 481. <https://doi.org/10.3390/antiox12020481>
- Ben jabeur, I. somai-jemmali, w.hamada. *Journal of applied microbiology* , volume 122, issue 4, 01 april 2017, p 932-939.
- Bénédicte et Bachès M., 2002 _Agrumes. Ed. Ulmer, Paris, 96 p.

- BENEDICTE et BACHES, 2011. LES EDITIONS EUGEN ULMER
- Benettayeb Z., 2011- Performance du greffage des arbres fruitiers Ed. ONPU, Algérie.
- Blancard D.(2009). Les maladies de la tomate, identifier, connaitre, maitriser. Edition : Quae Paris 691p.
- Blancard D.(2009). Les maladies de la tomate, identifier, connaitre, maitriser. Edition : Quae Paris 691p.
- Bové J-M. 2006. “Huanglongbing”: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. Journal of Plant Pathology 88, 7–37. FAOSTAT - <http://www.fao.org/faostat/en/#data> López H., Pantoja M.L., Riverón R.L., Fernández C.G., Fernández J.C.C., Bázquez I.P., Le Riverend L.B., Rodríguez L.H., Rodríguez V.Z., Espinosa D.H. 2014. Situación de “huanglongbing” de los cítricos en Cuba siete años después de su detección. CitriFrut 31(2), 3-9. Ministère de l’agriculture et de l’alimentation. 2018. Memento de la statistique agricole, AGRESTE, Guadeloupe. ONEI – Oficina Nacional de Estadística e Información, CUBA.
- BrichetJ., 1946- Pamplémousse ou pomelo, une équivoque à supprimer. Fruits d’Outre-Mer, 1 (10) : 297-300.
- CHAMPION R., 1997. Identifier les champignons transmis par les semences. Techniques et pratiques. Edition INRA, Paris, France, 398 p.
- CHAUX C. et FOURY C., 1994. Production légumière. Tome III. Ed. Lavoisier. 563p.
- CHAUX C. et FOURY C., 1994. Production légumière. Tome III. Ed. Lavoisier. 563p.
- Chitwood-Brown, J.; Vallad, G.E.; Lee, T.G.; Hutton, S.F. Breeding for Resistance to Fusarium Wilt of Tomato: A Review. Genes 2021
- Cirad., gret. (2002).organisme, France Ministère des affaires étrangères, cirad, centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement France, et Gret, groupe de recherche et d’échanges technologique, ministère des affaires étrangères). Mémento de l’agronomie. (éd). Quae,6p.
- Cirad., gret. (2002).organisme, France Ministère des affaires étrangères, cirad, centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement France, et Gret, groupe de recherche et d’échanges technologique, ministère des affaires étrangères). Mémento de l’agronomie. (éd). Quae,6p.

- Cronquist A., 1981. An inetgrated system of classification of following plants. Colombia University. 1256p.
- CRONQUIST A., 1981. An integrated system of classification of following plants.Colombia University. 1256p.
- Debbab sarah 2017, étude in vitro et in vivo des pouvoirs bio-fongicides des extraits naturels vis-à-vis de l'agent de la fusariose de la tomate : *Fusarium oxysporum f.s.p radicis lycopersici*. protection des culture p45.
- Dobinson K.F., patterson N.A., Withe G.J.ET++et Grant S.(1998) DNA fingerprinting and vegetative compatibility analysis indicate multiple origins for *verticillium dahliae* race 2 tomato isolates from ontario, canada .mycology Resarch jornal, 102(9) : 1089-1095.
- Dobinson K.F., patterson N.A., Withe G.J.ET++et Grant S.(1998) DNA fingerprinting and vegetative compatibility analysis indicate multiple origins for *verticillium dahliae* race 2 tomato isolates from ontario, canada .mycology Resarch jornal, 102(9) : 1089-1095.
- DSA Mostaganem. (2022). Directorate of Agricultural Services of the Mostaganem region.
- Dye D.W.,Bradbury J.F. , Goto M.,Hayward A. C., Lelliott R.A.et Schorth M.N. (1980).Internationals standards for naming pathovars of phytopathogènie bacteria.
- Dye D.W.,Bradbury J.F. , Goto M.,Hayward A. C., Lelliott R.A.et Schorth M.N. (1980).Internationals standards for naming pathovars of phytopathogènie bacteria.
- ESCLAPONG D. R., (1975). Les agrumes. Ed. La Somivac, Corse, n° 68, 12 p
- FAO. 2017La production mondiale des cultures maraichère. Ed. FAO.
- FAO. 2023La production mondiale des cultures maraichère. Ed. FAO.
- FAOSTAT, 2013- Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- FAOSTAT, 2019- Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- Fondio, L., N'zi, J.-C., & Kobenan, K. (2015). Comportement agronomique et sanitaire de nouvelles lignées de piment (*Capsicum* sp.) dans le Sud de la Côte d'Ivoire. Journal of Applied Biosciences 92, 8594 – 8609. DOI :<http://dx.doi.org/10.4314/jab.v92i1.4>
- Fondio, L., N'zi, J.-C., & Kobenan, K. (2015). Comportement agronomique et sanitaire de nouvelles lignées de piment (*Capsicum* sp.) dans le Sud de la Côte

d'Ivoire. Journal of Applied Biosciences 92, 8594 – 8609. DOI :<http://dx.doi.org/10.4314/jab.v92i1.4>

- Franck Curk., 2014, Les clémentiniers et autres petits agrumes.
- Gallais A. et Bannerot H., 1992- Amélioration des espèces végétales cultivées, objectifs et critères de sélection. Ed. INRA, Paris. 382 p.
- Gallais A. et Bannerot H., 1992- Amélioration des espèces végétales cultivées, objectifs et critères de sélection. Ed. INRA, Paris. 382 p.
- Ghanem N., Mihoubi D., Kechaou N. & Mihoubi N. B., 2012. Microwave dehydration of three citrus peel cultivars: Effect on water and oil retention capacities, color, shrinkage and total phenols content. Industrial Crops and Products, 40(1): 167–177..
- Guide pratique, 1995 : la culture de tomate sous serre. Tipaza : institut technique des cultures maraichères et industrielles.
- Guide pratique, 1995 : la culture de tomate sous serre. Tipaza : institut technique des cultures maraichères et industrielles.
- Hibar K. Daami-Remadi M., Jabnoun-Khiareddine H., El Akram Znaidi I., et El Mahjoub M. (2006). Effet des extraits de compost sur la croissance mycélienne et agressivité du *Fusarium oxysporum f. sp. Radicis lycopersici*. *Biotechnol. Agronomy Society Environnement*. 10(2) :101-108.
- Hibar K. Daami-Remadi M., Jabnoun-Khiareddine H., El Akram Znaidi I., et El Mahjoub M. (2006). Effet des extraits de compost sur la croissance mycélienne et agressivité du *Fusarium oxysporum f. sp. Radicis lycopersici*. *Biotechnol. Agronomy Society Environnement*. 10(2) :101-108.
- IDRENMOUCHE S., 2011- Biologie et écologie de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera : Gelechiidae) dans la région de Boumerdes. Mémoire Magistère en Sciences Agronomiques. E.N.S.A. El Harrach, 103p.
- IDRENMOUCHE S., 2011- Biologie et écologie de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera : Gelechiidae) dans la région de Boumerdes. Mémoire Magistère en Sciences Agronomiques. E.N.S.A. El Harrach, 103p.
- INRS ,2023.
- Iris phytoprotection CRAAQ2023, Canada.par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et le Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec

- Jacquemond C., Mario H. et Coord, 2013- les clémentiniers et autres petits agrumes. Ed. Quae. 368p.
- JAMES B., ATCHA-AHOWE C., GODONOU I., BAIMEY H.,GOERGEN G.,SIKIROU R., Toko M., 2010.Gestion intégrée des nuisibles en production maraichère. Ed.Dar es-Salaam, Tanzanie.115p.
- JAMES B., ATCHA-AHOWE C., GODONOU I., BAIMEY H.,GOERGEN G.,SIKIROU R., Toko M., 2010.Gestion intégrée des nuisibles en production maraichère. Ed.Dar es-Salaam, Tanzanie.115p.
- Jean-Marie Polese 2008 la culture des agrumes.
- Jones J. J., Zitter T. A., Momol T. M. & Miller S. A. (Eds) (2014). Fusarium Crown and Root Rot. Dans *Compendium of Tomato Diseases and Pests*. 2e éd. APS Press. The American Phytopathological Society Press, St-Paul, Minnesota. p. 25-27.
- KHEN Ouissam 2014 ,Erosion génétique des espèces agrumicoles dans la wilaya de Skikda: Contraintes de production, Université 20 Août 1955 Skikda.
- Krajewska-Kulak E. et al. réalisée en 2003 révéla que l'EPP inhibait une partie de l'activité enzymatique des champignons, entraînant l'inhibition de leur croissance
- Lambert (L.), 2006 – Lutte anti insectes appliquée aux tomates de serre, MAPAQ, (QC). Profil de la culture des tomates de serre au Canada Programme de réduction des risques liés aux pesticides Centre pour la lutte antiparasitaire. Agriculture et Agroalimentaire Canada. Aout 2006.
- Lambert (L.), 2006 – Lutte anti insectes appliquée aux tomates de serre, MAPAQ, (QC). Profil de la culture des tomates de serre au Canada Programme de réduction des risques liés aux pesticides Centre pour la lutte antiparasitaire. Agriculture et Agroalimentaire Canada. Aout 2006.
- Latigui A., 1984. Effets des différents niveaux de fertilisation potassique sur la fructification de la tomate cultivée en hiver sous serre nom chauffée. Thèse magister. INA El-Harrach.
- Latigui A., 1984. Effets des différents niveaux de fertilisation potassique sur la fructification de la tomate cultivée en hiver sous serre nom chauffée. Thèse magister. INA El-Harrach.
- LAUMONNIER R., 1979. Cultures légumières et maraichères. Ed. Bailléré. Tome III. 273p.

- LAUMONNIER R., 1979. Cultures légumières et maraichères. Ed. Bailléré. Tome III. 273p.
- LECOMTE C., 2016. Fusariose du cyclamen : détection préventive du risque et contrôle biologique. Thèse de Doctorat de l'Université de Bourgogne, Discipline: Sciences Vie, France, 240 p.
- Loussert R., 1987 -Les agrumes, arboricultures. Ed. Mkalles-Mar Roukoz. Liban. Technique scientifique universitaire, 113 p
- MADR., 2018 - (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural), Direction des statistiques. P21.
- MADR., 2018 - (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural), Direction des statistiques. P21.
- Morard., S.(2013).Guide pratique. Mes tomates du jardin à la cuisine. SMACT,11p
- MUNRO D et SMALL E.(1998).les légumes du canada .NRC ResearchPress.
- MUNRO D et SMALL E.(1998).les légumes du canada .NRC ResearchPress.
- Naika S., De Goffau M., Hilmi M. et Vandam B., 2005.la culture de tomate production .transformation et commercialisation Ed Wageningen. Pays-Bas. 105p.
- Naika S., De Goffau M., Hilmi M. et Vandam B., 2005.la culture de tomate production .transformation et commercialisation Ed Wageningen. Pays-Bas. 105p.
- NAIKA S., JEUDE J. V., GOFFAU M., HILMI M. et DAM V B ., 2005.La culture de la tomate AD17F. Ed. FondationAgromisaet CTA.
- NAIKA S., JEUDE J. V., GOFFAU M., HILMI M. et DAM V B ., 2005.La culture de la tomate AD17F. Ed. FondationAgromisaet CTA.
- Nmichi, A., El kholfy, S., Ouabbou, A., Outcoumit, A., El-assfour, A., Ouazzani, A., Touhami, A., Benkirane, R., Belahbib, N., & Douira A. (2014). Première récolte de deux espèces fongiques du genre Polyporus nouvellement récoltées au Maroc: Polyporus arcularius Batsch : Fr. et Polyporus meridionalis (A. David) Jahn. Agronomie Africaine, 26(3), 1-7.
- Nmichi, A., El kholfy, S., Ouabbou, A., Outcoumit, A., El-assfour, A., Ouazzani, A., Touhami, A., Benkirane, R., Belahbib, N., & Douira A. (2014). Première récolte de deux espèces fongiques du genre Polyporus nouvellement récoltées au Maroc: Polyporus arcularius Batsch : Fr. et Polyporus meridionalis (A. David) Jahn. Agronomie Africaine, 26(3), 1-7.

- Pitt JI and Hocking AD (2009). Fungi and food spoilage. Springer Dordrecht Heidelberg London New York. Third edition .P89-122
- POLESE J. M., 2007. La culture des tomates- un catalogue de 72 variétés de la tomate. Ed. Artémis. 95 p.
- POLESE J. M., 2007. La culture des tomates- un catalogue de 72 variétés de la tomate. Ed. Artémis. 95 p.
- Praloran J. C. 1971. Les agrumes. Paris : G.-P. Maisonneuve et Larose.
- PRALORAN J.C., 1971-Les agrumes, techniques agricole et productions tropicale Ed. Maisonneuve et Larose, Paris, 561 p
- Rao M.J., Zuo H., and Xu Q. (2021). Genomic insights into citrus domestication and its important agronomic traits. Plant Comm. 2, 100138
- REEVES A., 1973. An observation on natural outcrossing in the tomato. (*Lycopersicon esculentum* L.). Northwest Arkansas. Arkansas Academy of Science Proceedings XXVII.
- REEVES, A. F. (1973). An observation on natural outcrossing in the tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) in Northwest Arkansas. Arkansas Academy of Science Proceedings XXVII.
- REEVES, A. F. (1973). An observation on natural outcrossing in the tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) in Northwest Arkansas. Arkansas Academy of Science Proceedings XXVII.
- Richard C. & Boivin G. (1994). Fusariose des racines et du collet de la tomate. Dans *Maladies et Ravageurs des Cultures Légumières au Canada*. La Société Canadienne de Phytopathologie et la Société d'Entomologie du Canada, Canada. p. 302 et 379-380.
- Saalu et al. en 2007, citant la naringine comme composant majeur des EPP (Saalu et al., 2007), et par Kanmani P. & Rhim J.-W. en 2014, citant là encore la naringine comme composant majeur des EPP (Kanmani & Rhim, 2014.).
- Saighi Imane et Ben Hamdi Merièm 2020. Identification et caractérisation des maladies fongiques de pomme de terre et essai de lutte biologique par les extraits végétaux dans la région d'EL-Oued.
- Sarrou et al., 2013, Chaieb et al., 2017 Ali et al., 2012 ,). les composants les plus dominants sont le limonène, le linalol, le β pinène, le myrcène, l' α -pinène.

- SHANKARA, NAIKA, ; VAN, ; LIDIT , De Jeudi, Mardja ,Martin ;2005 : La culture de la tomate production, transformation et commercialisation,6,18,19 ;p20
- SHANKARA, NAIKA, ; VAN, ; LIDIT , De Jeudi, Mardja ,Martin ;2005 : La culture de la tomate production, transformation et commercialisation,6,18,19 ;p20
- Snoussi S A., 2010. Etude de base sur la tomate en Algérie. Rapport de mission. FAO Rome. 53p.
- Snoussi S A., 2010. Etude de base sur la tomate en Algérie. Rapport de mission. FAO Rome. 53p.
- SNOUSSI S. A., 2010 - Etude de base sur la tomate en Algérie. Rapport de GTFS/REM/070/ITA, 52 p.
- SNOUSSI S. A., 2010 - Etude de base sur la tomate en Algérie. Rapport de GTFS/REM/070/ITA, 52 p.
- Snyder W.C and Hans H.N., 1940 *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. (Sacc.) Prepared by Mui-Yun Wong.PP728 Soilborne Plant Pathogen Class Project, spring.
- Snyder, W.C.; Hansen, H.N. 1940: The species concept in *Fusarium*. *American Journal of Botany* 27(2): 64-67.
- Stepien L, Lalak-Kanczugowska J, Witaszak et Urbaniak M (2019). Fusarium secondary metabolism biosynthetic Pathways: so close but so Far Away.J_M. Mérillon, K.G.Ramawat (eds), Co-Evolution of secondary Metabolites.01-04.
- Trottin –caudal Y.(2011). maitrise de la protection intégrée tomate sous serre et abris. Edition :Ctifl. Paris 282p.
- Trottin –caudal Y.(2011). maitrise de la protection intégrée tomate sous serre et abris. Edition :Ctifl. Paris 282p.
- Viron, N., 2010. Identification et validation de nouveaux gènes candidats impliqués dans la régulation du développement du fruit de la tomate. Thèse de doctorat en biologie végétal. Université de Bordeaux. 1. 140p
- WAGENINGEN., 2005. La culture de la tomate. Ed. Barbara van Dam.105p.
- WAGENINGEN., 2005. La culture de la tomate. Ed. Barbara van Dam.105p.
- Wang L. & Yu J. (2005). Antioxidant activity of Citrus limonoids, flavonoids, and coumarins. *J. Agric. Food Chem.* 53(6): 2009p

- WILLIAMSON B., TUDZYNSKI B., TUDZYNSKI P. et VAN KAN J., 2007. Botrytis cinerea: the cause of grey mould disease. *Molecular Plant Pathology*, n°8, 561-580.
- WILLIAMSON B., TUDZYNSKI B., TUDZYNSKI P. et VAN KAN J., 2007. Botrytis cinerea: the cause of grey mould disease. *Molecular Plant Pathology*, n°8, 561-580.
- Zema, D.A.; Calabro, P.S.; Folino, A.; Tamburino, V.; Zappia, G.; Zimbone, S.M. Valorisation of citrus processing waste: A review. *Waste Manag.* 2018, 80, 252–273. [
- Ziri S., 2011. Contribution à la lutte intégrée contre *Tuta absoluta* sur tomate en plein champ. Diplôme de magister, El-Harrach, école nationale supérieure agronomique El Harrach, Option : Entomologie appliquée à la protection des végétaux : 92p.

Annexe

Annexe 1

Milieux de culture

➤ milieu PDA

PDA 39 g

Eau distillée : compéter à 1000 ml

Stérilisation : à 120c pendant 20 mn

➤ Solution de KNOP :

Les composants :

Nitrate de potassium 1g

Nitrate de potassium 0.25g

Sulfate de magnésium 0.25g

Phosphate mono potassique 0.25g

Sulfate ferrique 0.05g.

Annexe 2 :

Fiche technique de produit chimique « **STROMAC®** »



➤ **Propriété**

- Fongicide d'action protectrice, curative , éradicante ,translaminaire et systémique.
- Utilisé dans les récoltes de vignes, cucurbitacées , pomme de terre , tomate .

➤ **Mode d'utilisation et posologie**

Catégorie	Dose	DAR
Oïdium/Anthracnose des cultures maraichères	70 ml/hl	14 jours
BLAK-ROT / Oïdium de la vigne	70 ml/hl	14 jours

➤ **Conditions de stockage**

_ Stocké dans un emballage d'origine et dans un endroit réservé au stockage des pesticides, sec, aéré et bien éclairé.

_ Stocké à l'écart de nourriture et hors de portée des enfants et des animaux domestiques.

➤ **Précautions d'emploi**

- 1- Se conformer aux instructions citées dans l'étiquettes
- 2- Mettre des lunettes, des gants et des bottes de protectrice en caoutchouc pendant l'application.
- 3- Eviter le contact du produit avec le corps et les yeux se laver soigneusement après la manipulation.
- 4- Après l'utilisation et disposition toujours détruits vides de récipients de selon les méthodes employées.

➤ **Premiers secours**

- 1- **Ingestion** : Eviter de faire vomir le patient et transporter le malade à l'hôpital.
- 2- **Contact avec la peau** : Enlever les habits souillés et se laver avec de l'eau et du savon.
- 3- **Contact avec les yeux** : Rincer les yeux abondamment avec l'eau pendant 15 minutes.
- 4- **Inhalation** : Amener la personne dans un bien aéré.