

République Algérienne démocratique et populaire

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



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة والحياة

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE

Présenté par :

Melle SLAMNIA Halima

et

Melle KIROUANE Fatiha

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN AGRONOMIE

Spécialité : Protection des végétaux

Thème :

Essai de biocontrôle de *Fusarium* sp. agent
de la pourriture sèche des agrumes (*Citrus*)
par des extraits d'Atriplex halimus.

Soutenue publiquement le 27 /06/2024

Devant le Jury

Présidente	Mme. BERGHEUL S.	MCA	Univ. Mostaganem
Examinatrice	Mme. BADAOUI M.I.	MCB	Univ. Mostaganem
Encadreur	Mme.SAIAH F	MCB	Univ.Mostaganem
Co-Encadreur	Mme. HAMZA L.	MAA	Univ.Mostaganem

Thème réalisé au laboratoire de protection des végétaux

Année universitaire: 2023-2024

Remerciements

Au terme de ce travail, fruits des années du labeur,

Nous remercions, Madame BERGHEUL Saida, d'avoir accepté de présider notre jury.

On tient également à exprimer notre profonde gratitude et sincères remerciements à nos encadreurs Madame SAIAH Farida et Madame HAMZA Houaria d'avoir proposé et dirigé ce travail; on les remercie infiniment pour leurs remarques importantes, leur orientations et leur conseils, tout au long de ce travail.

Nous remercions Madame BADAOUI Ikram pour avoir accepté d'examiner notre travail et de nous avoir prodigué autant de conseils durant toute l'année universitaire.

Enfin nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail par leur soutien moral ou matériel.

Un merci spécial à tous ceux qui nous ont soutenus pour terminer ce travail.

Dédicace

Tout d'abord, je remercie le dieu, notre créateur de m'avoir donné la force, la volonté et le courage afin d'accomplir ce modeste travail.

Je dédie ce travail à ma mère Kalïa, la source de tendresse et la lumière qui guide mes routes et qui m'emmène aux chemins de la réussite, pour tous ces sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie.

A mon père Abdelkader que je remercie énormément pour ses efforts, ses conseils et sa surveillance grâce à lui j'ai eu la chance de réaliser mes études.

A ma chère sœur Chïmaa.

A mes Très aimables frères: Abdellah Oussama et Badr Eddine.

A mes copïnes: Imene, Fatiha et Sihem

A tous mes enseignants sans exceptions.

A tous mes collègues de la promotion LPCATPV

Enfin, j'offre mes bénédictions à tous ceux qui m'ont soutenu dans l'accomplissement de ce travail.

Halïma

Dédicace

Avant tout, je tiens à remercier le bon dieu et l'unique qui m'a offert le courage et la volonté nécessaire pour affronter les différentes épreuves de la vie.

Je dédie ce succès à ceux que j'aime beaucoup, qui ont sacrifié leur vie pour que je réussisse,

Ceux qui sont toujours à mes côtés, ce que j'ai de plus cher dans la vie,

à vous **ma grande mère** que dieu te bénisse "رحمها الله" , et mes chères tantes **Aïcha** et **khäira** que dieu vous garde, vous trouverez ici le fruit de vos Sacrifices.

A ma petite sœur **Rina**

A mes copines: **Naima, hadil, kholoud, imene**

A mon chère amie et binôme **Halima** et sa famille qui m'a supporté durant ce travail, sans elle je n'aurai su rien faire. Je ne sais pas le temps qui nous reste, mais qu'importe le temps lorsqu'on a des amis."

A toute la promotion master II Agronomie spécialité : protection des végétaux ...

À tous ceux qui sont proches de mon cœur. Et dont je n'ai pas cité les noms

À ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Sans oublier **Mme Saïah**, et **Mme Hamza**, et tous les professeurs que ce soit ceux du primaire, du moyen, du secondaire, ou de l'enseignement supérieure.

A ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour la finalisation de ce travail.

Fatîha

Résumé

Le travail effectué a pour objectif d'évaluer l'efficacité d'une plante aromatique endémique, l'*Atriplex halimus* pour lutter contre la pourriture sèche des agrumes provoqué par l'agent pathogène *Fusarium* sp. Cette plante de la famille des Chenopodiaceae (amaranthaceae), est riche en composés phénoliques. Pour extraire ses derniers nous avons utilisés quatre méthodes d'extraction; Soxhlet, macération dans l'éthanol, macération dans l'acétone et l'huile essentielle. Les résultats du test « in vitro » de l'effet des extraits de la plante *Atriplex halimus* sur la croissance mycélienne, montre une corrélation entre les différentes doses des extraits et du taux d'inhibition du champignon testé, en effet, plus la dose est élevée plus la croissance mycélienne est ralentie. Les résultats du test « in vivo » démontre l'effet protecteur des extraits de la plante d'*Atriplex halimus*, sur les racines des orangers.

Mot clés : *Fusarium* sp., *Atriplex halimus*, extrait, macération, Soxhlet, croissance mycélienne, sporulation.

Abstract

The objective of the work carried out is to evaluate the effectiveness of an endemic aromatic plant, *Atriplex halimus*, in the fight against dry rot of citrus fruits caused by the pathogen *Fusarium* sp. This plant of the Chenopodiaceae family (amaranthaceae), is rich in phenolic compounds. To extract the latter, we used four extraction methods; Soxhlet, maceration in ethanol, maceration in acetone and essential oil. The results of the "in vivo" test demonstrate the protective effect of extracts from the plant of *Atriplex halimus* on the roots of orange trees.

Key words: *Fusarium* sp, *Atriplex halimus*, extract, maceration, Soxhlet growth, sporulation.

ملخص

يهدف هذا العمل المنجز الى تقييم فعالية النبات المستوطن القطف في مكافحة التعفن الجاف للحمضيات الناتج عن العامل الممرض هذا النبات من عائلة القطفيات غني بالمركبات الفينولية لاستخراج الأخير استخدمنا اربع طرق السوسكليت و النقع في الايثانول والاسيتون و الزيوت الاساسية أظهرت نتائج الاختبار تأثير المستخلصات البوليفينولية لنبات على نمو اتخليا الفطرية وجود علاقات ارتباط بين الجرعات المختلفة لمستخلصات و معدل تثبيط المرض الفطري الذي تم اختباره في الواقع كلما زادت الجرعة ارتفعت نسبة تثبيط المرض الفطري الكلمات المفتاحية الفيزاريوم القطف النقع السوسكليت النمو الفطري و التبريض

Table des matières

Remerciements

Dédicace

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale

Donnée bibliographique

Chapitre I: les agrumes

1.1- Généralité des agrumes dans le.....	3
1.2.La production des agrume.....	4
1.2.1.La production mondiale :.....	4
1.2.2.La production en Algérie :.....	5
1.2.3- La production à Mostaganem :.....	6
1.3.Posistion systématique :	6
1.4.Description botanique et cycle phénologique des agrumes.....	7
1.4.1.Partie souterraine:.....	8
1.4.2.Partie aérienne :.....	8
1.4.2.1- Les feuilles des agrumes :.....	9
1.4.2.2.Les fleurs des agrumes :.....	9
1.4.2.3.Les fruits des agrumes :.....	10
1.4.2.4.Les graines :.....	10
1.4.3.Le cycle de développement :.....	10
1.4.3.1- La croissance végétative :.....	10
1.4.3.2.Développement floral :.....	11
1.4.3.3.Développement des fruits :.....	12
1.5.Les exigences climatiques :	12
1.6.Les Aléas climatiques :.....	13
1.7.Les problèmes phytosanitaires des agrumes en Algérie :.....	13
1.7.1.Les principaux ravageurs des agrumes :.....	14
1.7.2.Les maladies d'origine cryptogamique:.....	15

Chapitre II : La Fusariose des agrumes

2.1.Généralités :.....	
2.2.Epidémiologie:.....	2. 19
3.Description de la maladie:.....	19
2.4.Dégats :	20
2.5.Lutte:.....	21
2.6.Agents pathogène : <i>Fusariumsp</i>	21
2.6.1.Caractéristique générales des <i>Fusarium sp</i> :.....	22
2.6.2.Classification :.....	23
2.7.Les substance parasitaire associées au <i>Fusariumsp</i> :.....	24
2.7.1.Les toxines:.....	24
2.7.2.Les enzymes hydrolytiques :	25
2.8.Les mécanismes de défense :.....	25
2.8.1.Les barrières mécaniques :.....	25
2.8.2.Les barrières biochimiques produits par la plantes.....	26

Chapitre III : *Atriplexhalimus*

27

27

3.1. Généralité sur l'Atriplex.....	
3.2.Systématique de l'espece.....	
3.3. Répartition géographique de l' <i>Atriplexhalimus</i>	28
3.3.1. Dans le monde.....	28
3.3.3.En Algérie.....	28
3.3.4.Descuption botanique de l'espece.....	29
3.5.Composition chimique des espèces d'Atriplex.....	31
3.5.1.La composition chimique d' <i>Atriplexhalimus</i>	31
3.6.Activités biologique d' <i>Atriplexhalimus</i>	32
3.7.Activités antioxydante.....	32
3.7.1.Radicaux libres.....	33
3.7.2.Stress oxydant et antioxydant.....	33
3.7.3. Pouvoir antioxydant de la plante <i>Atriplexhalimus</i>	34
3.8. Activités biologiques.....	34
3.8.1. Effet antidiabétique de la plante <i>A. halimus</i>	34
3.8.2. L'activité antibactérienne de la plante <i>A. halimus</i>	34
3.8. 3.Activité antifongique:.....	35
3.9. Intérêts de l' <i>Atriplexhalimus</i>	35
3.9.1. En alimentation humaine.....	35
3.9..2. En économie.....	35
3.9.3. En phytothérapie.....	36

Donnée expérimentale

Chapitre I : Matériel et méthodes

I. Matériel et méthodes

1.1. Objectif de travail.....	37
1.2.1. Matériel fongique.....	37
1.2.1. Isolement des isolats.....	37
1.2.2.Repiquage de l'agent pathogène <i>Fusariumsp</i> des agrumes.....	38
1.2.3. Identification.....	39
1.2.4. Conservation des isolas.....	39
1.3. Evaluation de l'activité antifongique de l'extrait de l' <i>Atriplexhalimus</i> vis-à-vis de <i>Fusariumsp</i> des agrumes.....	40
1.3.1.Matériel végétale.....	40
1.3.2. Préparation de la plante aromatique pour l'extraction.....	41
1.3.3. Protocole expérimental.....	42
1.3.4.Procédés d'extraction.....	42
1.3.4.1. Extraction méthanoïque par macération.....	42
1.3.4.2. Extraction par le dispositif Soxhlet.....	45
1.3.4.3.Préparation des dilutions des composés phénoliques.....	46
1.3.4.4-Conduit de l'essai de l'évaluation de l'activité antifongique « in vitro » de l'extrait méthanoïque d' <i>Atriplexhalimus</i> vis-à-vis de <i>Fusariumsp</i>	46
1.3.5. Procédés de l'extraction de l'huile essentielle.....	46
1.3.5.1. La distillation par entraînement à la vapeur d'eau.....	46
1.3.5.2. Calcule du rendement d'huile essentielle.....	47
1.4- Evaluation de la croissance mycélienne.....	47
1.5- Analyse statistique.....	49

1.6. Evaluation de l'activité antifongique in vivo de l'extrait de <i>Atriplexhalimus</i> vis-à-vis de <i>Fusariumsp</i> des agrumes.....	
1.6.1. Préparation des plantes des agrumes.....	
1.6.2. Préparation de la suspension sporale	49
1.6.3. Traitement préventif par trempage racinaire.....	50
II-Résultats et interprétation :	
2.1-Caractères morphologiques d'isolat de <i>Fusarium</i> :.....	51
2.1.1-Etude de l'aspect macroscopique:.....	51
2.1.2- Etude de l'aspect microscopique:.....	51
2.2. Teneur d'extraction:.....	52
2.3. Evaluation de l'activité antifongique de l'extrait des feuilles et tiges d' <i>Atriplexhalimus</i> sur <i>Fusariumsp</i> agents de pourriture sèche des racines des agrumes.....	52
2.3.1- Evaluation de l'activité antifongique sur la croissance mycélienne.....	52
2.3.2.Evaluation de l'activité antifongique de l'extrait des feuilles et des tige de l' <i>Atriplexhalimus</i> sur la sporulation de <i>Fusariumsp</i> :.....	59
2.4. Evaluation de l'efficacité antifongique in vivo de l'extrait d' <i>Atriplexhalimus</i> sur l'agressivité de <i>Fusariumsp</i>	62
2.5. Discussion.....	66
Cnclusion.....	67
Références bibliographiques.....	68
Annexes.....	76

Liste des abréviations

% : Pourcentage

°C : Degré Celsius

°O₂ : oxygène singulet.

°OH: radical hydroxyle.

Cm : Centimètre

DPPH : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle

DSA : Direction des Services Agricole

E : Est

ERO : espèces réactives oxygénées

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

g : Gramme

H₂O₂: peroxyde d'hydrogène

ha : Hectare

ITAF : Institut Technique d'Arboriculture Fruitière

Kg : Kilogramme

KNOP : K (potassium), N (azote), O (oxygène), P (phosphore).

m: Mètre

Mt : Millions de tonnes

N : Nord

NO° : monoxyde d'azote

O.M.S : l'organisation mondiale de la santé

ONOOH : nitroperoxyde

ONOOH : nitroperoxyde.

PDA : Potato Dextrose Agar

Qx : Quintaux

RO° - :le radical alkoxyde

ROO°: radical peroxyde

ROO°: radical peroxyde.

T° : Température

Ti% : taux d'inhibition de la croissance mycélienne

UE : Union européenne

USDA : United States Department of Agriculture

Liste de figures

Figure 01 : Répartition géographique des agrumes dans le monde.....	03
Figure 02 : Répartition de la production mondiale par espèce d'agrumes en 2020.....	04
Figure 03 : la production et la superficie en wilayas potentielles.....	05
Figure 04 : Un arbred'agrumes.....	07
Figure 05 : Représentation schématique de quelques types de feuilles.....	08
Figure 06 : Fleur des agrumes.....	09
Figure 07 : Fruit d'agrumes.....	10
Figure 08 : Coupe transversale de fruit d'un Citrus.....	10
Figure 09 : Cycle phénologique du clémentinier.....	11
Figure 10 : fusariose des agrumes.....	15
Figure 11 : Gommose des agrumes.....	15
Figure 12 : Symptomes de greasy spot sur les feuilles d'oranger.....	16
Figure 13 : Fumagine sur les feuilles d'oranger.....	16
Figure 14 : Anthracnose sur les feuilles d'agrumes.....	17
Figure 15 : symptômes de mal secco sur un oranger.....	17
Figure 16 : Alternariose sur les feuilles d'agrumes.....	18
Figure 17 : dépérissement d'un arbre d'agrumes causé par <i>Fusarium</i> sp.....	21
Figure 18 : Fructification de <i>Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici</i>	23
Figure 19 : Structure de lyomarasmine.....	25
Figure 20 : Structure de l'acide fusarique.....	25
Figure 21 : Répartition de l' <i>Atriplex halimus</i> L en Algérie.....	29
Figure 22 : plante d' <i>Atriplex halimus</i> : sous-espèce <i>schweinfurthii</i>	29
Figure 23 : Tige d' <i>Atriplex halimus</i>	30
Figure 24 : feuilles et Fleurs d' <i>Atriplex halimus</i>	31
Figure 25 : Valves fructifères.....	31

Figure 27 : Origine des espèces réactives de l'oxygène ; Les quatre étapes de la réduction de l'oxygène et la formation des intermédiaires partiellement réduits.....	33
Figure 18 :Zone de prélèvement des échantillons situé dans la région de Douar Slamnia Oued El kheir Mostaganem.....	37
Figure 29 : Arbre et racine de Thomson présentant des symptômes de <i>Fusariumsp</i>	37
Figure 30 : Isolat repiqué de <i>Fusariumsp</i> . Cultivé sur milieu P.D.A après 3 jours.....	38
Figure 31 purification des isolats	38
Figure 32 : Isolats de <i>Fusariumsp</i> conservés dans les tubes.....	40
Figure 33 : Site de Matarba Mostaganem.....	41
Figure 34 : Séchage de la plante dans une étuve à la température de 35 °C.....	41
Figure 36 : Montage d'appareil soxhlet.....	45
Figure 37 :Dispositif de l'entraînement à la vapeur d'eau.....	46
Figure 38 : Préparation de suspensionsporale dans un tube à centrifuger.....	48
Figure 39 : La réalisation du traitement préventif par trempage racinaire (test in vivo).....	49
Figure 40 : Aspect macroscopique de l'isolat de <i>Fusariumsp</i> . cultivé sur milieu P.D.A après 8 jours.....	50
Figure 41 : Aspect microscopique GX40 des colonies de l'isolat de <i>Fusariumsp</i> . en suspension.....	50
Figure 42 : l'effet « in vitro » des différentes concentrations de l'extrait par macération d' <i>Atriplexhalimus</i> sur l'isolat de <i>Fusariumsp</i>	51
Figure 43 :Effet de l'extrait des feuilles et tiges d' <i>Atriplex halimus</i> (extraction par macération par acétone) sur la croissance mycélienne de <i>Fusariumsp</i>	52
Figure 44 :Effet de l'extrait des feuilles et tiges d' <i>Atriplex halimus</i> sur la vitesse de croissance mycélienne de <i>Fusariumsp</i>	53
Figure 45 : Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de <i>Fusariumsp</i> sous l'effet des différentes concentrations de l'extrait par macération (Acétone) des feuilles et tiges d' <i>Atriplex halimus</i>	54
Figure 46 : l'effet « in vitro » des différentes concentrations de l'extrait éthanolique par macération d' <i>Atriplexhalimus</i> sur l'isolat de <i>Fusariumsp</i>	54
Figure 47 : Effet de l'extrait des feuilles et tiges d' <i>Atriplex halimus</i> (extraction par macération par éthanol) sur la croissance mycélienne de <i>Fusariumsp</i>	55
Figure 48 :Effet de l'extrait éthanolique des feuilles d' <i>Atriplex halimus</i> sur la vitesse de croissance mycélienne de <i>Fusariumsp</i>	55
Figure 49 : Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de <i>Fusariumsp</i> sous l'effet des différentes concentrations de l'extrait méthanoïque par macération (éthanol) des feuilles et tiges d' <i>Atriplex halimus</i>	57
Figure 50 : l'effet « in vitro » des différentes concentrations de l'extrait méthanoïque par macération d' <i>Atriplexhalimus</i> sur l'isolat de <i>Fusariumsp</i>	58
Figure 51 : Effet de l'extrait méthanoïque des feuilles d' <i>Atriplexhalimus</i> (extraction par Soxhlet sur la croissance mycélienne de <i>Fusariumsp</i>	58
Figure 52 : Effet de l'extrait méthanoïque des feuilles et tiges d' <i>Atriplex halimus</i> sur la vitesse de croissance mycélienne de <i>Fusariumsp</i>	59

Figure 53 : Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de <i>Fusarium</i> sp. sous l'effet des différentes concentrations de l'extrait méthanoïque des feuilles et tiges d' <i>Atriplex halimus</i> ...	60
Figure 54: Taux d'inhibition de la sporulation de l'isolat de <i>Fusarium</i> sp. sous l'effet des différentes concentrations de l'extrait d'acétone (par macération) de la partie aérienne de l' <i>Atriplex halimus</i>	61
Figure 55 : Taux d'inhibition de la sporulation de l'isolat de <i>Fusarium</i> sp. sous l'effet des différentes concentrations de l'extrait d'éthanol (par macération) de la partie aérienne de l' <i>Atriplex halimus</i>	62
Figure 56 : Taux d'inhibition de la sporulation de l'isolat de <i>Fusarium</i> sp. sous l'effet des différentes concentrations de l'extrait de méthanol (par soxhlet) de la partie aérienne de l' <i>Atriplex halimus</i>	63
Figure 57 : les résultats de test in vivo des racines d'agrumes.....	64
Figure 58 : Effet in vivo de l'extrait des feuilles et tiges d' <i>Atriplex halimus</i> sur des plantes d'agrumes.....	65

Liste des tableaux

Tableau 01 : Classification des principaux producteurs de la moitié de la production mondiale des agrumes et leurs parts 2020.....	05
Tableau 02 : Superficie complanté, en rapport et production des agrumes année 2021/2022....	06
Tableau 03 : Composition variétale des agrumes en l'Algérie.....	06
Tableau 04 : Les ravageurs des agrumes en Algérie.....	14
Tableau 05: Nomenclature des sections et espèces de <i>Fusarium</i>	24
Tableau 06 : Répartition des espèces d' <i>Atriplex halimus</i> dans le monde.....	28
Tableau 07 : composition minérale d'un <i>Atriplex halimus</i>	32
Tableau08 : Cordonnée géographique du site.....	40
Tableau 09 : Rendement et quelques propriétés caractérisés aux extraits obtenus.....	51

Introduction

L'arboriculture fruitière fait partie intégrante de la vie économique et sociale des pays à travers le monde entier. Les agrumes représentent la première catégorie fruitière en termes de valeur à faire l'objet d'un commerce international, la libéralisation du commerce, ainsi que les avancées technologiques en matière de stockage et de transport ont engendré une globalisation de l'industrie des agrumes (Imbert, 2007).

En Algérie, l'agrumiculture possède une collection variétale composée de 178 espèces d'agrumes qui constitue un patrimoine génétique inestimable (Karboua, 2002). Elle occupe une place importante, et représente pour le pays un intérêt économique et social.

Cependant, malgré cette richesse variétale, la productivité nationale reste encore faible puisqu'elle connaît des fluctuations qui varient d'une année à une autre. De multiples contraintes contribuent à cette faiblesse en particulier les problèmes liés aux facteurs de production et les contraintes abiotiques et biotiques, notamment. Ces derniers sont causées par des organismes vivants tels que les champignons, les bactéries, les virus et les insectes.

Les agrumes sont soumis à l'attaque d'agent phytopathogènes tels que les *Fusarium* sp. Leur développement rapide et insidieux, engendre la destruction complète de l'arbre, cet agent tellurique occasionne des dégâts avec des conséquences désastreuses sur le rendement et la qualité de la récolte. Contre ce genre de fléaux, la prévention ainsi que l'utilisation des produits chimiques représentent à l'heure actuelle la solution la plus efficace. Cependant, les inconvénients liés à l'utilisation répétée des produits de synthèse entraînent souvent la pollution de l'environnement, l'apparition de souches résistantes et augmente la quantité des résidus sur les fruits (ITAFV, 2012; Ozbay et Newman, 2004).

Dans la recherche de molécules bioactives alternatives aux molécules de synthèse, l'exploration des ressources naturelles notamment les plantes aromatiques, apparaît comme une piste prometteuse car elles constituent, de par leur biodiversité, une grande réserve de substances actives (Scherrer et al., 2005). En effet, les extraits naturels des plantes aromatiques contiennent une variété de molécules aux activités biologiques et pharmacologiques très diverses. Parmi ces plantes se trouve *Atriplex halimus* connue comme plante médicinale, utilisée pour le traitement de nombreuses maladies, en particulier les maladies cardiovasculaires, le diabète et l'hypertension et même le rhumatisme. Elle possède de nombreuses activités biologiques antioxydantes, anti bactériennes et antifongique... (Gattouche et al., 2018).

Le travail qu'on a effectué a pour l'objectif de mettre en évidence une éventuelle activité antifongique «in vitro» de trois extraits de la plante d'*Atriplex halimus*, sur la

croissance mycélienne et la sporulation de *Fusarium* sp. , agent responsable de pourriture sèche sur les racines d'agrumes. Il est réparti en deux parties :

- La première partie, est la partie bibliographique, qui comprend trois chapitres, le premier sur la plante hôte, le deuxième sur l'agent pathogène, et le troisième a traité la plante aromatique *Atriplex halimus*.
- La deuxième partie, est la partie expérimentale, qui résume la méthodologie du travail et les résultats obtenus ainsi que leur discussion.

Données bibliographiques

Chapitre I
LES AGRUMES

Chapitre I: Les agrumes

1.1.Généralités sur les agrumes

Les agrumes, également connus sous le nom d'Hespérides dans la mythologie grecque (Bailey et *al.*, 2006), se caractérisent par leur grande diversité de familles et d'ordres. L'agrumiculture dans les pays du bassin méditerranéen est variée, avec une diversité d'espèces cultivées telles que les oranges, les mandarines, les clémentines, les pomelos, les citrons, les limes et les pamplemousses, pour n'en nommer que quelques-unes. Cette diversité reflète en quelque sorte la richesse et la variabilité de ces arbres, en raison de l'ampleur de cette culture (Virbel-Alonso, 2011).

Le centre d'origine des agrumes se situe principalement dans le Sud-Est Asiatique. Dans cette zone l'hybridation naturelle est très fréquente, dans ce groupe des plantes (Parfonry, 2001). Les agrumes auraient été diffusés au Moyen-Orient, puis dans les pays méditerranéens, par les échanges commerciaux de l'antiquité et jusqu'à nos jours. C'est ainsi, qu'à la fin du 16^{ème} siècle, les agrumes à l'exception du mandarinier, s'étaient répandus dans presque toutes les régions tropicales et subtropicales (Parfonry, 2001).

Selon Cassin (1984), l'aire de culture des agrumes est répartie en trois zones climatiques principales :

- La zone intertropicale, s'étendant de l'Équateur aux latitudes 22°-23° Nord et Sud
- La zone semi-tropicale, s'étendant entre les latitudes 22°-23° et 28°-29° Nord et Sud
- La zone subtropicale, située entre 30° et 40° Nord et Sud.

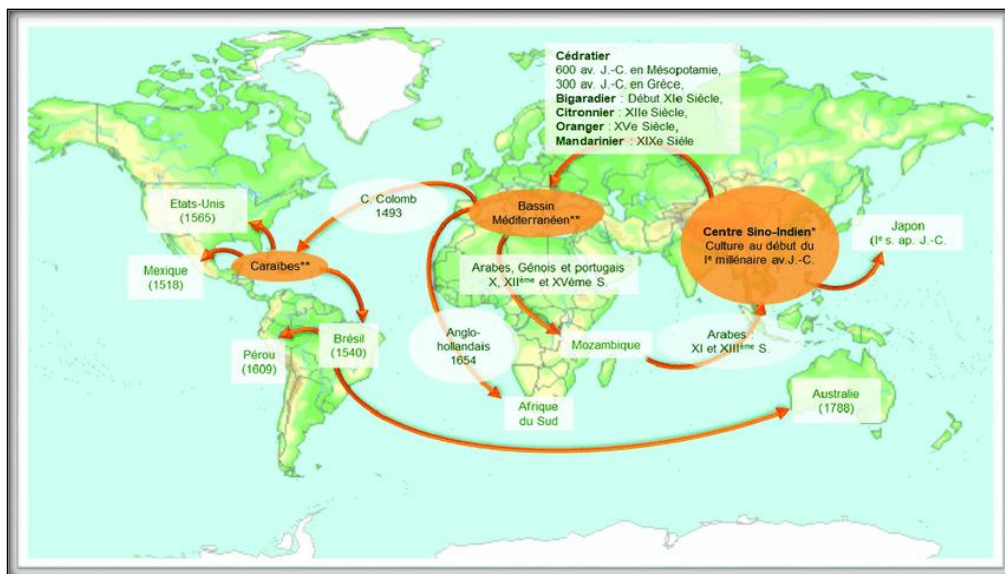


Figure 01: Répartition géographique des agrumes dans le monde (Praloran, 1971)

1.2. La production des agrumes

1.2.1. la production mondiale

Les agrumes à jus sont les fruits les plus cultivés. Les oranges douces représentent la moitié de la production mondiale des agrumes, suivies des tangerines/mandarines, des citrons/limes et des pomelos (FAO, 2021).

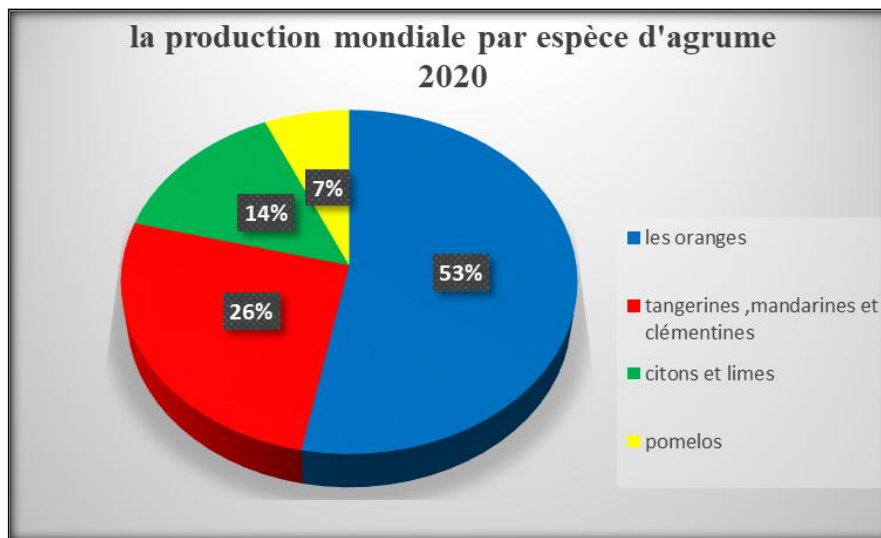


Figure 02: Répartition de la production mondiale par espèce d'agrumes en 2020 (FAO, 2020)

La production mondiale toutes variétés confondues est de 143,7 millions de tonnes. Les principaux pays producteurs en 2020 en millions de tonnes sont: la Chine (37,7 soit 26,2 % de la production mondiale), le Brésil (19,6 soit 13,6 %), le Mexique (8,4). Ils représentent 49,1 % de la production mondiale, ensuite vient l'Espagne (6) et la République Démocratique du Congo (4,6).

En Europe, les agrumes sont cultivés dans les pays méditerranéens. L'Espagne est de loin le premier producteur (l'orange représente 53 % de la production, les tangerines 30 %). (FAO, 2021).

Tableau 01: Classification des principaux producteurs de la moitié de la production mondiale des agrumes et leurs parts 2020 (FAO, 2021).

Pays	Production en tonnes	Part en %
Chine	37700000	26,2%
Brésil	19600000	13,6%
Mexique	8400000	9,3%

1.2.2. La production d'agrumes en Algérie

L'agrumiculture Algérienne constitue l'une des principales filières arboricoles nationales en Algérie, occupant environ 9 % de la superficie totale dédiée à l'arboriculture fruitière, avec une superficie de plus de 73 470 hectares, dont 63 734 hectares en rapport.

En 2019, le pays a produit plus de 1 583 493,1 tonnes d'agrumes, avec une orientation principale vers le marché du frais.

Cette production est principalement concentrée dans les wilayas du centre et de l'ouest (voir Figure 01 ainsi que les Annexes 1 et 2) (ITAFV, 2021).

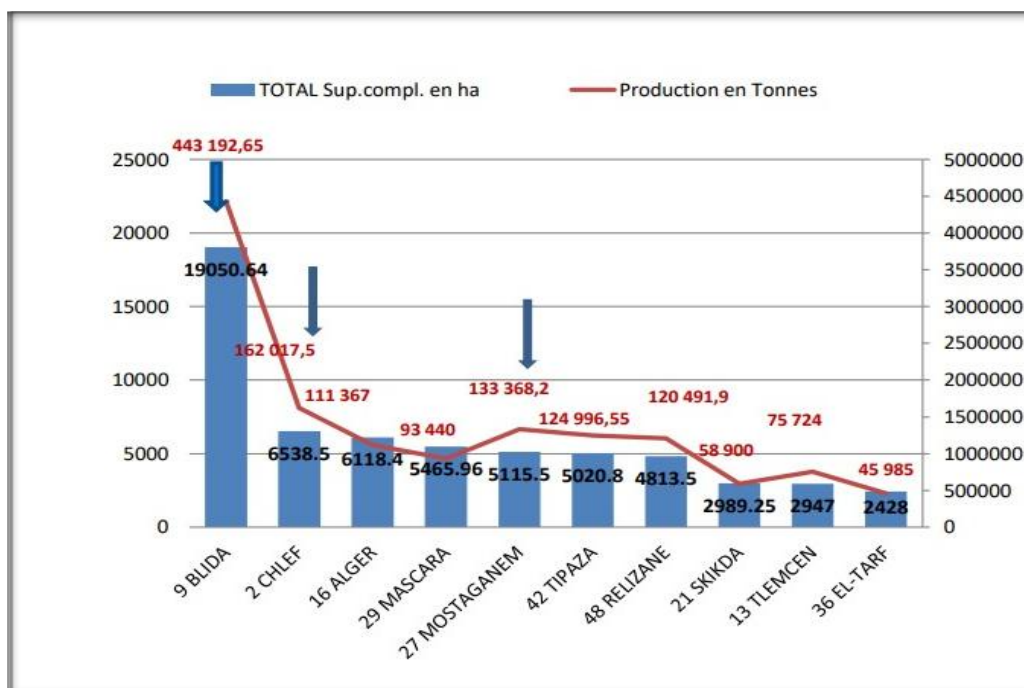


Figure 03: la production et la superficie des agrumes par wilaya (ITAFV 2021).

Les vergers d'agrumes en Algérie se composent de tous les groupes de *Citrus*, avec une prédominance des oranges, qui occupent à elles seules, 73% de la surface agrumicole totale. Elles sont suivies par les clémentiniers, qui représentent 16% de cette surface, puis par les citronniers avec 6,9%, et les mandariniers avec un taux de 4%. Les mandariniers, dont la faible résistance aux intempéries et aux conditions de transport est souvent critiquée, sont de moins en moins plantés. En dernière position, le groupe des pomelos ne représente que 0,1% de la superficie totale, avec une régression des superficies plantées annuellement.

Tableau 02:Composition spécifique des agrumes en l'Algérie (ITAFV,2021)

Type d'agrumes	superficies complantés (ha)	productions (qx)
Orange	51 714	11 995 351
Clémentinier	14 331	2 487 839
Mandarinier	2 519	464 659
Citrons	4 814	870 166
Pomélos	92	16 915
TOTAL	73 470	15 834 930

1.2.3. La production des agrumes à Mostaganem

Différentes variétés de *Citrus* sont plantées sur 4832,50ha dans la région de Mostaganem ; cependant, la production totale en 2021était de 1460565qx pour toutes les espèces confondues (voir annexe 3) (DSA, 2024).

Le tableau 03, représente la superficie complantée, celle en rapport et la production des agrumes dans la wilaya de Mostaganem.

Tableau 03: Superficie complanté, en rapport et production des agrumes année 2021/2022(DSA, 2024).

	Superficie complanté (ha)	Superficie en rapport (ha)	Production(qx)
Oranger (Thomson)	1699	1377 ,5	435870
Clémentinier	727	692 ,5	214270
Citronnier	256 ,5	243 ,5	60248
Mandarinier	224	256	4650
Pomelo	0	0	0

1.3. Position systématique

Selon Praloran (1971)inBerrighi(2007), les agrumes appartiennent à :

Règne:	Végétale
Embranchement:	Angiospermes
Classe:	Eudicotes
Sous classe:	Archichlomydeae
Ordre:	Géniale
Famille:	Rutaceae
Sous-famille :	Aurantioideae
Tribu :	Citreae
Sous-tribu :	Citrinae
Trois genres :	<i>Fortunella, Poncirus, Citrus</i>

C'est au dernier genre qu'appartiennent les principales espèces cultivées (Praloran, 1971):

- *Citrus sinensis*Osback (Oranger)
- *Citrus reticulata*Blanco(Mandarinier)
- *Citrus clementina*Clement (Clémentinier)
- *Citrus limon*BRUN (Citronnier)
- *Citrus grandis* OSBACK (Pomplemoussier)
- *Citrus medical* INN (Cédratier)
- *Citrus aurantium*LINN (Bigaradier)

1.4. Description botanique et cycle phénologique des agrumes

Swingle (1948) note que le genre *Citrus* présente plusieurs caractéristiques: il s'agit d'un arbre de petite taille dont les jeunes rameaux deviennent rapidement cylindriques et épineux (avec une épine simple à l'aisselle des fruits), mais dont les branches âgées sont souvent dépourvues d'épines.

Selon Richard (2004), les agrumes se composent de deux parties distinctes: la partie souterraine, qui forme le porte-greffe, et la partie aérienne (greffon), qui produit les fruits de la variété de l'espèce cultivée.



Figure 04: Un arbred'agrume (Slamnia, Kirouane 2024)

1.4.1. Partie souterraine

Chez les agrumes, le système racinaire représente plus de 70% de la taille totale de l'arbre. Les racines possèdent un pivot pouvant dépasser les 2 mètres de profondeur sous la surface du sol. De plus, ces racines fibreuses se prolongent généralement bien au-delà de la canopée, qui constitue l'écran formé par la partie supérieure de la végétation du verger (Walter et Sam, 2002)

1.4.2. Partie aérienne

Le système aérien des agrumes se compose du tronc, à partir duquel émergent les branches charpentières, qui à leur tour donnent naissance aux ramifications portant les feuilles, les fleurs et les fruits (Aubert, 1988).

À quelques dizaines de centimètres du sol, on greffera la variété choisie sur le tronc. Celui-ci conduit la sève riche en éléments minéraux vers la frondaison (Richard, 2004).

Les branches charpentièresprennent naissance sur le tronc et restent limitées par la taille au nombre de trois ou quatre et porteront les sous-mères, qui porteront à leur tour les rameaux végétatifs et les rameaux fructifères(Richard, 2004).

Les rameaux des agrumes, parfois épineux, connaissent plusieurs vagues de croissance, la plus significative étant celle du printemps (Virbei-Alonso, 2010).

1.4.2.1. Les feuilles des agrumes

Les feuilles des agrumes peuvent être simples ou composées, sans stipules, et disposées de manière éparses ou opposées. Elles partagent un trait commun : la présence de glandes oléifères qui se manifestent sous forme de points translucides. De plus, toutes les parties de la plante sécrètent des tissus contenant des huiles essentielles dégageant une odeur aromatique (Courboulex et Lorrain, 1998; Matmati, 2005)

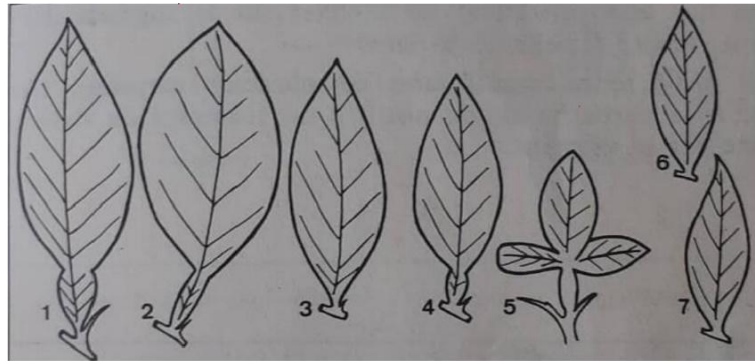


Figure 05 : Représentation schématique de quelques types de feuilles (Loussert, 1985).
1) Bigaradier, 2) Oranger, 3) Citronnier, 4) Pomelo, 5) Citronnier épineux, 6) Mandarinier, 7) Clémentinier.

1.4.2.2. Les fleurs des agrumes

Les fleurs sont généralement régulières et hermaphrodites, composées de 4 ou 5 pétales (blancs). L'androcée est généralement libre et présente une obdilatostémonie, tandis que les carpelles sont soudés pour former un gynécée à ovaire pluriloculaire, parfois supérieur, parfois inférieur (Courboulex et Lorrain, 1998 in Matmati, 2005).

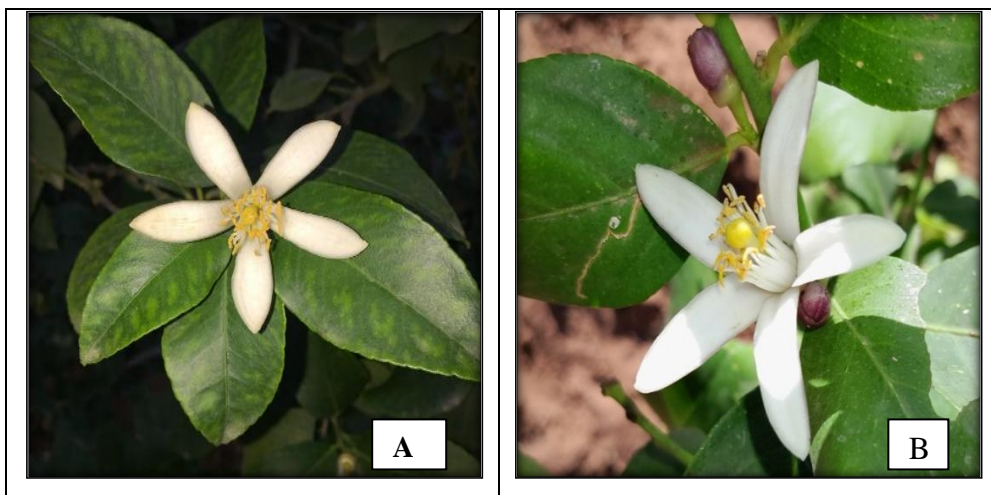


Figure 06 : Fleurs des agrumes oranger (Slamnia et Kirouane, 2024).

- A : fleur d'oranger
- B : fleur de citronnier

1.4.2.3. Les fruits d'agrumes

Les fruits des agrumes présentent une diversité pomologique importante, variant en forme de l'aplatie à l'oblong, et en couleur du jaune au rouge foncé. Leur poids peut varier de quelques grammes (comme le kumquat) à plusieurs kilogrammes (comme le pamplemousse)(Milind, 2008)

Tous les fruits des *Citrus* cultivés ont presque la même structure, composée essentiellement de deux parties morphologiques: le péricarpe et l'endocarpe (pulpe)(Terol et *al.*, 2010)

Le péricarpe, également appelé écorce, se compose de deux parties: l'épicarpe la partie la plus externe de cette enveloppe, de couleur orangée ou jaune, contenant de nombreuses poches sécrétrices riches en huile essentielle et le mésocarpe, la partie la plus intérieure du péricarpe de couleur blanche, de texture souvent cotonneuse ou spongieuse, de nature cellulosique, d'épaisseur variable (Chavanne, 2011; Faucon, 2015).

La pulpe formée par l'endocarpe est la partie comestible du fruit. Elle est constituée par un ensemble de poils ou vésicules renfermant le jus (Barboni, 2006).

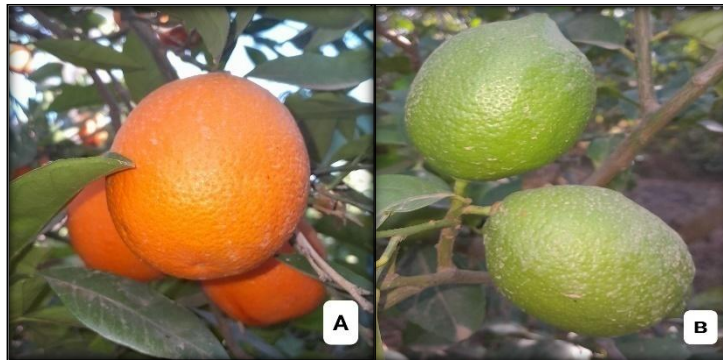


Figure 08: Fruit d'agrumes(Slamnia et Kirouane 2024).

A : Fruit d'oranger **B :** Fruit de Citronnier

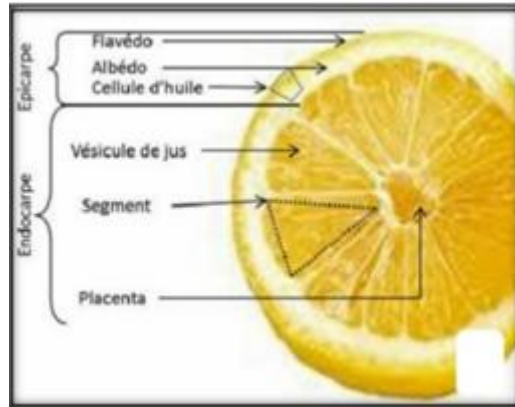


Figure 09: Coupe transversale du fruit d'un Citrus (Duan et *al.*, 2014).

1.4.2.4. Les graines

Les graines des agrumes sont blanches à verdâtres, aplaties et angulaires. Elles sont généralement polyembryonnaires, ce qui signifie que plusieurs embryons peuvent être zygotiques ou nucellaires. Les embryons zygotiques proviennent de la pollinisation de l'ovaire, c'est-à-dire de la reproduction sexuée, ce qui signifie que leur qualité corticole peut différer de celle de l'arbre parent. En revanche, les embryons nucellaires sont entièrement issus de la plante mère et présentent des caractéristiques très similaires à celles de l'arbre parent (Manner, 2005).

1.4.3. Cycle de développement des agrumes

1.4.3.1. Croissance végétative

Les *Citrus* sont généralement des arbres à feuillage persistant, à l'exception de *Poncirus trifoliata* qui perd son feuillage en hiver (Loussert, 1989 in Berrighi, 2007). Ils se caractérisent par une émission régulière de feuillage tout au long de l'année, marquée par l'apparition de jeunes ramifications, appelées poussées de sève, au cours de trois périodes distinctes :

- **Première poussée de sève (poussé de printemps)**

De fin Février jusqu'au début Mai: les ramifications s'allongent, et se développent des jeunes feuilles de coloration vert-claire. Sur ces nouvelles pousses apparaissent en Avril et Mai les organes fructifères (Loussert, 1989 in Berrighi, 2007)

- **Deuxième poussée de sève (poussée d'été)**

De juillet à Aout: se développent de nouvelles pousses qui sont en général moins importantes que celles de printemps et d'automne (Loussert, 1989 in Berrighi, 2007).

- **Troisième poussée de sève (poussée d'automne)**

De Septembre à Novembre: Cette dernière pousse assure le renouvellement du feuillage (Loussert, 1989 in Berrighi, 2007).



Figure 09: Cycle phénologique du clémentinier (Curk, 2013).

- a: Développement du bu bourgeon : stade début du gonflement du bourgeon
- b: Développement du bouton floral: stade bouton vert
- c: Développement du bouton floral: stade bouton blanc
- d : Développement du bouton floral: stade ballon
- e : Floraison: stade fleur épanouie
- f : Floraison: stade chute des pétales
- g : Développement du fruit: stade nouaison
- h : Maturation du fruit: stade maturité interne et externe

1.4.3.2. Développement floral

- **La floraison**

La floraison des agrumes commence par le processus d'induction florale, marquant la transition de l'état végétatif à l'état reproducteur, qui dure environ un mois et demi à deux mois (Jacquemont et *al.* 2009)

- **Pollinisation**

Le développement parthénocarpique du fruit est déclenché par la germination du grain de pollen sur le stigmate sans qu'il y soit fécondation complète (Ghelamallah, 2005)

- **Fécondation**

Le germe de pollen se développe dans le stylet du stigmate et aboutit à la fusion des deux gamètes (anthérozoïde et oosphère), marquant ainsi la phase finale de la fécondation (Matmati, 2005).

I.4.3.3. Développement des fruits

Les étapes du développement sont: la nouaison, le grossissement et la maturation.

- **La nouaison** : C'est la première étape du développement du fruit juste après la fécondation(Ghelamallah, 2005)
- **Le grossissement**: Etape rapide (Mai-Juin) qui nécessite de l'eau et des éléments nutritifs (N), afin d'obtenir un bon calibre et une bonne qualité du fruit(Matmati, 2005)
- **La maturation** : Cette étape s'effectue pendant la période échelonnée entre Juillet et Septembre, le fruit poursuit son développement en grosseur pour atteindre en Octobre son calibre définitif (Loussert, 1989; Praloran, 1971 in Berrighi, 2007)

1.5. Les exigences climatiques

Les agrumes sont considérés comme des espèces à climat chaud, sont situés dans des zones basses à moins de 400 m d'altitude, ce sont donc les plaines littorales et sub-littorales quiconstituent la zone favorable des vergers d'agrumes(ITAFAV, 2021).

Les *Citrus* montrent une grande capacité d'adaptation à des conditions pédoclimatiques très variées, mais ils sont vulnérables aux dommages causés par le froid lorsque les températures descendent en dessous de 2°C(El Otmani, 2005).

La culture des agrumes est viable là où la température moyenne annuelle se situe entre 13°C et 39°C.

En ce qui concerne les besoins en eau, une quantité d'eau d'environ 120 mm par mois, soit entre 1200 et 1500 mm par an, est nécessaire pour la culture des agrumes. En dessous de cette quantité, l'irrigation est nécessaire(Anonyme, 2006)

Selon Loussert (1989), les agrumes sont des arbres à feuillage persistant ayant des besoins en eau élevés, variant généralement entre 900 et 1200 mm par an. En effet, un excès de chlorure, de sodium ou de magnésium dans l'eau peut être préjudiciable à la culture des citronniers. (Kasraoui, 2006 et 2009)

Une humidité atmosphérique élevée pendant la saison chaude peut entraîner des attaques de phytophthora. Bien qu'elle n'ait pas une influence significative sur le comportement des agrumes eux-mêmes, elle peut avoir des incidences importantes sur le développement de certains ravageurs, notamment les cochenilles. L'excès d'humidité atmosphérique en saison chaude favorise le parasitisme tout en réduisant la transpiration de l'arbre, et donc ses besoins en eau, qui sont en moyenne de 4 m³/ha/jour pendant l'été. (Belguendouz, 2014)

1.6. Les aléas climatiques

Le vent chaud et sec (sirocco) peut provoquer un dessèchement, surtout pendant la floraison (Loussert, 1989). Les agrumes sont sensibles aux gelées printanières et aux gelées tardives d'hiver, notamment lorsqu'elles surviennent pendant des stades critiques tels que la floraison ou la maturation des fruits pour certaines variétés de clémentiniers et de mandariniers.

À des températures inférieures à -1 et -2°C, des dommages peuvent apparaître sur les fruits, tandis qu'à des températures inférieures à -3 et -4°C, des dommages sur les parties aériennes de l'arbre sont observés. En dessous de -8°C, l'arbre peut même dépérir. (Loussert, 1985 ; 1989)

Les agrumes prospèrent particulièrement dans des sols légers et profonds. Ils se développent bien dans des sols perméables, bien aérés et correctement drainés, permettant un bon écoulement des eaux de pluie et d'irrigation en profondeur. Les agrumes s'adaptent également à des pH plutôt acides, variant généralement entre 6,5 et 7, ce qui favorise une bonne assimilation des éléments minéraux (Grissa, 2010).

1.7. Problèmes phytosanitaires des agrumes en Algérie

Les agrumes sont susceptibles d'être affectés par diverses maladies et ravageurs, pouvant entraîner des dommages importants sur la récolte en détruisant les fruits et/ou les arbres (Ghelamallah, 2005).

1.7.2. Les principaux ravageurs des agrumes: Les ravageurs économiquement importants des agrumes son répertoriés sur le tableau 04

Tableau 04: Les ravageurs des agrumes en Algérie (Bich, 2012).

Ravageurs	Noms		Dégâts
	Scientifique	Commun	
Insectes	<i>Aonidiellaaurantii</i>	Pou de Californie	attaquent lesfeuilles, lesrameaux et les fruits. Développement de la fumagine, chute des feuilles et dépérissement des fruits.
	<i>Lepidosaphesbeckii</i>	cochenille moule	
	<i>Lepidosaphesglowerii</i>	cochenille virgule	
	<i>Chrysomphalu Dictyospermi</i>	Pou rouge de Californie	
	<i>Parlatoriaziziphi</i>	Pou noir de l'oranger	
	<i>Parlatoriapergandei</i>	Cochenille blanche	
	<i>Saissetiaoleae</i>	Cochenille H	
	<i>Iceryapurshasi</i>	cochenille australienne	
	<i>Coccus hesperidum</i>	Cochenille plate	
	<i>Ceroplastessinensis</i>	Cochenille chinoise	
	<i>Pseudococcuscitri</i>	cochenille farineuse	avortement des fleurs et déformation destrèsjeunes feuilles.
	<i>Aphispiraecola</i>	Puceron vert des citrus	
	<i>Aphisgossypii</i>	Puceronvert du Cotonnier	
	<i>Toxopteraaurantii</i>	Puceron noir des Agrumes	
	<i>Myzuspersicae</i>	Puceron vert du pécher	Provoque des souillures importantes et développements de la fumagine.
	<i>Aleurothrixusfloccosus</i>	L'aleurode floconneux	
	<i>Dialeurodescitri</i>	L'aleurode des Citrus	Provoque des nuisances et développe dela fumagine.
	<i>Phyllocnistiscitrella</i>	Mineuse des agrumes	Attaque les feuilles et lesjeunes pousses.
<i>Ceratitiscapitata</i>	Moucheméditerranée nnes des fruits	Provoque la pourriture des fruits.	
Nématodes	<i>Tylenchulussemipenetrans</i>	Nématode des agrumes	Croissance ralentie des arbres ; pas de symptômes spécifiques de cette espèce
Acariens	<i>Tetranychuscinnabarinus</i>	Acarien tisserand	Provoquent des nécroses, décoloration et chute des feuilles, des fruits et des bourgeons.
	<i>Hemitarsonemuslatus</i>	Acarien ravisseur	
	<i>Aceriasheldoni</i>	Acarien des bourgeons	

1.7.2. Les maladies d'origine cryptogamique

- **La Pourriture sèche racinaire:** C'est une maladie qui est causé par *Fusarium* sp, dont les symptômes sont, une mort brutale des arbres. Un dépérissement unilatéral des arbres. Et une pourriture sèche des racines avec une coloration brune ou marron. (ITAFV, 2012)



Figure 10 : fusariose des agrumes (Slamnia et Kirouane, 2024)

- **Gombose à *Phytophthora* :** Le champignon responsable est localisé à la base des charpentières, il provoque un craquellement de l'écorce avec exsudation de gomme et entraîne un flétrissement annonçant la mort de l'arbre au moyen et à long terme. (ITAFV, 2012)



Figure 11: Gombose des agrumes (Slamnia et Kirouane, 2024)

- **Le greasy spot:** est une maladie causée par le champignon *Mycosphaerella citri*. Les symptômes apparaissent en premier sur la face inférieure de la feuille en formant des taches jaunes noires. Les nécroses apparaissent en suite sur la face supérieure de la feuille (Phillipe et *al.*, 2015).



Figure 12 : Symptômes de greasy spot sur les feuilles d'oranger (Slamnia et Kirouane, 2024)

- **La fumagine:** La fumagine n'est pas un parasite direct, c'est un groupe de champignons (notamment, *Capnodium citri*) qui accompagne l'attaque de nombreux insectes ravageurs. La plupart des cochenilles, mais aussi les aleurodes, les cicadelles et les pucerons sécrètent du miellat sur lequel la fumagine se développe (Jacquemond et *al.*, 2013).



Figure 13 : Fumagine sur les feuilles d'oranger (Slamnia et Kirouane, 2024).

- **L'anthraxose:** Cette maladie connue sous le nom de « flétrissure des rameaux » est causée par *Colletotrichum gloeosporioides*. Elle sévit au début de l'automne, elle affecte les arbres affaiblis souffrant des déséquilibres hydriques ou minéraux. Elle provoque des dessèchements très caractéristiques des jeunes rameaux sur la cime des arbres.



Figure 14: Anthracnose sur les feuilles d'agrume (Slamnia et Kirouane, 2024)

- **Le mal secco :** Cette maladie cryptogamique est causée par *Phoma tracheiphilia* ; champignon qui se développe dans les tissus conducteurs et entrave la circulation de la sève causant un dessèchement des grosses branches et dépérissement total de l'arbre en un ou deux ans. L'espèce la plus sensible est le citronnier, mais on peut aussi l'observer sur clémentinier.



Figure 15 : Symptômes du mal secco sur un oranger (Slamnia et Kirouane, 2024)

- **L'alternariose**: Causé par *Alternaria citri* et *Alternaria pierca*, est appelée pourriture noire, car elle est à l'origine d'une pourriture spécifique sur les fruits. Ses dégâts sont localisés dans la zone de l'ombilic, atteignant également une partie de la pulpe qui se transforme en amas poudreux de couleur noir mat.



Figure 16 : Alternariose sur les feuilles d'agrumes (Slamnia et Kirouane, 2024)

CHAPITRE II
FUSARIOSE DES AGRUMES

Chapitre II. La fusariose des agrumes

2.1. Généralités

La pourriture sèche des racines d'agrumes, également connue sous le nom de "dry root rot", est une maladie qui sévit actuellement dans plusieurs pays, causant parfois des dégâts considérables. Des cas ont été signalés aux États-Unis, en Afrique du Sud, en Argentine, au Brésil et en Grèce (Mathioudi et *al.*, 1987)

Selon ces auteurs, cette maladie serait responsable de la destruction de plus de 30% des arbres dans une région agrumicole en Grèce. Plusieurs chercheurs soupçonnent *Fusarium solani* (MarL) Sacc. D'être l'agent causal de cette maladie; Menge (1989), rapporte que ce champignon est le plus fréquemment isolé du bois infecté des arbres malades.

2.2. Epidémiologie

La maladie se manifeste uniformément dans toutes les catégories de sol. Les dégâts les plus importants sont observés sur des sols lourds, mal drainés et peu profonds. De plus, la maladie est favorisée par l'acidité du sol ainsi que par une fumure ammoniacale excessive et par tout facteur provoquant des blessures au niveau du collet ou des racines (techniques culturales, attaques par les nématodes, *Phytophthora spp.*, rongeurs...) (Bender et *al.*, 1982)

Lors des années de pluviométrie importante et continue, ou lors des années à températures estivales élevées, la maladie se propage rapidement. En revanche, lors des années sèches et fraîches, on observe une stabilisation de son évolution. Trois périodes sont particulièrement propices à l'expression des symptômes: le printemps (pleine floraison), l'été (températures élevées) et l'automne (début de la maturité des fruits) (Young et *al.*, 1984).

Dans des conditions favorables à la maladie, les porte-greffes les plus couramment utilisés (*Citrus aurantium*, *Poncirus trifoliata* et citrange Troyer) sont également affectés. Les arbres exposés à un excès ou un manque d'irrigation deviennent très sensibles à l'infection, en particulier les jeunes sujets de moins de 5 ans ainsi que les arbres en production de 15 à 25 ans. La propagation de la maladie d'une partie de la plante à l'autre peut se faire soit à partir du collet vers les grosses racines et les radicelles, soit en sens inverse (Bender et *al.*, 1982).

2.3. Description de la maladie

Cette affection, initialement décrite par Fawcett (1936), a été observée en Californie, à Cuba, en Australie, en Italie, dans le sud de la Russie et en Rhodésie (Vanderweyen et Serrhini, 1981). Certaines espèces de *Fusarium* sont systématiquement associées à la pourriture sèche des racines (Dry root-rot) (Bender et *al.*, 1982). Dans cette maladie, l'écorce

des racines se désagrège et le bois situé sous le collet de l'arbre est attaqué. Initialement molle, l'écorce devient ensuite dure. Les feuilles se dessèchent plus ou moins rapidement et finissent par tomber. Si l'arbre malade est laissé sans intervention, la mort survient rapidement.

Cette maladie affecte tant les orangers doux que les bigaradiers. L'espèce *Fusarium solani* (téléomorphe: *Haematonectria haematococca*) est constamment associée à la pourriture sèche des agrumes. Cependant, d'autres espèces telles que *F. oxysporum* et *F. proliferatum* sont également observées dans la rhizosphère et dans les tissus infectés des agrumes (Ghosh et Singh, 1993).

La reproduction asexuée de ce champignon est assurée par la formation de conidies, qui sont disséminées passivement (par les eaux de pluie, les outils de taille mal désinfectés, etc.).

Ce stade est présent dans le sol et est saprophyte, se retrouvant fréquemment dans les tissus végétaux morts. Il peut former des spores hivernantes ou chlamydo-spores qui restent viables pendant des années (Dandurand et Menge, 1992).

2.4. Dégâts

Fusarium solani est un champignon du sol qui, selon la plante infestée, provoque un dépérissement racinaire et la formation de chancres mous brun foncé à noirs sur les tiges, soit au niveau des nœuds soit au niveau de plaies (Labuschagne et al., 1989). Une section transversale de la tige révèle une tache noire au cœur, pouvant s'étendre sur une grande longueur. À des stades avancés, de minuscules structures orangées ou brun clair peuvent apparaître sur les zones de chancre: il s'agit des périthèces, les fructifications du champignon, ou d'un mycélium blanc. (Labuschagne, 1994)

Ces chancres sur les tiges perturbent la circulation de la sève, entraînant le flétrissement des organes touchés ou même le flétrissement complet de l'individu. Cette maladie peut également causer un dépérissement unilatéral des arbres, une pourriture sèche des racines avec une coloration brune ou marron, ainsi qu'une mort brutale des arbres (Guilli et Chafai, 1995).

2.5. Lutte

Fusarium sp. étant un champignon du sol, peut être difficile à éliminer une fois qu'il s'est installé dans un environnement. Lorsque les plantes sont infectées, il est recommandé de retirer entièrement la plante et son système racinaire pour éviter de laisser des tissus végétaux contaminés dans le sol. Il est également important de brûler les débris végétaux infectés pour prévenir la propagation ultérieure du champignon.

Certains produits de désinfection des sols peuvent être utilisés pour tenter de réduire la concentration de *Fusarium* sp, mais il n'y a pas de garantie absolue quant à une désinfection totale. Après avoir éliminé les plantes infectées, il est conseillé de ne pas replanter le même type de plante dans cette zone pendant un certain temps afin de réduire le risque de réinfection. Cette rotation des cultures peut aider à prévenir la récurrence de l'infection par ce champignon.

2.6. Agents pathogènes: *Fusarium* sp.

Le genre *Fusarium* comprend des champignons imparfaits appartenant à la classe des Deutéromycètes. Certaines espèces de *Fusarium* possèdent également des formes parfaites, ou téléomorphes, appartenant à la classe des Ascomycètes, dans l'ordre des Hyphocreales, la famille des *Nectriaceae*, et les genres *Gibberella*, *Calonectria* et *Nectria*. Cependant, pour plusieurs espèces de *Fusarium*, le stade parfait n'a pas encore été identifié. Ce genre compte près de 40 espèces, souvent largement répandues (Nelson et al., 1983).

Du point de vue économique, le genre *Fusarium* revêt une grande importance car il regroupe de nombreuses espèces phytopathogènes, susceptibles de causer des fusarioses chez de nombreuses plantes. De plus, de nombreuses espèces saprophytes peuvent agir en tant que pathogènes secondaires sur des tissus végétaux sénescents. Les espèces du genre *Fusarium* peuvent ainsi attaquer un large éventail de cultures, notamment les céréales (maïs, blé, orge, avoine), les légumes, les plantes ornementales et de nombreux arbres fruitiers, y compris les agrumes.

2.6.1. Caractéristiques générales des *Fusarium* sp.

Les *Fusarium* ont une température optimale de croissance située entre 22 et 37°C. En culture, ils forment des colonies duveteuses ou cotonneuses de différentes couleurs (blanche, crème, jaune, rose, rouge, violette ou lilas), selon les espèces. Le revers des colonies peut présenter des teintes allant du crème au rouge pourpre, en passant par le lilas ou le violet. Les pigments ont souvent tendance à diffuser dans le milieu de culture.

Le principal trait morphologique des *Fusarium* est la présence de macroconidies fusiformes et cloisonnées. Ces moisissures tirent leur nom du latin "fusus" en raison de la forme fuselée de leurs spores.

Les conidiophores, parfois très ramifiés, forment des structures en coussinets (sporodochies) sur le thalle et portent des masses de spores. Les phialides, qui sont les cellules porteuses de spores, présentent généralement un site de bourgeonnement unique situé à l'extrémité d'un col allongé pour certaines espèces comme *F. solani*, ou court et trapu pour d'autres comme *F. oxysporum*. Chez certaines espèces comme *F. proliferatum*, les phialides peuvent présenter plusieurs sites de bourgeonnement. Les phialides produisent deux types de conidies; les microconidies, qui sont de petites spores unicellulaires ou bicellulaires de formes diverses et les macroconidies, qui sont des spores pluricellulaires fusiformes, souvent courbées, avec une cellule basale pédicellée, ressemblant à un talon.

Les chlamydospores, un autre type de structure de résistance, peuvent également être présentes chez certaines espèces de *Fusarium*, se développant parfois à l'extrémité ou à l'intercalaire des hyphes (Roquebert, 1998).

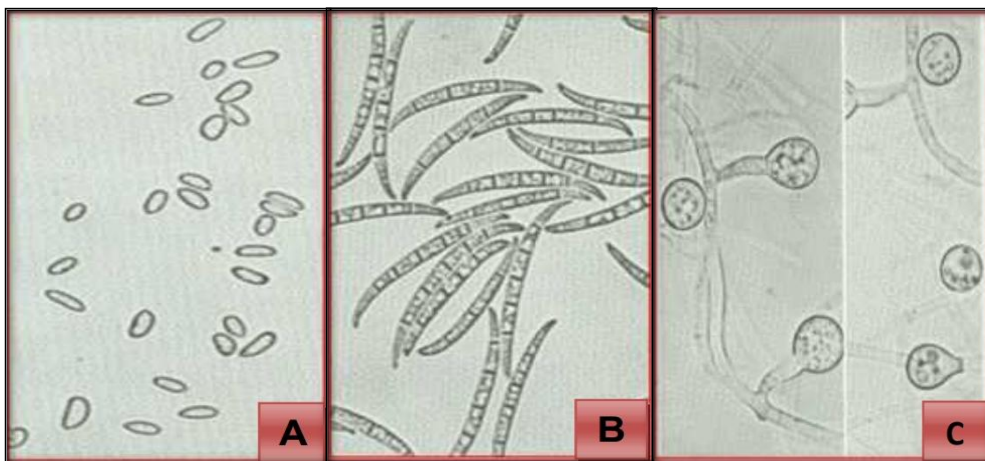


Figure 18: Fructification de *Fusarium oxysporum f.sp lycopersici* (Toussoun et Nelson, 1976)

- (A) microconidies (5-12 x 2.2-3.5 μm),
- (B) macroconidies (27-46 x 3-5 μm),
- (C) chlamydospores (35-60 x 3-5 μm)

2.6.2. Classification:

Les *Fusarium* sont les formes asexuées de plusieurs espèces d'Ascomycètes.

Leur position systématique est comme suit:

Règne:	Fungi
Division :	Ascomycota
Subdivision :	Pezizomycotina
Classe :	Sordariomycetes
Sous classes :	Hypocreales
Ordre :	Nectriaceae
Genre :	<i>Fusarium</i>

Le classement actuel du genre *Fusarium* dérive initialement de celui proposé par Nelson et *al.* (1983), qui ont regroupé les *Fusarium* en 15 sections. Ce classement a ensuite été révisé par Burgess et *al.* (1994), puis par d'autres chercheurs, notamment grâce à l'utilisation des techniques de biologie moléculaire (Leslie et Summerell, 2006). Ces avancées ont permis de reclasser certaines variétés dans de nouvelles espèces. Des études telles que celles de Carter et *al.* (2000), Aoki et O'Donnel (1999), et Benyon et *al.* (2000) ont contribué à cette mise à jour du classement taxonomique du genre *Fusarium*.

Tableau 05: Nomenclature des sections et espèces de *Fusarium* (Rossman et *al.*, 1999; Schroers et *al.*, 2011; Grafenhan et *al.*, 2011).

Section selon Wollenweber & Reinking (1935)	Section actuelles	Principales espèces	Téléomorphes connus
Eupionnotes		<i>F. dimerum</i> , <i>F. merismoides</i>	<i>Nectria</i> *
Macronia	Macronia		<i>Nectria</i> *
Spicarioides	Spicarioides		<i>Albonectria</i>
Submicrocera	Retirée des <i>Fusarium</i>		
Pseudomicrocera	Retirée des <i>Fusarium</i>		
Arachnites	Retirée des <i>Fusarium</i>		
Sporotrichiella	Sporotrichiella	<i>F. poae</i> , <i>F. tricinctum</i> , <i>F. sporotrichioides</i>	Non connu
Roseum	Roseum	<i>F. avenaceum</i>	<i>Gibberella</i>
Arthrosporiella	Arthrosporiella	<i>F. semitectum</i>	Non connu
Gibbosum	Gibbosum	<i>F. equiseti</i> , <i>F. acuminatum</i>	<i>Gibberella</i>
Discolor	Discolor	<i>F. culmorum</i> , <i>F. graminearum</i> , <i>F. sambucinum</i>	<i>Gibberella</i>
Lateritium	Lateritium	<i>F. lateritium</i>	<i>Gibberella</i>
		<i>F. verticillioides</i> ,	<i>Gibberella</i>

		<i>F. proliferatum</i>	
		<i>F. oxysporum</i>	Non connu
Martiella	Martiella-Ventricosum	<i>F. solani</i>	<i>Haematonectria</i>

2.7. Les substances parasitaires associées au *Fusarium* sp.

Deux substances sont synthétisées par les *Fusarium* sp. Les toxines et les enzymes hydrolytiques.

2.7.1. Les toxines

Les champignons du genre *Fusarium* sont connus pour leur aptitude à synthétiser certaines toxines, parmi elles, on distingue les lycomarasmines et les acides fusariques (Figure 19 et 20) (Gaumann, 1958; Tzeng et Devay, 1985)

Ces toxines augmentent la perméabilité cellulaire et provoquent une importante transpiration des plantes atteintes (Corabz, 1990).

L'acide fusarique (Figure 20) peut engendrer une perte considérable d'électrolytes, ayant des conséquences sur la perméabilité cellulaire, laissant apparaître le jaunissement et le flétrissement du feuillage. (Owens, 1969)

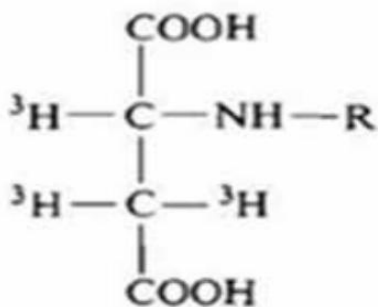


Figure 19 : Structure de lycomarasmine (Abadie et al., 1998)

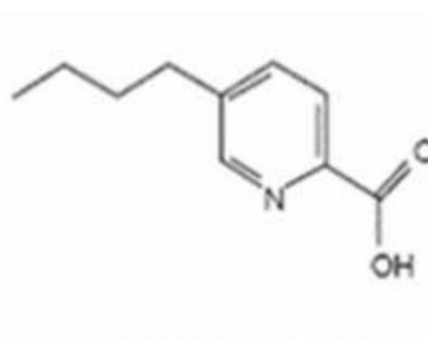


Figure 20 : Structure de l'acide fusarique (Abadie et al., 1998)

2.7.2. Les enzymes hydrolytiques

Les symptômes de brunissement et d'obstruction des vaisseaux conducteurs ont été produits pour la première fois par Gothoskar et Sheffer, 1953 en trempant des plantules dont les racines ont été sectionnées dans des solutions contenant des enzymes pectiques du commerce.

Sachant que la paroi des cellules végétales est formée essentiellement de substances pectocellulosiques; le parasite s'attaque à cette dernière en utilisant deux enzymes: la pectine

méthyle estérase (PME) qui hydrolyse les groupements méthyle de la pectine et les polygalacturonases (PG) qui hydrolysent les liaisons glycosidiques.

Une activité cellulolytique a été également observée chez le parasite. Hussain et Dimond (1960) ont constaté la production de cellulase sur des tiges de tomates infectées. (Henni, 1998).

2.8. Les mécanismes de défense

La plante atteinte développe une série de barrières mécaniques et biochimiques pour lutter contre le parasite (Beckman, 1989).

2.8.1. Les barrières mécaniques

Quand le parasite pénètre par les racines, un brunissement de quelques cellules du parenchyme ligneux voisin de la partie du vaisseau infecté apparaît. Cette réaction est suivie par la formation de thylles, sécrétion gommeuse permettant à la plante d'isoler l'agent pathogène en obstruant le vaisseau envahi avant que le filament mycélien ne produise des conidies. Si cette réaction tarde à venir, l'infection par les conidies se généralise et se propage à plusieurs vaisseaux entraînant la mort de la plante par gommose, thyllose, et hyperauxinie générale.

Les symptômes externes de la maladie reflètent le degré de l'invasion des vaisseaux vasculaires par les filaments mycéliens (El Mahjoub, 1984).

2.8.2. Les barrières biochimiques produites par la plante

Deux substances biochimiques sont élaborées par la plante dès l'attaque du parasite. (Henni, 1998)

- **Les polyphénoloxydases**

Ce sont des enzymes à base de cuivre, elles sont activées en cas de blessures et interviennent dans l'oxydation des composés phénoliques de la plante et contribuent avec les cellules du parenchyme à la formation des thylles (Messianen, 1981)

- **Les phytoalexines**

Elles sont considérées comme des substances à effet antibiotique, leur rôle est de freiner la progression du parasite à l'intérieur des vaisseaux.

Ride et Drysdale (1971) indique que dans le cas d'infection d'une plante de tomate, une relation s'établit dès les premiers jours de l'agression entre la concentration de tomatine (substance inhibitrice) et le blocage de l'agent pathogène (Henni, 1998).

Chapitre III
Atriplex halimus

Chapitre III: *Atriplex halimus***3.1. Généralité sur l'*Atriplex***

Les *Atriplex* sont des plantes fourragères arbustives vivaces appartenant à la famille des Chenopodiaceae. Ils sont des plantes naturellement adaptées aux milieux salés, appartenant à la famille des Amarantacées qui comprend environ 417 espèces dans le bassin méditerranéen (Le Houerou, 1992)

L'espèce *Atriplexhalimus* (salière méditerranéenne) est un arbuste halophytique largement distribué dans les régions arides et semi-arides du bassin méditerranéen et à l'est de l'Arabie saoudite, à des altitudes inférieures à 900 m. Il pousse sur une variété de sols, de texture fine à grossière, avec différents degrés de salinité (Walker et al., 2014)

3.2. Systématique de l'espèce

Selon Quezel et Santa (1963) et Dupont et Guignard(2007), La classification de l'espèce *Atriplexhalimus* L. dans le règne végétal est la suivante.

Règne:	Plante
sous-régne :	Tracheobionta
Division:	Magnoliophyta
Classe:	Dicotylédones ou Magnoliopsida
Sous-classe:	Caryphyliadae
Ordre:	Caryphyllales
Famille:	Chenopodiaceae (amaranthaceae)
Genre:	<i>Atriplex</i>
Espèce:	<i>Atriplex halimus</i>

Selon le Houerou (1992), les noms vernaculaires sont les suivant:

- En anglais: Salt bush, Méditerranéen,
- En français: pourpier de mer, Arroche maritime, Arroche sauvage, Arrochehalime.
- En arabe Algérien: G'ttaf, (Legtaf) القطف.
- En Kabile: Armas.

3.3. Répartition géographique de l'*Atriplex halimus*

3.3.1. Dans le monde

Les *Atriplex* se localisent dans les zones tempérées, méditerranéennes et subtropicales, entre 20 et 50° d'altitude Nord et Sud (Le Houérou, 1992).

Atriplex halimus pousse naturellement à travers le bassin méditerranéen jusqu'à l'Asie occidentale: y compris le sud du Portugal, la France, le sud et l'est de l'Espagne (et les îles Canaries), l'Italie, la Grèce, Malte, la Turquie, Chypre, Palestine occupée, la Syrie, le Liban, Jordanie, Tunisie, Maroc, Algérie, Libye, Égypte et Arabie saoudite (Walker et al., 2014)

Tableau 06: Répartition des espèces d'*Atriplex halimus* dans le monde (Houérou, 1992)

Pays ou région	Nombre d'espèce et / ou sous espèce	Pays ou région	Nombre d'espèce et / ou sous espèce
Australie	78	Baja Californie (Mexique)	25
Bassin méditerranéen	50	Afrique du nord	22
Europe	40	Texas	20
Proche orient	36	Afrique du sud	20
Mexique	35	Iran	20
Argentine	35	Syrie	18
Californie	32	Palestine & Jordan	17
Chili	30	Algérie & Tunisie	17

3.3.2. En Algérie

En Algérie, les *Atriplex* sont spontanés dans les étages bioclimatiques semi-arides et arides. Les plus grandes superficies se trouvent entre les isohyètes de 100 et 400 mm/an qui correspondent aux zones dites steppiques (Batna, Biskra, Boussaâda, Djelfa, Saïda, M'sila, Tébessa, Tiaret) (Pouget, 1980; Berri, 2009). Ils s'installent aussi sur le littoral, au Sahara (Hoggar) et au niveau des dépressions d'oued dans la région de Béchar (Mahrez, 1997)

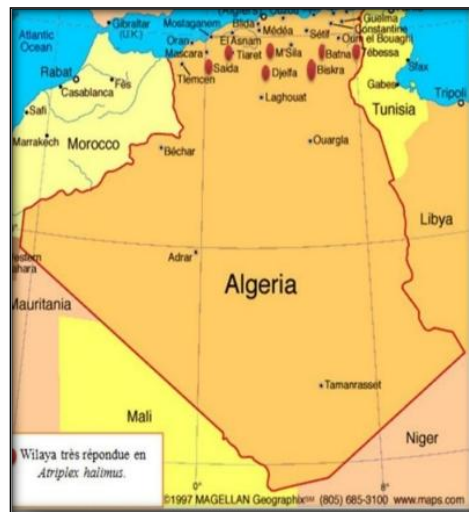


Figure 21: Répartition géographique des Atriplexes en Algérie (Praloran, 1971).

3.4. Description botanique de l'espèce

Atriplex halimus est un arbuste halophyte de 1 à 3 m de haut, très rameux, formant des touffes pouvant atteindre 1 à 3 m de diamètre, elle se caractérise par la présence de tiges, feuilles et fleurs. Cette espèce présentant une photosynthèse en C4, contient deux sous-espèces (figure 22) *Atriplex halimus subsp. halimus* et *Atriplex halimus subsp. Schweinfurthii*.

La zone de répartition de la sous espèce *Atriplex halimus subsp. halimus* facilement identifiable grâce à son port droit, à branches fructifères très courtes et recouvertes de feuilles, s'étend des zones semi-arides aux zones humides. En revanche, la sous-espèce *Atriplex halimus subsp. Schweinfurthii*, présentant un port broussailleux enchevêtré est très répandue dans les zones arides et désertiques. Les populations naturelles d'*Atriplex halimus* dans les régions steppiques algériennes appartiennent presque toutes à la sous-espèce *Atriplex halimus subsp. Schweinfurthii* (Nedjimi et al., 2013).



Figure 22: plante d'*Atriplex halimus subsp. Schweinfurthii* (à gauche) et *Atriplex halimus subsp. halimus* (à droite) (Walker et al., 2014)

L'*Atriplex halimus* est une plante chaméphyte ou monophanérophyte, fleurissant et fructifiant à partir du mois d'avril et jusqu'au mois de novembre (Negre, 1961).

- La tige est de couleur blanche grisâtre, rameuse, entièrement feuillée (Figure 23).
- Les feuilles mesurent 2 à 5 cm de largeur, leur longueur est deux fois plus que la largeur, oblongues ou ovales obtuses (Quesel et Santa, 1962). Elles sont alternes brièvement mais nettement pétiolées. Plus ou moins charnues, luisantes, couvertes de poils vésiculaires ou trichomes, très riches en sels. (Mozafar et Goodin, 1970) (Figure 24).
- La racine est étalée, obtuse puis s'enfonce verticalement en profondeur.
- La fleur est monoïque à inflorescence sans feuilles, en grappes de glomérules ou en panicules d'épis plus au moins serrés. Les épis sexués mâles au sommet et les femelles à la base. La plante peut porter à la fois des fleurs unisexuées mâles, unisexuées femelles et bisexuées.
- Le fruit est un akène, composé de deux bractéoles indurées en forme de rein, denté ou entièrement lisse ou tuberculeux.
- La graine est de couleur brun foncé, de 2 mm de diamètre environ, entourée de péricarpe membraneux (Figure 25).

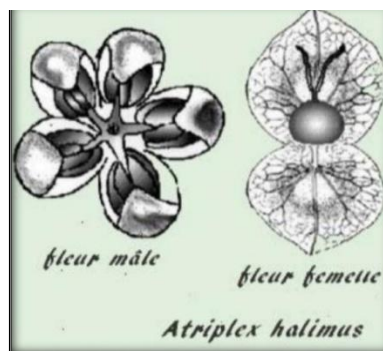


Figure 24: Feuille (originale) et Fleure d'*Atriplex halimus* (Somon, 1987)

3.5. Composition chimique des espèces d'*Atriplex*:

La composition chimique des espèces du genre *Atriplex* montre la présence des phénols, des saponines glycosides, des alcaloïdes, des tannins, des résines, des betaïnes et des flavonoïdes dont les flavonols qui constituent la classe chimique majeure chez la plupart de ces espèces. (Bylka et al., 2001; Bylka et al., 2004; Erdman et al., 2006; Benhammou et al., 2009)

Parmi les flavonols aglycones identifiés, on cite: Lekaempferol, la quercétine, et la spinacétine.

Le kaempférol 3-O-sulphate-7-O-arabinopyranoside et la quercétine 3-O-sulphate-7-O-arabinopyranoside ont été isolés des feuilles d'*Atriplex hortensis* (Bylka et al. 2001), ainsi que la naringine (la naringénine 7-O-glucoside) de l'espèce *Atriplex farinosa*. (Al-Jaber et al., 1991).

3.5.1. La composition chimique d'*Atriplex halimus*

• La composition organique:

La composition organique d'*Atriplex halimus* dépend de plusieurs paramètres, tels que le climat, l'âge de plante et la saison. Cette matière végétale est très riche en protéines, fibres, en vitamine A, C et D et saponines, alcaloïdes et flavonoïdes (Ouldkadour, 2019).

- Pourcentage en matière sèche (MS) est de 34.2%
- Pourcentage en matière azoté totale (MAT) est de 15.1% par rapport au (MS)
- Pourcentage en cellulose brute (CB) est de 15.4% par rapport au (MS)

• La composition minérale

La composition minérale de l'*Atriplex halimus* est représenté sur le tableau 07.

Tableau 07: Composition minérale d'un *Atriplex halimus*.

Espèce minérale	Teneur en g/kg
Calcium (Ca)	21.5
Phosphore (P)	1.92
Magnésium (Mg)	20,3
Sélénium (Se)	22
Zinc (Zn)	103
Manganèse (Mn)	395

3.6. Activités biologiques de l'*Atriplex halimus*

Selon l'organisation mondiale de la santé (O.M.S), la médecine traditionnelle se définit comme l'ensemble de toutes les connaissances pratiques explicables ou non pour diagnostiquer ou éliminer un déséquilibre physique ou mental en s'appuyant exclusivement sur l'expérience vécue et l'observation. L'utilisation des plantes médicinales comme source de remèdes pour le traitement de plusieurs maladies date à la période préhistorique, Les extraits naturels de ces plantes contiennent une variété de molécules bioactives aux activités biologiques et pharmacologiques très diverses. Parmi ces plantes se retrouve *Atriplexhalimus* qui a été utilisé pour le traitement de nombreuses maladies, en particulier maladies cardiovasculaires, du diabète et de l'hypertension et même pour le rhumatisme. Cette plante possède de nombreuses activités biologiques telque des propriétés antioxydantes, anti bactériennes et anti fongiques (Said et *al.*, 2002; Hambabaetal., 2012; Gattoucheet *al.*,2018).Pour cette raison nous nous somme intéressons à étudier l'activité antifongique de cette plante

3.7. Activité antioxydante

3.7.1. Radicaux libres

Un radical libre est une espèce caractérisée par une instabilité et/ou un pouvoir oxydant fort, il se différencie par la présence d'un électron non apparié sur la couche électronique la plus externe. Parmi toutes les espèces réactives oxygénées (ERO), on distingue un ensemble restreint de ces composés qui jouent un rôle particulier en physiologie et que nous appelons les radicaux primaires à savoir: l'anion superoxyde ($O_2^{\circ-}$) le radical hydroxyle ($^{\circ}OH$), le monoxyde d'azote (NO°), le radical peroxyde (ROO°) et le radical alkoxyde (RO°). Les autres radicaux libres, dits radicaux secondaires telles que l'oxygène singulet 1O_2 , Le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) et le nitroperoxyde ($ONOOH$), se forment par réaction de ces radicaux primaires sur les composés biochimiques de la cellule (figure 27) (Favier, 2003).

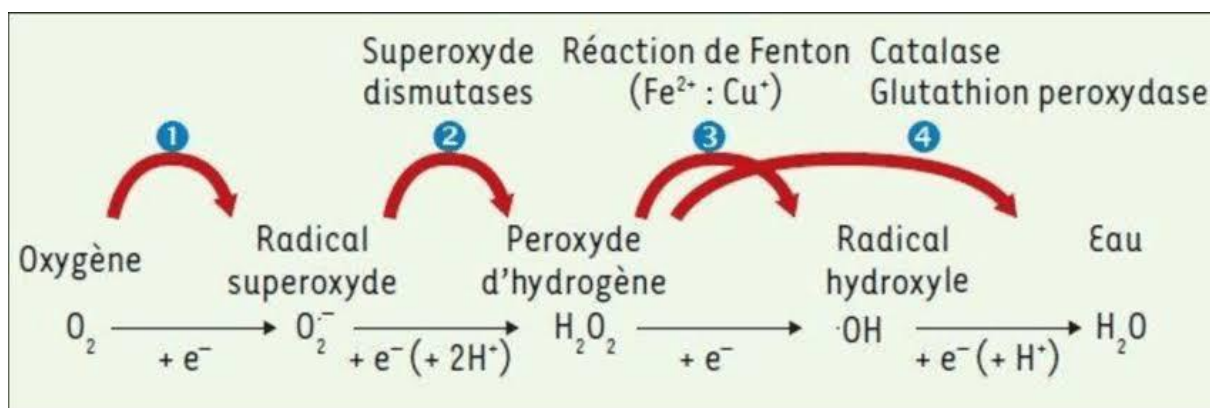


Figure 27 : Origine des espèces réactives de l'oxygène; Les quatre étapes de la réduction de l'oxygène et la formation des intermédiaires partiellement réduits (Migdal et Serres, 2011)

3.7.2. Stress oxydant et antioxydants

Le stress oxydant se définit par un déséquilibre entre la production d'espèces radicalaires (ou réactives) de l'oxygène (ERO) et les capacités cellulaires anti oxydantes. (Migdal et Serres, 2011).

Les antioxydants sont des molécules qui neutralisent les ERO en inhibant la réaction en chaîne oxydative, en empêchant la peroxydation lipidique, réduire la concentration des radicaux libres et chélérer les ions métalliques.

La production physiologique d'ERO est régulée par des systèmes de défense composés d'enzymes: (superoxydedismutases (SODs), catalase, glutathion peroxydases (GPx's), couple thiorédoxine /thiorédoxine réductase, hème oxygénase, peroxyrédoxine...), de molécules antioxydants de petite taille (caroténoïdes, vitamines C et E, glutathion, acide urique, bilirubine, acide lipoïque, ubiquinone, ...) et de protéines (transferrine, ferritine, céruléoplasmine) qui maintiennent les métaux de transition dans un état inactif pour la formation d'ERO. Enfin, un système secondaire de défense composé de phospholipases, d'ADN endonucléases et ligases et de macroxyprotéinases qui empêche l'accumulation dans la cellule de lipides, d'ADN et de protéines oxydés et participe à l'élimination de leurs fragments toxiques. (Pincemaital., 2002).

3.7.3. Pouvoir antioxydant de la plante *Atriplex halimus*

Plusieurs travaux ont été effectués sur l'analyse chimique des extraits et des huiles essentielles d'*Atriplex halimus* et sur leurs propriétés antioxydants. Ils montrent les présences des métabolites secondaires tels que: les phénols totaux, les saponines glycosides, les

alcaloïdes, les tannins, les résines, les betaines et les flavonoïdes, qui montrent une forte capacité à donner l'hydrogène pour réduire le fer et une activité plus élevée à piéger le radical DPPH. Donc une forte capacité à réduire le stress oxydatif (Emam, 2011; Benhammou et al., 2009).

3.8. Activités biologiques

3.8.1. Effet antidiabétique de la plante *A. halimus*

Atriplex halimus est une plante médicinale à activité antidiabétique. L'étude d'Aharonson et al. (1969) a montré que l'extrait aqueux de l'*A. halimus* ainsi que le jus pressé des feuilles provoquent un effet hypoglycémiant chez des rats normaux et diabétiques. L'effet antidiabétique de *A. halimus* peut dépendre de différents mécanismes d'action, elles peuvent exercer un effet direct sur le pancréas en stimulant la sécrétion voire l'inhibition du processus de dégradation d'insuline et la régénération, comme peut être extra-pancréatique en stimulant la captation du glucose et son métabolisme dans les cellules cibles à l'insuline, en inhibant la glycolyse hépatique et les enzymes intestinaux l' α -amylase et l' α -glucosidase ce qui va contribuer à rétablir l'homéostasie glucidique (Jarald et al., 2008).

3.8.2. L'activité antibactérienne de la plante *A. halimus*

Plusieurs travaux basés sur l'évaluation de l'activité antibactérienne des extraits de la plante *Atriplex halimus*, ils montrent que cette plante est très efficace contre plusieurs souches bactériennes pathogènes des deux types de Gram (Abdel Rahman et al., 2011; Ounaissia et al., 2020; Ziane et al., 2020). Ces résultats confirment l'utilité de l'exploitation étendue de cette plante en médecine traditionnelle pour le traitement d'infections bactériennes.

3.8.3. Activité antifongique:

Les plantes sont riches en composés bioactifs tels que les tanins, les terpénoïdes, les saponines, les alcaloïdes, les flavonoïdes et d'autres composés qui auraient des propriétés antifongiques in vitro (Arif et al., 2009). La plante étudiée contient de grandes quantités de composés bioactifs tels que des composés phénoliques totaux et simples, des tanins, des flavonoïdes, des alcaloïdes, de la saponine et des glycosides cyanogéniques (Hassan et Maswada, 2012).

De nombreuses études ont montré qu'à l'instar des autres plantes *Atriplex halimus*, présente des propriétés antifongiques. Par exemple, une étude a montré que les extraits de l'*Atriplexhalimus* ont une activité antifongique significative contre les champignons responsables de diverses maladies des plantes comme *Alternaria solani*, *Fusarium oxysporum* et *Phytophthora infestant*. Une autre étude publiée a montré que les extraits de l'*Atriplexhalimus* ont une activité antifongique contre *Candida albicans*, un champignon responsable de diverses infections chez l'homme.

L'étude chromatographique de l'extrait des feuilles d'*Atriplex halimus* a montré, la présence de flavonoïdes. Ces composés ont des fonctions biologiques importantes chez la plante; ils participent à la coloration des fleurs attirant ainsi les insectes pollinisateurs, possèdent des propriétés fongicides et protègent la plante contre l'attaque des parasites. (Benhammou et al., 2009)

3.9. Intérêts de l'*Atriplexhalimus*

3.9.1. En alimentation humaine

Atriplex halimus est un arbuste réputé pour la valeur nutritive et énergétique de ses feuilles tendres, non seulement pour le bétail, mais aussi comme aliment pour les nomades et la population locale steppique. En effet, au printemps, dans plusieurs régions en Algérie (Djelfa) et Tunisie (Gabès), les jeunes pousses de guettaf sont consommées par l'homme, en le préparant comme des épinards. Par son contenu riche en fibres, il facilite la digestion, augmente la réplétion gastrique et hydrate le contenu du bol fécal (Nedjimi et al., 2013).

3.9..2. En économie

La plantation d'*Atriplex* apparaît comme l'un des meilleurs moyens de réhabiliter les zones désertiques et de les restaurer à la production. Cette plante représente une source potentielle d'utilisation économique ; il peut fournir des sources de fourrage avec une bonne valeur nutritive pendant les saisons sèches, et les périodes de pénurie de ressources de pâturage. De plus, il peut contribuer à la valorisation des sols marginaux et dégradés et à l'amélioration des productions végétales et animales dans plusieurs zones dépouillées. (Houreau, 1992).

3.9.3. En phytothérapie

En médecine traditionnelle, l'*Atriplex halimus* est utilisé par la population steppique pour des fins thérapeutiques, principalement pour soigner l'hyperglycémie chez les patients

diabétiques (Nedjimi et *al.*, 2013). Il est utilisé aussi pour soigner les inflammations des voies urinaires (cystites) et les lithiases urinaires (Emam, 2011). L'étude de la chromatographie des alcaloïdes a montré la présence de berbérine et de pipérine chez *A. halimus*. La berbérine est un composé connu par son activité antimicrobienne et anti-inflammatoire, également recommandé pour traiter la malaria. Grâce à leurs propriétés antioxydantes, certains flavonoïdes ont un effet protecteur des tissus du foie contre le cancer(Emam, 2011).

Données expérimentales

Chapitre I

Matériel et méthodes

I. Matériel et méthodes

1.1. Objectif de travail

Notre étude traite l'évaluation «in vitro» et «in vivo», de l'effet des extraits par macération dans de l'acétone et de l'éthanol, méthanoïque par la méthode de Soxhlet et l'huile essentielle de *Atriplex halimus* sur la croissance et la sporulation de l'agent pathogène *Fusarium* sp. .

1.2. Matériel fongique

L'isolat de *Fusarium* sp. utilisé dans cette étude a été isolé, à partir d'un Thomson présentant des symptômes de dépérissements, situé dans un verger agrumicole privé, dans la région de Oued El Kheir, wilaya de Mostaganem.

1.2.1. Isolement des isolats

Les racines échantillonnées extériorisaient des nécroses, après les avoir découpés longitudinalement, des brunissements des vaisseaux ont été dévoilés. Après lavage des échantillons à l'eau courante, des fragments sont découpés sur la partie périphérique des taches. Ces derniers sont traités à l'hypochlorite de sodium à 2° pendant cinq minutes (5mn), suivi de trois rinçages successifs à l'eau distillée stérile. Une fois séchés sur du papier buvard stérile, les fragments sont déposés dans les boîtes de Pétri contenant le milieu P.D.A (annexe 03), à raison de 04 ou 05 fragments par boîte (Saiah, 2004).

1.2.2. Repiquage de l'agent pathogène *Fusarium* sp des agrumes

Le repiquage correspond au prélèvement d'une partie d'une culture de champignon pour la transplanter sur un milieu neuf où il continuera sa croissance. On a fait un repiquage de champignon sur le milieu PDA stérile dans des boîtes de Pétri à raison de 15 ml par boîte. L'ensemencement se réalise avec des explants de 5mm de diamètre, prélevés de la périphérie d'une culture âgée de 7 jours, à l'aide d'un emporte-pièce stérile. Ces explants sont déposés au centre de la boîte de pétri dans des conditions de travail rigoureuses tel que la stérilisation du matériel et du manipulateur pour éviter toute contamination de la souche. Les boîtes sont incubées à 25°C. (Rappily, 1969).

1.2.3. Identification

L'identification repose sur une observation globale intégrant à la fois la morphologie des colonies et l'observation microscopique des spores; elle s'effectue après 8j de culture. Selon Botton et *al.*, (1985), elle fait essentiellement appel aux:

- **Caractères cultureux:** vitesse de croissance apicale; texture, marge, épaisseur et couleur de la colonie; pigmentation de l'agar, production d'exsudat et odeur des colonies.
- **Caractères morphologiques:**
 - Du mycélium: absence ou présence de cloisons, couleur, dimensions, ornementation des parois, mode de ramification.
 - Des organes différenciés et de leur contenu : forme, couleur, dimensions, texture des parois et ornementation.

1.2.4. Conservation des isolas

Après avoir identifié les isolats, des cultures pures sont transférées dans des tubes à essai inclinés contenant le milieu P.D.A., leur conservation s'effectue à basse température entre 4 et 8°C (Wright et *al.*, 1987).

1.2.Evaluation de l'activité antifongique de l'extrait de *Atriplex halimus* vis-à-vis de *Fusarium* sp., agent de pourriture sèche sur agrumes.

1.3.1. Matériel végétal

Les feuilles et les tiges de *Atriplex halimus* constituent le matériel végétal utilisé comme source de composées phénoliques, utilisé pour évaluer un éventuel effet inhibiteur sur la croissance mycélienne et la sporulation de *Fusarium* sp. "in vitro". Ces dernières sont prélevées à partir d'un arbuste se trouvant au niveau du site Matarba durant le mois de mars 2024.

Le site se trouve dans le littoral de la région de Mostaganem caractérisée par une grande diversité floristique; où l'on remarque des touffes denses d'*Atriplex halimus* avec d'autres espèces de familles des halophytes. Les coordonnées géographiques du site figurent sur le tableau 08 et Figure 33.

1.3.2. Préparation de la plante aromatique pour l'extraction

Le séchage est une opération utilisée pour éliminer l'humidité de la plante, afin de faciliter l'opération de broyage. Les échantillons de *Atriplex halimus* ont été nettoyés pour éliminer les impuretés, ils ont été mis dans une étuve à la température de 35 °C (pendant 15 jours). Par la suite nous les avons broyés jusqu'à ce qu'on obtienne une poudre fine pour l'extraction. La poudre ainsi obtenue est conservée à l'abri de la lumière et de l'humidité jusqu'à l'utilisation.

1.3.3. Procédés d'extraction

1.3.3.1. Extraction par macération

- **Le solvant d'extraction**

L'extraction par solvant reste la méthode la plus pratique. Les solvants les plus utilisés à l'heure actuelle sont le méthanol, l'hexane, le cyclohexane, l'éthanol et l'acétone. Ces solvants ont un pouvoir d'extraction plus élevé que l'eau si bien que les extraits contiennent un nombre important de composés non volatiles tels que des cires, des pigments, des acides gras mais également des composés volatiles et bien d'autres substances (El haib, 2011).

Les solvants utilisés dans notre travail sont: l'éthanol, l'acétone et le méthanol.

- **Méthode d'extraction**

La macération est un procédé qui consiste à laisser séjourner une plante dans un solvant à froid pour en extraire les composés solubles (arômes, principes actifs). La macération peut se faire dans une solution alcoolique, de l'eau, de l'huile...

Cette technique préserve les espèces chimiques fragiles car elle est pratiquée à froid mais elle n'est pas toujours aussi efficace que les techniques qui utilisent le chauffage.

L'extraction a été réalisée selon les étapes suivantes :

- Pour 100g du matériel végétal broyé, on ajoute 300ml de solvant en raison (70\30);

70% d'éthanol / acétone et 30% d'eau distillé, soit 700ml d'éthanol/acétone et 300ml d'eau distillé.

- On laisse sous agitation mécanique pendant 24 heures à température ambiante.
- On filtre avec une pompe sous- vide à l'aide de papier filtre.
- L'opération est refaite trois fois avec renouvellement du solvant.

- Les trois macéras ont été mélangés.
- Ces extraits alcooliques sont concentré séparément sous vide au rotavapor à la température de 40°C.
- Les extraits obtenus sont ensuite stocké à la température de 4°C, à l'abri de la lumière jusqu'à son utilisation.
- **Estimation du rendement d'extraction**

Le rendement de l'extraction (R) a été calculé selon la formule de Falleh et *al.* (2008):

$$R (\%) = 100 M_{\text{ext}}/M_{\text{éch}}$$

Où : R est le rendement en %;

M_{ext} est la masse de l'extrait après rotavapeur en g et $M_{\text{éch}}$ est la masse de la matière végétale sec.

1.3.3.2. Extraction par le dispositif Soxhlet

Elle consiste à réaliser une extraction continue à l'aide d'un appareil appelé Soxhlet. Il est principalement utilisé dans la préparation d'échantillons avant analyse, dans la détermination de matières grasses dans les eaux, de détergents, en utilisant le méthanol comme solvant (AOAC 1990).

Le Soxhlet permet :

- Le lavage d'un composé solide par un solvant dans lequel il est totalement insoluble.
- Les impuretés sont extraites vers le ballon et le solide pur est récupéré dans la cartouche.
- La recristallisation d'un composé par un solvant dans lequel il est modérément soluble.
- Les impuretés insolubles restent dans la cartouche tandis que le composé cristallise dans le ballon récepteur par refroidissement lorsque la solution est assez concentrée.
- **Mode opératoire**
 - ✓ Peser avec précision de 2 g d'échantillon séché et broyé à 1 mm dans une cartouche propre.
 - ✓ Mettre la cartouche avec son contenu dans l'extracteur.
 - ✓ Introduire 160 ml méthanol dans le ballon à col rodé préalablement taré.
 - ✓ Installer l'extracteur sur le ballon et mettre le tout au-dessous du réfrigérant.

- ✓ Faire circuler l'eau dans les réfrigérants et allumé les plaques. (L'appareil soxhlet doit être protégé sous une haute).
- ✓ Arrêter l'ébullition après plusieurs cycles successifs d'extraction.
- ✓ Sécher le ballon contenant l'extrait et le peu de méthanol dans l'étuve 105°C durant une nuit .
- ✓ Peser le ballon après refroidissement (le refroidissement peut être fait à l'air ambiante sauf que le ballon doit être muni de son bouchon).

Le pourcentage d'extrait éthéré est ainsi obtenu comme suit :

$$\%MG = ((P_2 - P_1) / PE \times MS_a) \times 100$$

P1 : poids du ballon vide (g)

P2 : poids du ballon après séchage à l'étuve 105°C (g)

PE : prise d'essai (g).

MSa: %MSa/100.

1.3.3.3. L'extraction de l'huile essentielle par entraînement à la vapeur d'eau

Dans ce système d'extraction (Figure N°37), le matériel végétal (1800g) ne macère pas directement dans l'eau, il est placé sur une grille perforée au travers de laquelle passe la vapeur d'eau. Cette dernière endommage la structure des cellules végétales et libère ainsi les molécules volatiles qui sont ensuite entraînées vers le réfrigérant (pendant 3 heures). Cette méthode apporte une amélioration de la qualité de l'huile essentielle en minimisant les altérations hydrolytiques; le matériel végétal ne baignant pas directement dans l'eau bouillante (Franchomme et *al.*, 1990 ; Richard, 1992; Lucchesi, 2005).

- **Calcul du rendement de l'huile essentielle**

Selon la norme Afnor (1986), le rendement en huile essentielle est défini comme étant le rapport entre la masse d'huile essentielle obtenue après extraction et la masse de la matière végétale utilisée. Il est exprimé en pourcentage et calculé par la formule suivante :

$$\mathbf{RHE = M'/M \times 100}$$

RHE : Rendement en huile essentielle en %.

M': Masse d'huile essentielle en gramme.

M : Masse de la plante en gramme

1.2.1 Evaluation « in vitro » de l'activité antifongique des extraits de *Atriplex halimus* vis-à-vis de *Fusarium* sp., agent de pourriture sèche sur agrumes

Les extraits sont solubilisés dans des flacons contenant du milieu PDA stérile avec deux gouttes de tween en vue d'obtenir un mélange homogène. Pour les extraits réalisés avec les solvants, acétone et éthanol, nous avons préparé 6 concentrations à savoir 100%, 50%, 25%, 12,5%, 6,25%, 3,125%, alors que pour l'extrait par le méthanol nous avons réalisé 5 concentrations 100%, 50%, 25%, 12,5% et 6,25%. En parallèle nous avons prévu deux témoins, positif contenant du tween et un témoin négatif.

Après préparation des concentrations des extraits, ces derniers sont mélangés au milieu de culture PDA qui est réparti dans des boîtes de Petri. Après solidification, chaque boîte est inoculée à l'aide d'un disque mycélien de 5mm de diamètre provenant du front de croissance des cultures âgés d'une semaine. Les boîtes sont incubées à 25°C; trois répétitions pour chaque concentration sont retenues.

1.3.4.3. Evaluation de la croissance mycélienne

Pour l'estimation de la croissance mycélienne, la technique employée est celle décrite par (Brewer 1960) et Leach (1962) in Loubelo (1992), qui consiste à mesurer la croissance linéaire et diamétrale des colonies en les appliquant à la formule suivante :

$$L = D - d / 2$$

Où : **L** : croissance mycélienne.

D : diamètre de la colonie.

d : diamètre de l'explant.

L'évaluation du taux d'inhibition de la croissance mycélienne est obtenue à partir de la formule de Doumbouya *et al.*, (2012).

$$Ti\% = [(DT - D) / DT] * 100$$

Ti% : taux d'inhibition de la croissance mycélienne.

DT : diamètre moyen de la croissance mycélienne du champignon (en cm) dans la boîte Pétri sans extrait (témoin)

D : diamètre moyen de la croissance mycélienne du champignon (en cm) dans la boîte Pétri qui contient la dilution préparée.

1.3.4.4. Evaluation de la sporulation

La sporulation est estimée selon la méthode décrite par Kaiser (1972) in Saiah (1994). Elle consiste à broyer et à macérer dans 10 ml d'eau distillée stérile, une culture, le dernier jour du test de l'évaluation de la croissance mycélienne. Après agitation et filtration sur mousseline fine stérile, afin de retenir les fragments mycéliens, la numération des spores se fait à l'aide d'une cellule de Mallassez.

Le pourcentage d'inhibition de la sporulation (Pis%) par rapport au témoin, est calculé comme suite :

$$\text{P.I.s (\%)} = (\text{dt} - \text{dT}/\text{dt}) \times 100$$

PIs : pourcentage d'inhibition de la sporulation (%)

N0 : nombre de spores estimées chez le témoin

NC : nombre de spores estimées en présence de l'extrait

1.2.1 Evaluation « in vivo » de l'activité antifongique des extraits de *Atriplex halimus* vis-à-vis du *Fusarium sp.*, agent de pourriture sèche sur agrumes

1.6.1. Préparation des plantes des agrumes

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 tout résidu sans abimer les racines. Les plantes sont transférées immédiatement dans des bécards contenant 300 ml de la solution de Knop (annexe 03) pendant 6h. Cette étape sert à éviter tout stress causé par cette manipulation.

1.6.2. Préparation de la suspension sporale

La suspension sporale est préparée à partir d'une culture de *Fusarium sp.* âgée de 8 à 10 jours, la récupération de spores est effectuée tout d'abord par l'ajout de 10ml d'eau distillée stérile directement dans la boîte de petri, ensuite à l'aide d'une lame de bistouri stérile, on gratte la surface de la culture délicatement, cette solution est mise dans un tube, puis secoué énergiquement pour assurer le détachement des spores. Ensuite, on filtre à l'aide de la mousseline et conservé dans un tube pour être inoculé ultérieurement.

1.6.3. Traitement préventif par trempage racinaire

Le système racinaire de quatre plants est trempé dans des béchers contenant les différents extraits de *Atriplex halimus* durant 20 min. Pour ne pas abîmer les racines, les extraits sont dilués 1/30 (extrait: eau). Les plantes sont transférées directement après le traitement dans des béchers contenant la solution KNOP et la suspension sporale pour l'inoculation de l'agent phytopathogène. Trois répétitions sont réalisées pour chaque traitement.

Chapitre II
Résultats et discussion

II-Résultats et interprétations

2.1-Caractères morphologiques de l'isolat de *Fusarium* sp.

2.1.1-Etude de l'aspect macroscopique

Après 3 jours de la mise en culture du champignon, on observe un mycélium blanc et dense plus ou moins cotonneux au centre; après 5 à 6 jours l'isolat présente une pigmentation jaune, qui devient de couleur jaune foncé sur les côtés de la boîte et orange avec un aspect poudreux au centre après 8 à 10 jours.

2.1.2- Etude de l'aspect microscopique

Ce champignon possède des macroconidies en forme arquée et allongées, avec présence ou pas de cloison mais avec. Les microconidies sont monocellulaire, plus ou moins allongée disposées en fausses têtes.

2.2. Résultats des extractions

Les différentes extractions effectuées nous ont permis de disposer de trois extraits parmi 04 (Tableau 09), puisque nous n'avons pas pu extraire de l'huile essentielle à partir de cette plante. Les caractéristiques des extraits obtenus sont représentées sur le tableau 11.

2.3. Evaluation de l'activité antifongique des extraits des feuilles et tiges d'*Atriplex halimus* sur *Fusarium* sp. agents de pourriture sèche des agrumes.

2.3.1. Evaluation « in vitro » de l'activité antifongique des extraits d'*Atriplex halimus* sur la croissance mycélienne *Fusarium* sp.

2.3.1.1. Effet de l'extrait par macération dans de l'acétone

La Figure 42, représentent les résultats de l'effet de l'extrait par macération (acétone) sur la croissance mycélienne de *Fusarium* sp, On remarque une réduction nette du diamètre des colonies traitées comparativement aux témoins.

Les résultats de l'effet de l'extrait par macération (acétone), sur la croissance mycélienne de *Fusarium* sp. sont représentés sur la Figure 43. L'analyse des différents traitements, montre l'effet significatif des doses sur la croissance mycélienne de cet isolat. En effet, on remarque une efficacité des six concentrations 100%, 50%, 25%, 12,5%, 6,25% et 3,125 % à inhiber sa croissance mycélienne. Par ailleurs, on remarque une augmentation significative de la croissance mycélienne du témoin positif et négatif par rapport aux différents traitements.

L'analyse des résultats de la Figure 44, montre que les valeurs de la vitesse de croissance mycélienne de l'isolat de *Fusarium* sp. cultivée sur le milieu PDA à différentes concentrations de l'extrait par macération (acétone) de l'*Atriplex halimus*, diminue considérablement avec l'augmentation de la dose, comparativement aux témoins ou la croissance était particulièrement rapide.

La Figure 45, représente les taux d'inhibitions de la croissance mycélienne de *Fusarium* sp., sous l'effet des différentes concentrations de l'extrait par macération (Acétone) des feuilles et tiges de l'*Atriplex halimus*. On remarque une efficacité de l'extrait à inhiber la croissance mycélienne de *Fusarium* sp; cette efficacité d'inhibitions s'accroît avec la concentration de la dose, mais ne dépasse guère 80%.

2.3.1.1. Effet de l'extrait par macération dans de l'éthanol

La Figure 46, représente les résultats de l'effet de l'extrait par macération dans de l'éthanol des feuilles et tiges de l'*Atriplex halimus* sur la croissance mycélienne de *Fusarium* sp., On remarque que cet isolat a présenté une réduction remarquable du diamètre des colonies traitées comparativement aux témoins, avec une efficacité notable pour 100% .

L'analyse des différents traitements, montre l'effet significatif des doses sur la croissance mycélienne de cet isolat. En effet, on remarque une efficacité des six concentrations 100%, 0%, 25%, 12,5%, 6,25% et 3,125 % à réduire sa croissance mycélienne. Par ailleurs, on remarque une augmentation significative de la croissance mycélienne du témoin positif et négatif par rapport aux différents traitements.

L'analyse des résultats de l'effet de l'extrait éthanoïque a démontré un effet inhibiteur significatif des doses et du temps sur la vitesse de croissance mycélienne du champignon. On remarque, d'après la Figure 48, la capacité de l'extrait éthanoïque *Atriplex halimus* à ralentir la vitesse de croissance. Cet effet est inversement proportionnel aux différentes concentrations de l'extrait.

2.3.1.3. Effet de l'extrait méthanoïque (Soxhlet)

La Figure 50, illustre l'effet de l'extrait méthanoïque des feuilles et tiges d'*Atriplex halimus* sur le développement des colonies de *Fusarium* sp.. on constate une diminution du diamètre des colonies proportionnellement à l'augmentation de la dose, toutefois cette diminution reste moins importante en comparaison des autres tests

La Figure 53, ci-dessous représente les taux d'inhibitions de la croissance mycélienne de *Fusarium* sp. sous l'effet des différentes concentrations de l'extrait méthanoïque des feuilles et des tiges d'*Atriplex halimus*.

III. Discussion

Dans l'objectif de découvrir de nouvelles substances naturelles pour remplacer les pesticides chimiques. Nous nous sommes proposés à mettre en valeur l'effet biofongicide des extraits, des feuilles et des tiges de l'*Atriplex halimus*, une espèce très répandue en Algérie, en particulier dans la région de la localité de Mostaganem. Au cours de cette étude, nous avons effectué des tests sur les composés phénoliques de cette plante obtenus en macérant dans de l'éthanol et l'acétone et en par la méthode de Soxhlet dans du méthanol.

L'étude de la croissance mycélienne de *Fusarium* sp. en présence des extraits des feuilles et des tiges d'*Atriplex halimus*, montre une diminution de la croissance mycélienne synchronisée avec l'augmentation de la dose. En effet, les résultats des tests « in vitro » montrent que *Fusarium* sp. est plus sensible aux traitements appliqués, dont l'efficacité varie entre 60% et 90% sous l'effet des trois extraits étudiés.

Effectivement, ces extraits ont réussi à empêcher la prolifération mycélienne et la sporulation du champignon. Pour les doses élevées, les taux d'inhibition dépassent les 80%. Tayer et al. (2023), ont étudié l'activité antifongique des extraits de l'*A. halimus*, et ont obtenu des résultats similaires.

Les résultats indiquent clairement que l'ajout d'extrait riches en substances actives dans le milieu a une forte influence sur les trois paramètres étudiés (croissance mycélienne, vitesse de croissance et taux d'inhibition). Ainsi, le niveau d'activité antifongique est généralement lié à la concentration de l'extrait.

En général, l'activité antifongique est liée à la concentration de l'extrait. Les phénols sont les composés chimiques les plus efficaces et les plus polyvalents (Dorman et Deans, 2000). Les phénols entraînent divers dommages contre les champignons, tels que des altérations morphologiques des hyphes mycéliens, la rupture de la membrane plasmique et l'altération de la structure des mitochondries (Arras et al., 2001; De Billerbeck et al., 2001).

Conclusion

Conclusion

En raison de sa situation géographique exceptionnelle, l'Algérie possède une grande diversité de plantes médicinales qui sont employées dans le traitement traditionnel. Certaines plantes médicinales ont des propriétés biologiques très significatives qui sont largement utilisées dans différents secteurs tels que la médecine, la pharmacie, la cosmétique et l'agriculture.

Notre travail a pour but d'évaluer l'effet antifongique de *Atriplex halimus* connue sous le nom de «Guettaf » sur le développement de *Fusarium*sp., agent du dépérissement sur agrumes.

Cette étude a permis de mettre en évidence l'effet antifongique des extraits « in vitro » en montrant la relation inversement proportionnelle entre la dose de l'extrait et l'inhibition de la croissance mycélienne.

Au terme de ce modeste travail, nous pouvons formuler un certain nombre de conclusions :

- L'isolat testé a été identifié comme étant *Fusarium*sp, agent de la pourriture sèche racinaire des agrumes.
- l'extrait des feuilles et tiges de *Atriplex halimus* sur la croissance mycélienne et la sporulation, montre une corrélation entre les doses de l'extrait et les taux d'inhibition.
- Les résultats obtenus durant ce travail montrent l'efficacité de tous les extraits testés.

Pour améliorer la valeur de *Atriplex halimus*, il serait donc intéressant de continuer cette étude « in vivo », puis déterminer les molécules actives qui agissent directement sur ce champignon. Les résultats du test « in vivo » démontrent l'effet protecteur des extraits de la plante d'*Atriplex halimus*, sur les racines des orangers.

Les extraits de cette plante pourraient être une source potentielle d'agents antifongiques naturels dans l'industrie chimique, comme une alternative aux antifongiques.

Référence bibliographiques

- **A .Ouldkadour,(2019)"** Etude de l'effet antifongique des extraits bpolyphénolique de *Atriplexhalimus L.*, sur la croissance de certains champignons dermatophyte". thèse de doctorat. , université Abdlhamid Ibn Badis de Mostaganem, pp20-23
- **Abadie, C., Edel V. et Alabouvette C. (1998).**Soil suppressiveness to Fusarium wilt :Influence of a cover-plant on density and diversity of Fusarium populations. Soilbiol.Biochem –Vol.30, No.5, pp 634-649
- **Abdel Rahman S.M., Abd-Ellatif S.A., Deraz S.F., Khalil A.A. 2011.** Antibacterial activity of some wild medicinal plants collected from western Mediterranean coast, Egypt: Natural alternatives for infectious disease treatment. African Journal of Biotechnolog. 10(52): 10733- 10743.
- **AFNOR (Association Française de Normalisation), 1986,** Recueil des normes françaises “huiles essentielles”. AFNOR, Paris, 57p
- **Al-Jaber, N.A.A., Mujahid, T.G., Al-Hazmi, H.M.G., 1991.**Flavonoides from *Atriplex farinosa*. J. King Saud. Univ. 3, 163-167.
- **AOAC 1990** , official methods of analysis(15th Edn) .Association of official analytical chemists : Washington DC , 774p .
- **Aoki t., odonnell k. 1999.** Morphological and molecular characterization of *Fusarium pseudograminearum* sp. Nov., formerly recognized as the group 1 population off. Graminearum. Mycologia 91, 597-609
- **Barboni T., 2006 -** Contribution de méthodes de la chimie analytique à l'amélioration de la qualité de fruits et à la détermination de mécanismes (EGE) et de risques d'incendie. Thèse de Doctorat, Univ. Di Corsica Pasquale Paoli, Français, 38 p.
- **Beckman, C.H. (1989).** “Colonization of the system of plants by fungal pathogens: a basis of modelling the interactions between host and parasite in time and space, in vascular wilt diseases of plants”, (Tjamos, E. C. and Beckman, GH, Eds). Springer-verlag, Heidelberg, Berlin., 19-32
- **Belguendouz, 2014) Belguendouz R., (2014) :** Relations plantes hôtes- cochenilles diaspidines sur les agrumes (Citrus spp) en Algérie : cas de *Parlatoria ziziphi* (Luccas, 1853) (Homoptera : Diaspididae). Thèse. Sci. Agro., Ecol. Nat. Sup. Agron., El-Harrach, Alger, 265p.
- **Bender, G.S., Menge, J. A., Ohr, H. D., and R. M., Burns. 1982.** Dry root rot of citrus: its meaning for the grower. The California Citrograph 67 (4):249-254.

- **Benhammou N., bekkara F. A., panovska T. K. 2009.** antioxidantactivity of methanolicextracts and some bioactive compounds of *Atriplexhalimus*. *Comptesrenduschimie*, 12(12), 1259-1266.
- **Benhammou, N., AtikBekkara, F., KadifkovaPanovska, T., 2009 ; 2014.**Antioxidantactivity of methanolicextracts and some bioactive compounds of *Atriplexhalimus*. *C. R. Chimie*. 12, 1259–1266
- **Benyon et al., 2000.Benyonf.h.l., burgessl.w. et sharp p.j. (2000).**Moleculargenetic investigations and reclassification of *fusarium*species in sections *fusarium* and *roseum*. *Mycol.res.* 104, 1164-1174.
- **Berri R. (2009).** Contribution a la détermination de la biomasse consommable d'une halophyte : *Atriplex*. Mémoire du Ingénieur Université KasdiMerbah Ouargla. P 20-41.
- **Berrighi I., 2007 :** étude de la dynamique des populations de la mineuse des agrumes *phyllocnistiscitrillastaint* (lepidoptera ; *gracillariidae*) dans la commune de mazagran (Mostaganem).
- **Biche M., (2012) :** Les principaux insectes ravageurs des agrumes en Algérie et leurs ennemis naturels. Ed. Institut national de la protection des végétaux et le ministère de l'agriculture et du développement durable et FAO, 36 p.
- **Brewer d. 1960.**Studies in asochytapisi. *Canadian journal de la végétale philosophie mathématique*. Classique hachette.
- **Burgess L.W.,Summerell B.A.,Bullock S.,Gott K.P.,Backhouse D.(1994).**Laboratorymanual for *Fusarium*research, 3rd ed.University of Sydney.Sydney, Australia.
- **Bylka, W., 2004.** A new acylatedflavonoldiglycosidefrom*Atriplexlittoralis*. *Acta Physiol Plant.* 26(4), 393- 398.
- **Bylka, W., Stobiecki, M., Frahski, R., 2001.** Sulphatedflavonoid glycosides fromleaves of *Atriplexhortensis*. *Acta Physiol. Plant.* 23(3), 285-290.
- **Carter j.p., rezanoorh.n., desjardinsa.e., nicholson p. (2000).** Variation in *Fusariumgraminearum*isolatesfromnepalassociatedwiththeir host of origin. *Plant pathology* 49, 452- 460.
- **Cassin (1984), Cassin J., (1984) :** Comportement des variétés d'agrumes dans les différentes régions de production. *Rev. Fruit*, Vol. 39, n°4, 263-275pp
- **Chavanne P., (2011) :** 200 remèdes au citron. Editions First – Grund, Paris, 255p.

- **Corbaz, R. (1990).**Principe de phytopathologie et de lutte contre les maladies des
- **Courboulex et Lorrain., (1998) :** Les agrumes –m. Courboulex& h. De Lorrain-éditions rustica.
- **Curk F., Heuzet M., coord , 2013.** Les clémentiniers et autres petits agrumes.Ed.Quae. France. 363p
- **Dandurand et menge, 1992.** Influence of *Fusariumsolani* on citrus rootgrowth and population dynamics of *Phytophthora parasitica* and *Phytophthora Citrophthora*;
- **Doumbouya M., Abo kouabenan.L., NicaiseA., Camara B ., Kanko K.,Aidara D., and Kone D.(2012).**Activités comparées in vitro de deux fongicides de synthèse et de deux huile essentielle sur des champignons telluriques des cultures maraichères en Cote d’Ivoire. *J.Appl.Biosc.* P 3523-3530
- **DSA, 2024 :** Direction des services agricole Mostaganem
- **Duan, L., Guo, L., Liu, K., Liu, E.H. et Li, P. (2014) :**Characterization and classification of seven citrus herbs by liquidchromatography-quadrupole time-of-flight mass spectrometry and geneticalgorithmoptimized support vector machines. *J. Chromatogr A*, 1339 : 118- 127. In Mir, H. (2016).
- **El haib, A .2011,** Valorisation de terpènes naturels issus de plantes marocaines par transformation catalytiques. Université de toulouse
- **EL Otmani M., (2005) :** Les Agrumes, le maraichage, et le froid hivernal. Agadir,
- **El-Mahjoub, M., Le Picard, D., Moreau, M. (1984).** Origin of tyloses in melon (cucumismelo to a vascular*Fusarium* IAWA Bulletin n.s., vol5(4).307-311.
- **Emam S.S. 2011.** Bioactive constituents of *Atriplexhalimus* plant. *Journal of Natural Products*, Vol. 4, pp. 25-41.
- **Erdman J., Balentine J. D., Arab L., Beecher G., Dwyer J. T., Folts J., Harnly.,Hollman J. P., L –Keen C., El Abd Rahman, H.H., Mohamed, M.I., Gehad, A.E.A., Awadallah, I.M., 2006.**Ameliorating the Antinutritionalfactorseffect in *Atriplexhalimus* on sheep and goatsbyensiling or polyethylene glycol supplementation. *Int. J. AgrBiol.* 8(6), 766–769.
- **Falleh H , Ksouri R , Chaieb K et al. 2008,** Phenolic composition of *cynaracardunculus*L.organs , and theirbiologicalactivities
- **FAO ,2021.** Organisation des Nations Unies pour l’alimentation et l’agriculture
- **Faucon M., (2015) :** Traité d’aromathérapie scientifique et médicale : Fondements.

- **Favier A. 2003.** Le stress oxydant. Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *L'actualité chimique*, 108-115.
- **Fawcett. H. S. 1936-**Citrus diseases and their control, 1936. (3) a. Z. Joffe and m. Schiffmannadel. *Fruits* 27:117,
- **Food and Agriculture Organization of United Nations, (2021)** : Division de la statistique de la FAO (FAOSTAT) 3p.
- **Franchomme P., Pénoel D, 1990,** L'aromathérapie exactement. Encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles. Edition Roger Jallois, Limoges, France, 445p.
Fruitière et de la Vigne. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural Algérie. P22-23
- **Gattouche S., Sekhri L., Tabchouche A.2018.** A Comparative study of the antibacterial and theantioxidant Activity of *Atriplexhalimus L.* *research journal of pharmaceuticalbiologicalandchemical sciences*, 9(3), 195-204.
- **Gaumann, E. (1958).**Fusaricacid as a wilttoxin. *Phytopathology*.47:342-357
- **Ghelamallah.a., 2005** : etude bio écologique du complexe parasitaire inféodé à *Phylocnistiscitrellastainton* dans la région de mostaganem. Mémoire d'ingénieur agronome, spécialité : protection des végétaux. Université de mostaganem. 65 pages.
- **Ghosh, s.p. And singh. R.p. 1993-** Citrus in south Asia. Food and agriculture organization (fao) of the United Nations, regional office for Asia and the pacific.
- **Gothoskar, S. S., Scheffer, R. (1953).**Pecticanzymzq in the physiology of *Fusariumwilttoftomato*. *Phytopatology*.p 43,472.
- **Grafenhan, T., Schroers,H-J.,Nirenberg,H.I., and Seifert,K.A.(2011).**An overview of the taxonomy,phylogeny, and typification of nectriaceousfungi in *Cosmospora* , *Acremonium*,*Fusarium*,*Stilbella*,and*Volutella*.*Studies in Mycology* 68,79-113.
- **Gulli, m.e. And chafai, m. (1995).** Symptom and etiology of dry root-rot of citrus in morocco, *alwatan* 88: 103-110.
- **Hambaba L., Boudjellal K., Abdeddaim M., Aberkane M. C., Boudiaf K. 2012.** Étude in vitro des activités antimicrobienne et antioxydante des extraits du fruit d'*Elaeagnusangustifolia L.* *Phytothérapie*, 10(6), 350-356.
- **Hassan. N., Maswada. H., 2012.** Proximate and Phytochemical analyses of *Asparagusstipularis* and *Cyperuscapitatus* and theirantioxidantactivities. *Proceedings*

of the 11 the Conference of the Agricultural Development Researches, Ain Shams University, Egypte.

- **Henni, J.E. (1998).** Morphologie, pouvoir pathogène et diversité génétique chez *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*. Thèse de Doctorat d'état. Université d'Oran, p 171 illustrated manuel for identification. Penn. Stat. Univer. Press., 193p
- **Imbert, 2007.** Agrumes. Les dossiers de fruit trop. n° 150. ed science. 34p.
- **ITAFV, 2021** Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne
- **Jacquemond C., Agostini D. et CUR K., (2009) :** Des agrumes pour l'Algérie, Bureau d'ingénierie en horticulture et agro-industrie, 4p
- **Jacquemond C., Curck F. et Coord., (2013) :** Les clémentines et autres petits agrumes. Ed. Quae. Versailles Cedex. France. 363 p.
- **Jarald E., Joshi S. B., Jain D. 2008.** Diabetes and herbal medicines. Iranian Journal of Pharmacology and therapeutics 7 : 97-106.
- Kaiser (1972) in Saiah (1994)
- **Kasraoui M. F. Braham M. Denden M. Mehri H. Gracia M. Lamaze T et Attia F., (2006) :** Effet du déficit hydrique au niveau de la phase photochimique du PSII chez deux variétés d'olivier. C. R. Biologies. 98-105pp
- **Kerboua M., 2002.** L'agrumiculture en Algérie. Institut Technique de l'Arboriculture
- **Labuschagne, n., Vegtef.a.v. And Kotze, j.m., 1989-** Interaction between *Fusarium solani* and *Tylenchulus semipenetrans* on citrus roots. *Phytophylactica*, 21: 29-33
- **Labuschagne, n. 1994.** *Fusarium solani* as a root pathogens of Citrus an overview. *Citrus. Journal* 4(5):22-24
- **Le Houéron H.N. 1992.** The role of saltbushes (*Atriplex* spp.) in arid land rehabilitation in the Mediterranean Basin: a review. *Agroforestry systems*, 18: 2. pp. 107-148.
- **Leach c.m. 1962.** The quantitative relationship of uv and visible radiation to the induction of reproduction in *ascochyta pisi*. *Can. J. Bot.*, 40 : 1577-1602.
- **LebdiGrissa, K., (2010) :** 'Etude de base sur les cultures d'agrumes et de tomates En Tunisie', Régional Integrated Pest Management Program in the Near East GTFS/REM/070/ITA, Juillet 93p.
- **Leslie J.F., summerell B.A., 2006.** The *Fusarium* laboratory manual, blackwell publishing

Référence bibliographique

- **Loubelo A.C.1992.**Contribution à l'étude de la pourriture noire des racines de pois chiche causée par *Fusariumsolani* (mart) appel ujr caractérisation et pathogénicité thèse ing.Agrchelef 97p.
- **Loussert R., (1985)** : Les agrumes. Ed. J. B. Bailliére, Paris, 136p.
- **Loussert R., (1987)** : Les agrumes Arboriculture. Ed. Lavoisier, Paris, Vol 2. Liban, 280p.
- **Loussert R., (1989)** : Les agrumes. Production. Ed. Sci. Univ. Vol 2. Liban, 280p.
- **Loussert R., (1989)** : Les agrumes. Production. Techniques agricoles méditerranéennes. Paris.
- **Lucchesi M.E, 2005,** Extraction sans solvant assistée par micro-ondes conception et application à l'extraction des huiles essentielles. Thèse de doctorat en Sciences, Université de la Réunion, France, 146p.
- **Mahrez M , 1997** , 'étude caryologique de l'atriplexhalimus' . Mémoire Ingénieur , I.N.E.S .,Blida ,44p.
- **Malikoutsaki-mathioudi, M., bourbos, V. A. and skoudridakis, M. T., 1987-** La pourriture sèche des racines- une maladie très grave des agrumes en grèce. Eppo bulletin, 17: 335–340.
- **Manner, H.I., Buker, R. S.,Easton Smith, V &Elevith, CR., (2005):** Citrus species (Citrus), ver . 1, 1. In : CR Elevith (Ed) Species Profiles for Pacific Island Agroforestry. Permanenet Agriculture Ressources (PAR), Holualoa, Hawai, 31p.
- **Matmati I., 2005** : implication des composés phénoliques dans les phénomènes de défense naturelle des citrus aux attaques de phyllocnistiscitrillastaint (lepidoptera ; gracillariidae) en algérie.
- **Menge, j.a. 1989.** Dry root rot. In compendium of Citrus diseases (j.o.Whiteside, s.m.Garnsey and l.w. Timmer, eds.) American phytopathological society. 79 pp.
- **Messiaen, C.M. (1981).** Les variétés résistantes, méthodes de lutte contre les maladies et les ennemies des plantes, Edition INRA. Paris. P374.
- **Migdal C., Serres M. 2011.** Espèces réactives de l'oxygène et stress oxydant. médecine/sciences, 27(4), 405-412.
- **Mozafar A.and Goodin JR 1970,**Visuculatedhair .mechanisms for salttolerance in *Atriplex halimus* 62-65.

- **Nedjimi B., Guit B., Toumi M., Beladel B., Akam A., Daoud Y. 2013:** “Atriplexhalimussubsp. SchweinfurthiiChenopodiaceae) : Description, écologie et utilisations pastorales et thérapeutiques”, Fourrages, 216, 333-338 .
- **Nelson p. E., toussount.a., marasasw.f.o. (1983).** Fusariumspecies. An illustratedmanual for identification. Pennsylvania state universitypress, universitypark, pa.. (Roquebert, 1998)
- **Ozby n and newman s, 2004.** Journal of biological control, pp 487-489.
Parey,Berlin,In :Nelson P.E.,ToussonT.A.etMarasas W.F.,(1983),*Fusariumspecies*.An
- **Parfonry R., (2011) :** Plante à fruits. In : Raemaekers H. (éd), Agriculture en Afrique tropicale, Direction générale de la Coopération internationale, Bruxelles, 555-588pp.
- **Parfonry r., 2001.** Plantes à fruits. In : raemaekers h. (éd), agriculture en afrique tropicale, direction générale de la coopération internationale, bruxelles, p. 555-588.
- **Phillipe et al., 2015)Phillippe H., Damien L., Phillippe J., 2015.**Bulletin de Santé du Végétal (Agrume) Guyane, N°7.11p Phytopathology 83: 767- 771.
- **Pincemail J., Bonjean K., Cayeux K., Defraigne J.O. 2002.** Physiological action of antioxidantdefences. Nutrition Clinique et Métabolisme. 16, 233-239.plantes.Edition presse polytechnique et universitaire romande, p286.
- **Praloran C., (1971) :** Les agrumes. Ed. Editeur 8348, Paris, n° 5, 25p.
- **Praloran J. (1971) :** Les agrumes, ed. Maisoneuve et la rose, 1 er Eds France, 485p.
- **Praloran, J.C., (1971) :** Les agrumes. Techniques agricoles et productions tropicales. G.-P Maisonneuve et Larose (Ed.). Paris, 561p.
- **Quesel P . et Santa S. 1962,**’Nouvelle flore de l’Algérie et des régions désertiques méridionales ‘’,Ed . Anatole ,France,,228p .
- **Quezel P. et Santa S., 1962–** Nouvelle flore de l’Algérie et des régions désertiques méridionales. C.N.R.S. Paris. 2 vol. 1170p
- **Rappily F.1969.**Techniques de mycologie en pathologie végétales.Annepiphyties ;102p.
- **Richard D., (2004) :** Orange et Citron. Ed. Devecchi S. A. Montmartre, Paris, 20-31pp.
- **Richard H, 1992,** Epices et aromates. Edition Tec & Doc. Lavoisier, Paris, 339p.
- **Rossmann,A.Y,Samuels,G.J,Rogerson,C.T.et,Lowen,R.(1999).**Genera of Bionectriaceae.

- **Schroers HJ1 , Grafenhan T, Nirenberg HI, Seifert KA.** A revision of *Cyanonectria* and *Geejayessiagen* .nov., and related species with *Fuvarium* -like anamorphs. *Stud Mycol.* 2011 ;68 :115-38.
- **Somon B 1987**, Arbre , arbuste , et arbusseaux en Algérie “, ED. Office de Publication Universitaire , Alger , , 22p .
- **SWINGLE W.T., 1948** – Citrus industry chap. IV (the botany of Citrus and its wild relatives of the orange Subfamily). Univ. Of California Press, Berkeley and Los Angeles, 605 p.
- **Terol, J., Soler, G., Talon, M. et Cercos, M., (2010)**: The aconitate hydratase family from Citrus. *BMC Plant Biology*, 10 : 222p
- **Toussoun, T.A., Nelson, P.E. (1976)**. A Pictorial Guide to the Identification of *Fusarium Species*, Second Edition. Pennsylvania State University Press, University Park.
- **Vanderweyen, A., et Serrhini., 1981**- La pourriture sèche des racines d'agrumes au Maroc. Académie d'agriculture de France. Extrait du procès-verbal de la séance du 16 décembre 1981. 1492-1496
- **Virbei-Alonso C., (2011)** : Citron et autres agrumes. Ed. Groupe Eyrolles, 15 p.
- **Walker. G., White. N., 2011**. Introduction to Fungal Physiology. In: *Fungi: Biology and Applications*, Kavanagh K (ed) John Wiley and Sons, Ltd, UK.
- **Walter A & SAM C., (2002)** : Fruit of Oceania. (Trans., P. Ferrar from *Fruits D'Océanie*). ACIAR Monograph 85. Australian Centre of International Agricultural Research, Canberra, Australia.
- **Wollenweber H.W. et Reinking O.A., (1935)**, Die Fusarien. Verlagsbuchhandlung Paul
- **Wright, R.J. & Roberts, D., 1987**. Insect control effort with fungi. *Developments in industrial microbiology* 28, p. 77-87
- **Young jc, Fulcher RG, Hayhde JH, Scott PM, Dexter JE., 1984**. Effect of milling and baking on deoxynivalenol (vomitoxin) content of eastern Canadian wheats. *J. Agric. Food* chem. 34:659

Annexe

ANNEXE 03

1. KNOP

Milieu nutritif destiné à la culture des plantes à chlorophylle.

Inventé par le chimiste allemand Johann *Knop* (1817-1891), il contient les 4 éléments dont les symboles chimiques mis à la suite forment le nom de celui-ci : K (potassium), N (azote), O (oxygène), P (phosphore).

Composition du liquide de Knop sans azote :

1. 1.00 g de chlorure de calcium.
2. 0.25 g de phosphate monopotassique.
3. 0.50 g de chlorure de potassium.
4. 0.25 g de sulfate de magnésium.
5. 1.00 mg de sulfate ferrique.
6. 1000 ml de l'eau distillée.

2. Milieu PDA

Le milieu de culture PDA (Potato Dextrose Agar)

1. Pomme de terre 200g
2. Agar 15 g
3. Glucose 20g
4. Eau distillée 1000 ml

Ce milieu doit être ajusté au pH 7.2 Puis autoclavé à 120°C durant 30 min. Enfin ce milieu est écoulé dans des boites pétri stériles.