



**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE ECHAHID HAMMA LAKHDAR D'EL-OUED**

Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de :

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : sciences de la nature et de la vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Production végétale

Thème

Contribution à l'étude mycologique de la pourriture post récolte des agrumes

Présenté par : FRIDJET Isra

Soutenu publiquement le :

Devant le Jury composé de :

Pr. HAMAD Brahim	Président	Université d'El Oued
Dr. BOUAFIANE Mabrouka	Examinatrice	Université d'El Oued
Pr. HADEF Leyla	Promotrice	Université d'El Oued

2024-2025

Remerciements

Je remercie tout d'abord Le Plus Puissant ALLAH le tout puissant de m'avoir illuminé et ouvert les portes de savoir, et de m'avoir donné la volonté et le courage d'élaborer ce travail.

Toutes les expressions de l'estime et de gratitude du monde sont insuffisantes pour exprimer nos remerciements à nos parents qui nous ont accompagnés tout au long de notre étude.

Au terme de ce travail nous exprimons tout d'abord nos profonds remerciements aux membres de jury qui ont accepté de juger notre travail.



Dédicace

“À mes compagnons du premier pas et de l’avant-dernier, à ceux qui, durant les années de disette, furent des nuages pleins de pluie : je suis reconnaissant.”

Mon père.

Ma mère.

Mon mari.

La femme de mon frère.

Mes frères et sœurs (Elhaj djoumoui, Meriem, yahia taki eddine, Sadjida, Djinane Erahmane, Mayar, Maram, Ibrahim, Miral, Manar).

Mon professeur HadeF leila.

La famille Fridjet et Dehda.

Résumé

Abstract

المخلص

Résumé

Des études mycologiques sur les champignons présents sur des agrumes (oranges "Washington Navel" et citrons "citron eureka frost"), prélevées auprès de détaillants du marché d'El oued ont été menées entre Février et Mars 2025.

Les fruits ont été laissés dans des conditions propices pour le développement des champignons responsable de la pourriture post récolte puis les échantillons ont été stérilisés en surface à l'eau de javel et les homogénats ont été cultivés sur gélose Saboraud, puis incubés en aérobiose à température ambiante pendant 6 jours à 26-28 °C. Des cultures pures des colonies fongiques obtenues ont été obtenues à partir des sous-cultures des boîtes primaires. Celles-ci ont été identifiées macroscopiquement et microscopiquement. Le champignon pathogène le plus prédominant isolé des échantillons était *Penicillium digitatum* (70 %) suivi par *Penicillium italicum* (30%) et afin de réduire les pertes économiques dues aux agents causals de la pourriture post-récolte des agrumes trouvés nous avons testé l'effet de différentes dilutions de deux hydrolats végétaux (hydrolat d'Ail (*Allium sativum*), hydrolat de lavande (*lavandula stoechas*), et un fongicide (terazole) sur ces derniers. Les résultats des tests d'efficacité ont montré l'inefficacité des hydrolats et de fongicide testé. De ce fait, il est vivement conseillé d'explorer d'autres options pour contrer la pourriture, que ce soit avec des produits naturels ou synthétiques. Les tests doivent être approfondis pour identifier les agents les plus efficaces pour éliminer les causes de la dégradation, en tenant compte de leur toxicité et de leur impact environnemental.

Mots-clés : Étude mycologiques, pourriture post-recolte, Orange, citron, activité antifongique, *Allium sativum*, *lavandula stoechas*, Terazole.

Abstract

Mycological studies on fungi present on citrus fruits (oranges *Washington Navel* and lemons *Eureka Frost*) collected from retailers at the El Oued market were conducted between February and March 2025.

The fruits were kept under conditions favorable for the development of fungi responsible for postharvest rot. The samples were surface-sterilized with bleach, and homogenates were cultured on Sabouraud agar, then incubated aerobically at ambient temperature for six days at 26-28 °C. Pure cultures of the fungal colonies obtained were prepared from subcultures of the primary plates. These were identified both macroscopically and microscopically. The most predominant pathogenic fungus isolated from the samples was *Penicillium digitatum* (70%), followed by *Penicillium italicum* (30%). In order to reduce economic losses due to these postharvest rot agents, we tested the effect of different dilutions of two plant hydrolates (garlic hydrolate (*Allium sativum*), lavender hydrolate (*Lavandula stoechas*), and a fungicide (Terazole) on these fungi. The efficacy tests showed that both the hydrolates and the tested fungicide were ineffective. Therefore, it is strongly recommended to explore alternative options, whether natural or synthetic products, to combat postharvest rot. Further tests should be conducted to identify the most effective agents for eliminating the causes of deterioration, while taking into account their toxicity and environmental impact.

Keywords : Mycological study, postharvest rot, orange, lemon, antifungal activity, *Allium sativum*, *Lavandula stoechas*, Terazole.

الملخص

أُجريت دراسات فطرية على الفطريات الموجودة على ثمار الحمضيات (البرتقال صنف *Washington Navel*) والليمون صنف *Eureka Frost*) التي جُمعت من بائعي التجزئة في سوق الوادي، وذلك خلال الفترة بين فبراير ومارس 2025.

وُضعت الثمار في ظروف مناسبة لتطور الفطريات المسؤولة عن أعفان ما بعد الحصاد. تم تعقيم العينات سطحياً باستخدام ماء جافيل، وزُرعت المتجانسات على وسط آغار سابورود، ثم حُضنت في ظروف هوائية عند درجة حرارة الغرفة لمدة ستة أيام في نطاق 26-28 درجة مئوية. تم الحصول على مزارع نقية من المستعمرات الفطرية المعزولة من خلال الزرع الثانوي من الأطباق الأولية. وقد جرى التعرف عليها ماكروسكوبياً وميكروسكوبياً. كان الفطر الممرض الأكثر انتشاراً والمعزول من العينات هو *Penicillium digitatum* بنسبة 70%، يليه *Penicillium italicum* بنسبة 30%. وللحد من الخسائر الاقتصادية الناتجة عن مسببات أعفان ما بعد الحصاد، قمنا باختبار تأثير تخفيفات مختلفة محلولين نباتيين (ماء الثوم *Allium sativum*) وماء الخزامى (*Lavandula stoechas*) ومبيد فطري (تيرازول) على هذه الفطريات. أظهرت نتائج اختبارات الفعالية عدم فعالية المحلولين والمبيد الفطري المختبر. وبناءً على ذلك، يُنصح بشدة باستكشاف خيارات أخرى سواء من المنتجات الطبيعية أو الاصطناعية لمكافحة أعفان ما بعد الحصاد. كما ينبغي تعميق الدراسات لاختيار العوامل الأكثر فاعلية في القضاء على مسببات التلف، مع مراعاة سميتها وتأثيرها البيئي.

الكلمات المفتاحية: دراسة فطرية، أعفان ما بعد الحصاد، برتقال، ليمون، نشاط مضاد للفطريات، *Allium sativum*، *Lavandula stoechas*، تيرازول.

LISTE DE FIGURE

Numéro	Figure	Page
1	Répartition des superficies agrumicoles par région.	6
2	La production des agrumes par rapport aux autres cultures.	8
3	Classification des agrumes et origine génétique des Citrus cultivés.	9
4	Représentation schématique des quelques types de feuilles.	12
5	Quelques champignons filamenteux	23
6	La reproduction sexuée et asexuée chez les champignons.	26
7	Symptômes de la pourriture post récolte sur des oranges et des citrons	31
8	Lavande (<i>lavandula stoechas</i>) et gousses d'ail (<i>Allium satvium</i>) utilisée dans cette étude	31
9	hydrolat des feuilles de lavande (<i>lavandula stoechas</i>) préparé	34
10	Hydrolat des gousses d'ail(<i>Allium satvium</i>) préparé	35
11	Terazole et la solution de Tétrazole préparée	36
12	Illustration de la méthode des aromatogrammes sur boîte de pétri	37
13	Aspects macroscopiques de l'espèce fongiques (01) isolées à partir des agrumes pourris	38
14	Aspects macroscopiques de l'espèce fongiques (01) isolées à partir des agrumes pourris.	39
15	Aspects microscopique d e l'espèce fongiques (01) isolées à partir des agrumes pourris	39
16	Aspects microscopique d e l'espèce fongiques (02) isolées à partir des agrumes pourris.	40
17	Résultats de l'activité antifongique quelques dilutions des hydrolats de l'ail et de lavande et de dilution de Terazole testée contre le <i>P.digitatum</i> et de <i>P.italucum</i> .	41

LISTE DES TABLEAUX

Numéro	TABLEAUX	Page
1	Comparaison des Superficies agrumicoles et rendements par hectare en Algérie 1999 au 2003.	7
2	Composition variétale des agrumes en Algérie	8
3	Préparation des différentes concentrations des solutions d'ail et de lavande.	35
4	Caractéristiques macroscopiques des souches isolées.	38
5	Caractéristique microscopique des souches isolées.	39
6	Résultats de l'activité antifongique différentes dilutions des hydrolats de l'ail et de lavande réalisé par la méthode de diffusion sur disque.	40

Sommaire

Remerciements

Dédicace

Résumé

Liste De Figure

Liste Des Tableaux

Introduction.....1

Chapitre I

1.Généralité sur les agrumes.....3

2.Les agrumes en Algérie4

3.Importance économique en Algérie6

4.Taxonomie des agrumes8

5.Description botanique10

**6.Les facteurs environnementaux favorables à la culture des
agrumes.....12**

6.1.Le sol.... 12

6.2.La température13

6.3.L'humidité13

6.4.Lumière.....15

6.5.Le vent.....16

7.La plantation et la méthode de culture16

Chapitre II

1.Généralité sur les moisissures.....22

1.1. Les moisissures	22
1.2. Classification	24
1.3. Mode de reproduction	25
1.4. Systèmes de classification et d'identification des champignons	27
1.5. Mode de vie des moisissures	29

Chapitre III

III. Matériel et méthodes.....	31
III.1. Matériel	31
III.1.2. Méthode.....	32

Chapitre IV

IV. Résultats et Discussion	38
IV.1. Résultats	38
IV.2. Discussion	42
Conclusion	31
Références bibliographique	

Introduction

Introduction

Il y a 135 pays qui cultivent et produisent des agrumes dans le monde, leur superficie de plantation et leur rendement annuel se classent au premier rang parmi tous les fruits (Noorizadeh et *al.*, 2022). La production d'agrumes a été estimée à environ 103 millions de tonnes pour 2021/22 (Département de l'Agriculture des États-Unis, 2023). En Algérie, 55.000 ha de superficie sont productives en 2011 dont 56 % se situent au centre du pays (Houaoura, 2013). La production d'agrumes en Algérie a connu une croissance significative au cours des dernières années. Pour la saison agricole 2023- 2024, la production a atteint plus de 18 millions de quintaux, soit environ 1,8 million de tonnes, marquant une augmentation notable par rapport aux 16 millions de quintaux de la saison précédente (Algérie Eco, 2024). Cependant, après la récolte des agrumes, des pertes importantes peuvent survenir pendant le stockage, le transport et la commercialisation (Munera et *al.*, 2023). Parmi tous les facteurs de réduction des pertes sur l'approvisionnement alimentaire, les maladies post-récolte des fruits constituent un facteur majeur qui cause les pertes post-récolte et limite la durée de stockage (Karabulut et *al.*, 2004, et Liu et *al.*, 2005). La pourriture causée par les maladies fongiques est la principale cause de pertes après récolte pour la plupart des agrumes (Riolo et *al.*, 2024). Plus précisément, les agents pathogènes *Penicillium digitatum*, *Penicillium italicum*, *Geotrichum citri-aurantii* peuvent infecter les fruits pendant le stockage post-récolte des agrumes (Duan et *al.*, 2021). Sous l'influence de facteurs environnementaux, ces micro-organismes constituent une menace sérieuse pour la production fruitière. L'altération désigne toute modification de l'état des aliments qui les rend moins appétissants, voire toxiques ; ces changements peuvent s'accompagner d'altérations du goût, de l'odeur, de l'apparence ou de la texture (Akinmusire et *al.*, 2011).. En Algérie, bien que plusieurs études aient abordé la pathologie des agrumes sur le terrain, les données spécifiques sur la diversité fongique post-récolte restent limitées, ce qui souligne la nécessité d'une étude mycologique approfondie.

L'étude mycologique des champignons post-récolte permet non seulement d'identifier les agents pathogènes responsables des altérations mais aussi de proposer des stratégies de lutte adaptées, notamment dans un contexte où les préoccupations environnementales poussent à réduire l'usage de fongicides chimiques. La caractérisation morphologique et moléculaire des souches fongiques, combinée à

Introduction

L'évaluation de leur pathogénicité, constitue une étape essentielle pour la mise en place de programmes de gestion intégrée. La présente étude porte sur divers agents pathogènes fongiques responsables de la pourriture et de la détérioration après récolte d'agrumes d'importance économique provenant des marchés d'El Oued.

Dans cette optique, s'inscrit les objectifs de notre travail qui se focalise sur l'isolement et d'identification des agents responsables de la pourriture post-récolte des agrumes et l'évaluation de l'activité antifongique des hydrolats d'ail « *Allium Sativum* », de lavande « *lavandula stoechas*» et de Terazole dilué vis-à-vis les agents pathogènes isolés.

Ce travail est principalement divisé en deux parties : une partie bibliographique comprenant deux chapitres. La première traite des généralités sur la culture des agrumes en Algérie. Le deuxième chapitre traite des maladies et des problèmes qui surviennent après la récolte de ces fruits. La deuxième partie est consacrée au travail expérimental. Elle est basée sur les différentes techniques utilisées, suivie d'une autre partie exposant, comparant et discutant les résultats obtenus.

Chapitre I :

Généralité sur les agrumes

1. Généralité sur les agrumes :

Les agrumes ont toujours tenu une place privilégiée au sein des sociétés d'hier et d'aujourd'hui. Le parfum suave de leurs fleurs donnait même l'impression à certains promeneurs romains de la fin de l'Antiquité d'être déjà au paradis. Mais bien souvent, leurs instincts leur soufflaient que les bienfaits de ces fruits assurassent, en réalité, une présence plus longue et une meilleure santé sur terre (Alonso, 2011).

Les agrumes en tant qu'espèces ont des habitudes végétatives que l'on qualifie de vivaces. Les plus couramment cultivées sont les suivantes : *Citrus aurantifolia* (lime), *Citrus aurantium* (orange amère ou bigarade), *Citrus grandis* (pamplemousse), *Citrus limon* (citron), *Citrus medica* (cédrat), *Citrus paradisi* (pomélo), *Citrus reticulata* (mandarine, tangerine) et *Citrus sinensis* (orange douce) (Doorenbos *et al.*, 1980). Les conquêtes et les échanges commerciaux sont à l'origine de la diffusion des agrumes dans le monde entier. La sélection a donné des variétés plus adaptées aux climats méditerranéens tempérés. Des milliers d'espèces différentes sont aujourd'hui cultivées. Leur classification botanique est complexe, parfois difficile à faire, en raison de la méconnaissance des parents à l'origine de telle ou telle variété. Le succès des agrumes est dû à leurs fruits, mais aussi à leurs parfums. En effet, des glandes diffusent leurs essences dans toutes les parties de la plante : écorce, feuilles, branches, fleurs, fruits. (Boukerche,2014)

Les agrumes se présentent sous forme de petits arbres de 2 à 10 m de haut, à tronc court, à ramification et a feuillages denses, pouvant vivre plusieurs centaines d'années. Les rameaux, parfois épineux, connaissent plusieurs vagues de croissance, la plus importante étant celle du printemps (Polese, 2008). Leurs fruits, constitués de quartiers remplis de petites vésicules très juteuses, constituent leur principale originalité. Les botanistes lui ont donné un nom particulier : herperidium, du nom du jardin des Hespérides de la mythologie. (Boukerche,2014)

Seule petite partie des fleurs produit des fruits qui arrivent à maturité, pendant la période de floraison des fruits plus jeunes et plus faibles tombent naturellement et c'est ce qu'on appelle « chute de juin » dans l'hémisphère nord ou « chute de décembre » dans l'hémisphère sud (Doorenbos *et al.*,1980).

Les fruits prennent de 7 à 14 mois pour aller de la floraison à la maturité, de sorte que l'époque de la récolte se situe entre (octobre - novembre) et (mai - juin) dans l'hémisphère nord, (avril - mai) et (novembre - décembre) dans l'hémisphère sud. Les citrons toutefois ont une période de floraison plus long de l'année. Pour la plupart des cultivars, la pollinisation est nécessaire au développement des fruits (Doorenbos *et al.*, 1980).

Les principales propriétés des agrumes sont en général : réservoirs de vitamine C naturelle, astringents, dépuratifs, antiseptiques, digestifs, diurétiques, hépatiques, toniques. La vitamine C naturelle est précieuse pour renforcer l'immunité, c'est le premier antiviral. Elle peut donc être très intéressante pour prévenir les maux de l'hiver. Elle aide à la synthèse du collagène donc indispensable pour avoir une peau ferme. Elle contient d'autres antioxydants tout aussi importants comme les bioflavonoïdes. Leur association avec la vitamine C renforce encore son activité. Ces bioflavonoïdes sont précieux pour la circulation du sang aussi bien problèmes de jambes lourdes, varices, couperose, troubles de l'érection...etc. (Boukerche,2014)

2. Les agrumes en Algérie

Selon (Aouane et Ghezli., 2002). À l'instar de l'arboriculture fruitière. L'agrumiculture occupe une place primordiale et constitue l'une des préoccupations majeures des décideurs au niveau ministre de l'agriculture algérien. Le verger agrumicole algérien occupe une superficie de 64154 ha dont 50873 ha se répartissent en majorité dans Wilaya de Blida (26%). Chlef (9%), Alger (8%).Les principales espèces cultivées dans ces régions sont les oranges, les clémentines, les citrons et pomelos. En terme de production, L'Algérie a atteint le niveau de 8 552 654 quintaux soit un rendement moyen de 16.8T/ha, les différentes composantes de cette production sont 72% pour les oranges, 16% pour la clémentine, 7% pour les citrons, 3% pour la mandarine et 0.1 % pour les pomelos (MADR, 2009).

Les agrumes présentent une importance économique considérable pour de nombreux pays. Il en est de même pour l'Algérie où ils constituent une source d'emploi et d'activité économique aussi bien dans le secteur agricole que dans diverses branches auxiliaires (conditionnement, emballage, transformation transport, etc....) (Farhat *et al.*, 2010).

Chapitre I : Généralité sur les agrumes

Cette culture revêt une importance stratégique pour l'Algérie comme source d'approvisionnement en fruits et des débouchés sur le marché international des produits agrumicoles. Sur le plan social, la culture des agrumes emploie en moyenne 140 jours/ha/an, sans compter ceux générés par l'environnement de ce secteur (transformation, commercialisation) (I.T.A.F, 2002). Le verger agrumicole algérien est particulièrement concentré dans les plaines Littorales et Sublittorales, où les conditions de sol et de climat sont favorables (Younsi, 1990). Selon ce même auteur les principales zones agrumicoles sont localisées comme suit :

- ✓ La plaine de la Mitidja.
- ✓ Le périmètre de la Mina et du Bas Chélif.
- ✓ Le périmètre de l'Habra.
- ✓ La plaine d'Annaba.
- ✓ La plaine de Skikda.

La culture des Citrus est localisée essentiellement dans les zones irrigables de la partie Nord du pays, où elle trouve la température clémente qui assure sa réussite.

La plaine de la Mitidja de la région centre du pays est la zone potentielle en agrumiculture, elle couvre une surface de : 36 219 ha en 2013 ce qui représente environ 56,4% de la superficie agrumicole totale (Fig1).

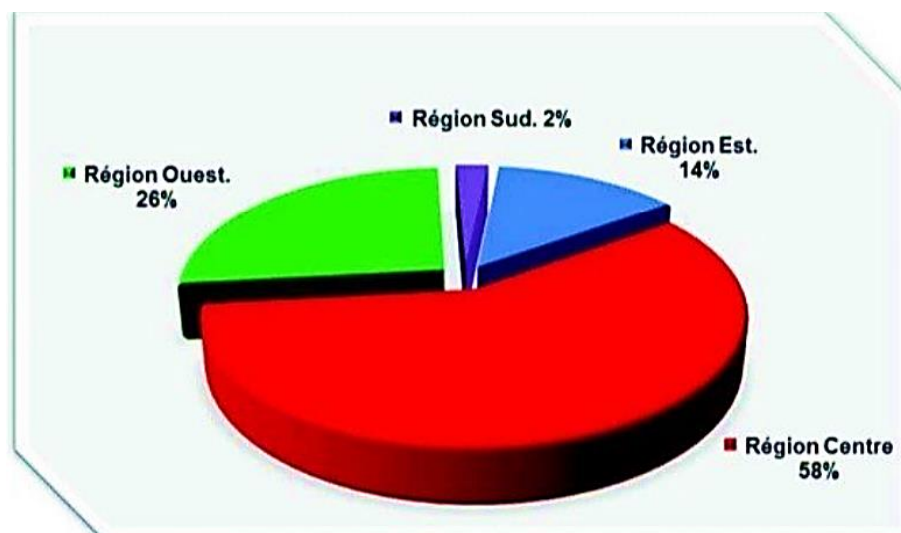


Figure 1 : Répartition des superficies agrumicoles par région (MADRP, 2013).

3. Importance économique en Algérie

En Algérie, le développement de la culture commerciale des agrumes constitue un fait relativement récent. Les terres utilisées pour la culture des agrumes sont parmi les plus riches du pays. Les zones de l'ouest sont rassemblées dans des périmètres irrigués. Au centre un bon pourcentage est concentré hors des périmètres irrigués, alors que pour l'Est une occupation appréciable dans les périmètres de Skikda, Annaba et Guelma. Les terres sont en général à PH élevé sauf pour les zones Est du pays, supérieur à 7.5 à l'ouest, entre 7.2 et 7.5 au centre et de 6.5 à 7 à l'Est (Bellabas, 2009). Les terres sont de structure assez lourde pour la majeure partie du verger avec un taux d'éléments fins dépassant les 60% (Bellabas, 2009).

L'Algérie produisait dans les années 70 près de 12 millions de tonnes d'agrumes. Aujourd'hui, a-t-il souligné, le pays peine à produire la même quantité. Moins d'investisseurs à cause des problèmes du foncier, vieillissement des vergers, dont la majorité a plus de 50 ans d'âge, insuffisance hydrique, faiblesse du système de lutte contre les maladies, détérioration des systèmes de drainage, insuffisance des bonnes pratiques en agriculture et remontées des eaux salines, notamment à Mascara. (Boukerche, 2014)

La production nationale d'agrumes entre 2000 et 2005 est de plus de 6,2 millions de quintaux, dont plus de 5,3 millions issus de la Mitidja, zone englobant 4 wilayas du

Chapitre I : Généralité sur les agrumes

centre du pays. La superficie consacrée à cette filière durant cette même période est de plus de 62 000 ha, dont plus de 26 000 ha concentrés toujours dans la Mitidja. Le rendement de la wilaya de Mascara, souligne-t-on, reste le plus faible, en raison de la remontée du sel. (Boukerche,2014)

La production nationale d'agrumes a dépassé les 11,5 millions de quintaux en 2011, en hausse de 41% par rapport à la saison précédente. La récolte obtenue en 2011 est également en hausse de 17% par rapport aux objectifs des contrats de performance (Anonyme 01,).Lors de la campagne 2012/2013 une croissance a été enregistré contre 6,3% la saison précédente, selon les chiffres du ministère de l'Agriculture et du Développement rural (Boukerche,2014).

Tableau 1 : Comparaison des Superficies agrumicoles et rendements par hectare en Algérie 1999 au 2003(ITAF,2014).

	Moyenne 1991-2000	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	Moyenne (%)	
						(2003/2002)	(1991-2000)
complantée (ha)	45 620	46 010	48 640	52 710	56 640	7,5	24,2
en rapport (ha)	40 160	41 380	41 680	42 250	42 942	1,6	6,9
Production (qx)	3 733 400	4 326 350	4 700 000	5 195 000	5 599 300	7,8	50
Rendement qx/ha	93	105	113	123	130,4	6	40,2

Les efforts en matière de plantation d'agrumes ont été particulièrement sensibles au cours de la campagne agricole 2002 à 2003 : la superficie complantée s'est accrue de 7,5% de 2002 à 2003 et de 24,2% par rapport à la moyenne de 1991 à 2000

Les superficies en rapports ont légèrement augmenté toujours par rapport à cette moyenne (+6,9%), La production en 2003 enregistre une forte augmentation de 50% par rapport à la moyenne de 1991 à 2000. L'amélioration des rendements (+40,2% par rapport à la période de référence) est à l'origine de cette forte augmentation(ITAF,2014).

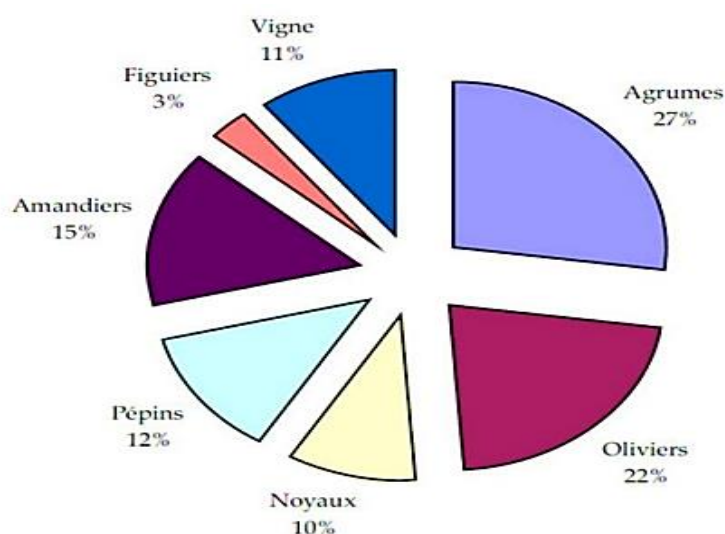


Figure 2 : La production des agrumes par rapport aux autres cultures (Kerboua, 2002).

Le verger agrumicole est constitué par diverses groupes d'agrumes, avec spécialement celles appartenant aux oranges et clémentines la gamme variétale du groupe des oranges est la plus importante (Tableau 2) avec une prédominance des variétés précoces, telles que le Washington Navel et le Thomson Navel (50 % de superficie couverte) (Kerboua ,2002).

Tableau 2 : composition variétale des agrumes en Algérie (Kerboua ,2002).

Groupe	Surface (ha)	%
Oranges	28000	62,3
Clémentines & Mandarines	13700	30,4
Citrons	2800	6,2
Pomélos	150	0,4
Autres	350	0,7
Total	45000	100

4. Taxonomie des agrumes

Les agrumes comportent une grande diversité d'espèces. Cette diversité n'est pas complètement explorée et exploitée. En fait, les agrumes appartiennent principalement à trois genres botaniques sexuellement compatibles : Fortunella, Poncirus et Citrus. Ces trois genres avec huit autres genres appartiennent à la sous-

Chapitre I : Généralité sur les agrumes

tribu des Citrinae, tribu des Citreae, sous-famille des Aurantioideae, famille des Rutaceae et l'ordre des Géraniales (Swingle, 1967). Les espèces appartenant au genre *Fortunella* donnent des fruits dont la peau est comestible.

Le *Poncirus* est monospécifique. Il est utilisé surtout comme porte-greffe du fait des tolérances qu'il porte à plusieurs contraintes biotiques (Gommose à *Phytophthora*, Tristeza, nématodes...) et aux basses températures.

Le genre *Citrus* est celui qui regroupe un très grand nombre d'espèces y compris la plupart des espèces cultivées et comestibles. Le nombre d'espèces appartenant à ce genre varie en fonction des classifications des taxonomistes. En effet tandis que Swingle (1967) y répertorie seize espèces, Tanaka (1961) y décrit cent cinquante-six espèces.

La classification de Tanaka (1961) reste la plus utilisée, même si tout le monde s'accorde à dire que celle de Swingle se rapproche le plus de la définition d'une espèce. En 1997, Mabberley a proposé une autre classification qui regroupe les six genres inter-fertiles des agrumes : *Poncirus*, *Fortunella*, *Citrus*, *Eremocitrus*, *Microcitrus* et *Clymenia* en un seul genre nommé *Citrus* (Mabberley, 1997).

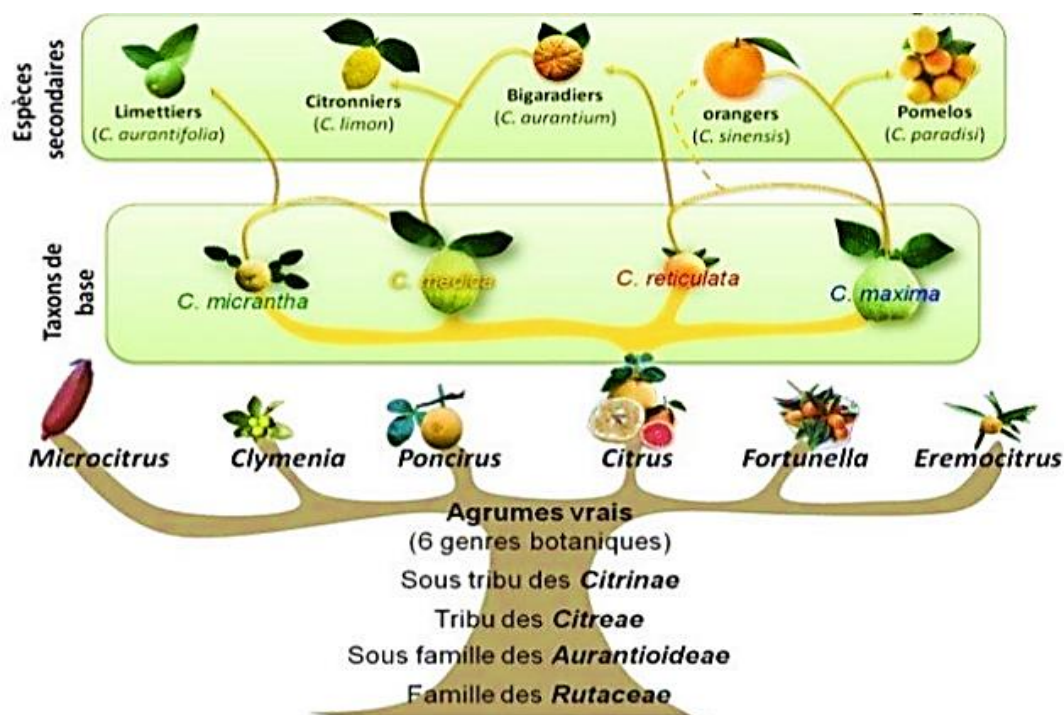


Figure 3 : Classification des agrumes et origine génétique des *Citrus* cultivés (Khefifi, 2015).

Chapitre I : Généralité sur les agrumes

En référence à la classification de (Swingle, 1967), on distingue huit principaux groupes taxonomiques : *C. medica* (L.) (cédratiers), *C. reticulata* Blanco (mandariniers), *C. maxima* (L.) Osb. (Pamplemoussiers), *C. sinensis* (L.) Osb. (Orangers), *C. aurantifolia* (Christm.) Swing. (Limettiers), *C. paradisi* Macf. (Pomelos), *C. limon* (L.) Burm. F. (citronniers), *C. aurantium* (L.) (bigaradiers)

Classification de genre Citrus : Classification de Cronquist (1981) :

- Règne : Plantae
- Sous-règne : Tracheobionta
- Division : Magnoliophyta
- Classe : Magnoliopsida
- Sous-classe : Rosidae
- Ordre : Sapindales Famille : Rutaceae
- Genre : *Citrus* L

5. Description botanique:

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

Selon Bounab et Chaabi (2018), les agrumes sont composés de deux parties : la partie souterraine qui forme le porte-greffe et la partie aérienne (greffon) qui porte les fruits de la variété de l'espèce cultivée.

5.1. La partie souterraine :

Les racines principales : les racines sont très solides et leur fonction c'est de maintenir au sol un arbre généreux dont la frondaison présente, avec son abondance et sa persistance, une forte prise au vent.

Les racines secondaires : elles absorbent les éléments minéraux nécessaires à l'alimentation de l'arbre en éléments nutritifs (Bounab et Chaabi, 2018).

5.2. La partie aérienne :

Selon Bounab et Chaabi, 2018 :

- **Le tronc :**

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

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

- **Les feuilles :**

Les feuilles présentent des formes et des tailles très diverses selon les espèces et les variétés, et selon l'âge et la taille aussi. Plus larges et plus grandes, celles du citronnier sont plus claires que celles de l'oranger, ovales et d'un vert sombre (figure 4).

- **Les fleurs :**

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

- **Les fruits :**

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

La pulpe est la chair du fruit qui renferme plus ou moins de jus, se divise par quartier 8 à 11 pour les citrons.

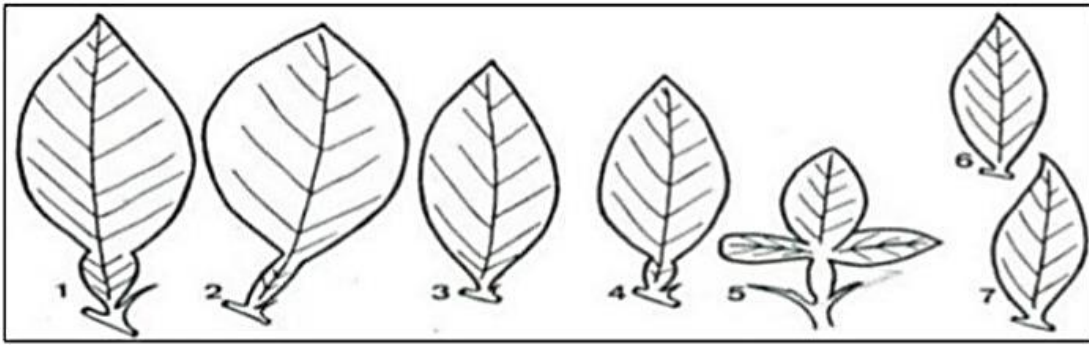


Figure 4 : Représentation schématique des quelques types de feuilles : 1) Bigaradier
2) Oranger 3) Citronnier 4) Pamelò 5) Poncirus trifoliata 6) Mandarinier 7)
Clémentinier (Guenouni et kacemi, 2013).

6. Les facteurs environnementaux favorables à la culture des agrumes

6.1. Le sol :

Les caractéristiques du sol constituent l'un des facteurs clés influençant la réussite de la culture des agrumes. Ces plantes exigent un sol riche en matière organique, bien équilibré en termes d'humidité, d'aération et de drainage. Le sol idéal pour les agrumes présente certaines propriétés essentielles, notamment :

- * Une acidité modérée (pH entre 5,5 et 6,5),
 - * Une texture sableuse, contenant entre 40 % et 60 % de sable,
 - * Une densité moyenne, permettant un bon équilibre entre rétention d'eau et aération,
 - * Une bonne capacité de drainage, essentielle pour éviter la stagnation de l'eau au niveau des racines,
- Ainsi qu'une capacité d'échange cationique adéquate.

Ces caractéristiques peuvent être obtenues principalement grâce à l'amélioration du sol par l'apport d'engrais organiques et minéraux, ainsi qu'une gestion efficace de l'irrigation afin d'assurer une humidité optimale pour la croissance et le développement des agrumes.

6.2. La température :

La température constitue l'un des facteurs environnementaux fondamentaux influençant la culture des agrumes. Elle détermine le type d'agrumes cultivés, ainsi que le degré de maturation et la qualité globale des fruits. De manière générale, les agrumes nécessitent des températures modérées pendant la phase de croissance et des températures plus élevées durant la période de fructification.

Les agrumes nécessitent des températures comprises entre 13 °C et 38 °C et ne tolèrent pas les extrêmes thermiques, qu'il s'agisse de froid intense ou de chaleur excessive. En été, des températures élevées peuvent accélérer la maturation des fruits, entraînant une perte de poids et une diminution de leur qualité. La durée d'exposition à ces températures dépend de la région et de la saison. En général, les agrumes ont besoin de températures relativement élevées pendant les périodes de croissance et de production.

De plus, il est important de prendre en compte les besoins thermiques spécifiques à chaque type d'agrumes. Par exemple, les agrumes tropicaux tels que le citron et la mandarine sont plus résistants à la chaleur, tandis que les agrumes hivernaux comme l'orange et le pamplemousse préfèrent des températures plus modérées durant leur croissance.

La relation entre la température et le développement des agrumes constitue un sujet fréquent de recherche scientifique. Les études montrent que les basses températures peuvent entraîner diverses maladies phytopathogènes, la pourriture, et nuire à la croissance globale de la plante. À l'inverse, les températures élevées peuvent causer des brûlures, endommager les feuilles et les fruits, et réduire la productivité.

En résumé, la culture des agrumes est recommandée dans les régions à climat tempéré, où un équilibre optimal entre chaleur et humidité peut être atteint, favorisant ainsi une meilleure qualité des fruits.

6.3. L'humidité :

L'humidité constitue l'un des facteurs environnementaux fondamentaux affectant la croissance et la productivité des agrumes. Il est essentiel de maintenir des niveaux

Chapitre I : Généralité sur les agrumes

d'humidité appropriés afin d'assurer un rendement optimal et une qualité élevée des fruits. Les agrumes ont particulièrement besoin d'un taux d'humidité adéquat durant les périodes de croissance et de production. (Sanoubar *et al.*, 2017).

Un déficit d'humidité dans le sol entraîne le dessèchement des racines, l'arrêt du développement de la plante et une diminution de la productivité. En revanche, une humidité excessive dans le sol peut provoquer l'apparition de nombreuses maladies bactériennes et fongiques, affectant négativement la croissance de la plante et la qualité des fruits.

Le niveau d'humidité optimal pour la culture des agrumes varie selon l'espèce cultivée et la zone géographique. Par exemple, le citronnier requiert une humidité du sol élevée, comprise entre 60 % et 70 % de la capacité de rétention d'eau, tandis que l'oranger préfère une humidité comprise entre 50 % et 60 %. De plus, la gestion de l'humidité dépend de plusieurs facteurs tels que le climat local, la quantité de précipitations, la nature du sol (notamment s'il est rocheux), ainsi que la température ambiante.

Les agrumes sont considérés comme des cultures hydrophiles et nécessitent d'importantes quantités d'eau durant les périodes de croissance et de production. Ils requièrent entre 50 et 150 cm de précipitations par an, idéalement réparties de manière uniforme tout au long de l'année. Il est essentiel de maintenir un bon équilibre entre l'excès d'humidité et la sécheresse pour assurer une croissance saine et une production efficace. (Sanoubar *et al.*, 2017).

Les sols destinés à la culture des agrumes doivent avoir une bonne capacité de drainage afin d'éviter l'accumulation d'eau au niveau des racines, ce qui pourrait favoriser l'apparition de maladies fongiques. En complément, l'irrigation doit être régulière et bien adaptée pour maintenir une humidité adéquate du sol, garantissant ainsi une croissance optimale et un bon rendement.

L'humidité est l'un des facteurs les plus influents sur la croissance et la productivité des agrumes. C'est pourquoi elle fait l'objet de nombreuses études scientifiques consacrées à l'agriculture des agrumes. Une étude publiée dans la revue *International Journal of Biology and Agriculture* a examiné l'effet de différents niveaux d'humidité sur la croissance et la productivité des agrumes. Les chercheurs

ont conclu que l'humidité relative optimale se situe entre 60 % et 80 %, tandis qu'une humidité excessive peut entraîner une accumulation d'eau et la dégradation des racines. (Sanoubar *et al.*, 2017).

Une autre étude, parue dans la revue *Agricultural Water Management*, a analysé l'impact de l'irrigation goutte à goutte sur la croissance et la productivité des agrumes. Les résultats ont montré que ce système permettait de réduire la consommation d'eau tout en amélioré.

L'humidité est l'un des facteurs les plus importants affectant la productivité et la croissance des agrumes, c'est pourquoi ce facteur est largement étudié dans les recherches agricoles sur les agrumes. Dans une étude publiée dans la revue *Biology and Agriculture of Journal International*, l'impact de différents niveaux d'humidité sur la croissance et la productivité des agrumes a été examiné. Les chercheurs ont trouvé que l'humidité optimale se situe entre 60 % et 80 % d'humidité relative, et ont constaté que des niveaux élevés d'humidité pouvaient entraîner l'accumulation d'eau et endommager les racines.

Dans une autre étude publiée dans la revue *Management Water Agricultural*, l'effet de l'application du système d'irrigation goutte-à-goutte sur la croissance et la productivité des agrumes a été étudié. Les chercheurs ont découvert que ce système réduisait la consommation d'eau tout en améliorant la croissance et la productivité des arbres. (Sanoubar *et al.*, 2017).

6.4. Lumière :

L'éclairage est un facteur clé dans la croissance et la productivité des agrumes. Les agrumes ont besoin de lumière pour produire efficacement. Par exemple, les arbres fruitiers à fleurs, comme les citronniers et les citronniers acides, nécessitent une lumière suffisante pour la formation des fleurs et la production des fruits. Les plantes d'agrumes sont fortement influencées par la lumière disponible pendant la période de croissance et de production. La lumière détermine la durée de la période de production, ainsi que la formation des fruits et leur qualité. Un manque de lumière affecte la croissance et la qualité, tandis qu'un excès de lumière peut entraîner un stress pour les plantes. Les besoins en lumière des agrumes varient en fonction de plusieurs facteurs, tels que l'emplacement de la culture, le climat et la période de

l'année. Par exemple, les agrumes cultivés dans des régions offrant des conditions idéales pour la lumière, comme le désert, ont besoin d'une lumière suffisante pendant la période de croissance et de production. En revanche, les agrumes cultivés dans des régions humides tolèrent moins de lumière et des conditions d'éclairage variables. Les conditions lumineuses peuvent être améliorées grâce à des techniques agricoles, telles que l'éclairage des plantes en intérieur et l'installation de couvertures plastiques dans les jardins extérieurs pour améliorer la qualité de la production (Sanoubar *et al.*, 2017).

6.5. Le vent :

Le vent est l'un des facteurs environnementaux importants à prendre en compte lors de la culture des agrumes. Il affecte les plantes de diverses manières, y compris ses effets sur la croissance et le développement des plantes ainsi que sur l'absorption des nutriments. Le vent influence également le mouvement de l'humidité dans le sol, provoque le dessèchement des feuilles, déforme les fruits et réduit la productivité. La force et la direction du vent varient considérablement à travers le monde, et le besoin de contrôler le vent diffère selon les régions et les sites. En général, il est préférable que la vitesse du vent soit modérée pour maintenir la stabilité des plantes et éviter tout dommage aux feuilles et aux fruits, et que le vent soit de direction unifiée et stable afin d'éviter les dégâts causés par les vents changeants (Bachiri et Bouchaâra, 2023). Les agriculteurs peuvent réduire l'impact du vent sur les plantes en installant des brise-vent pour limiter la force du vent et fournir des conditions favorables à la croissance des plantes (ITAF,2021). De plus, des techniques d'irrigation par aspersion peuvent être utilisées pour assurer une distribution uniforme de l'eau et des nutriments dans le sol, favorisant ainsi une croissance saine des plantes. En résumé, le vent est un facteur important dans la culture des agrumes et doit être pris en considération avec soin. Offrir des conditions appropriées pour la croissance des plantes grâce à une gestion adéquate des facteurs environnementaux contribuera à atteindre la productivité souhaitée (Bachiri et Bouchaâra, 2023).

7. La plantation et la méthode de culture :

Les agrumes sont cultivés à partir de graines, soit pour produire des porte-greffes sur lesquels seront greffées les variétés souhaitées, soit pour créer une nouvelle

Chapitre I : Généralité sur les agrumes

variété d'agrumes ou pour renouveler les variétés existantes. Avant de discuter des méthodes de culture, il est important de connaître les faits suivants :

Parmi les facteurs les plus importants à prendre en compte lors de la culture des agrumes, il est essentiel de choisir la saison appropriée pour la plantation et de s'assurer que les plantes ne sont pas exposées aux fluctuations de température et aux autres conditions climatiques qui pourraient affecter leur croissance. Ces conditions peuvent être obtenues en suivant de bonnes pratiques agricoles et en appliquant des techniques agricoles modernes. (Bachiri et Bouchaâra, 2023).

Le meilleur moment pour planter les graines est le mois de février dans les régions du sud (face au soleil) et le mois de mars dans les régions du nord (près de la mer). Il est important de sélectionner les graines à partir d'un arbre sain et non infecté, puis de les tremper dans l'eau pour éliminer les graines qui flottent, car leurs embryons sont morts. Il est recommandé de tremper les graines pendant 24 heures avant la plantation pour encourager la germination.

L'utilisation de graines d'orange amère comme porte-greffe présente l'inconvénient d'être sujette aux nématodes, il est donc nécessaire de désinfecter le sol avec un désinfectant tel que "Timacore 10%" ou "Faydat 10%". Les graines doivent être traitées avant la plantation en les mélangeant avec un désinfectant pour éliminer les champignons susceptibles de les attaquer, comme le Vitafix (3 g pour 1 kg de graines).

Il est possible de cultiver des graines de l'orange trifoliée (une variété de taille petite et compacte), et ses fruits apparaîtront à l'automne après avoir stocké les graines pendant une semaine à une température comprise entre 30°C et 40°C avant la plantation.

Pour garantir une germination réussie, il est essentiel de maintenir une humidité adéquate. Une quantité suffisante d'eau doit être fournie sans excès, en arrosant les graines régulièrement et en veillant à ce que le sol ne se dessèche pas complètement. L'arrosage doit se faire à une fréquence allant d'une fois par jour à une fois tous les deux jours, selon la température et la qualité du sol, jusqu'à l'apparition des plantules.

Chapitre I : Généralité sur les agrumes

Après la plantation, les graines doivent être recouvertes d'une couche de sable pour éviter qu'elles ne se dessèchent. Les graines germent généralement sous serre en environ 35 jours, selon les méthodes habituelles (Bachiri et Bouchaâra, 2023).

Les graines de citron amer peuvent être plantées en septembre ou octobre. Il est conseillé de planter un nombre de graines équivalent au double du nombre de plantules nécessaires, afin de pouvoir sélectionner les plantules les plus vigoureuses. Il est également déconseillé de planter dans des sols qui ont déjà été utilisés pour cultiver des agrumes auparavant.

Les graines d'agrumes doivent être stockées à une température appropriée, entre 4°C et 10°C, et il est important de s'assurer qu'elles sont exemptes de maladies, d'insectes et de dommages avant la plantation. Elles doivent être protégées du gel et des températures élevées (Bachiri et Bouchaâra, 2023).

Qualité des graines : Il est essentiel de choisir des graines de qualité, mures, exemptes de défauts, de maladies, d'insectes et de champignons. Cela peut être réalisé en achetant des graines provenant de sources fiables et en vérifiant leur date de production et leur date d'expiration.

Traitement des semences : Les semences peuvent être traitées avant la plantation avec certains pesticides et engrais spécialisés afin d'améliorer leur croissance et de les protéger contre les maladies et les insectes.

Variété appropriée : Il est essentiel de choisir des semences appartenant à une variété adaptée à la région, au type de sol cultivé, et aux conditions climatiques locales.

Densité de semis : Le dispositif de plantation devra respecter le développement futur des arbres et permettre des interventions mécanisées et la réalisation de certaines opérations nécessaires telles que la taille et la récolte. Il devra permettre également un bon ensoleillement des arbres. Les distances de plantation varient suivant les variétés et les porte-greffes utilisés (ITAF, 2021).

Méthode de plantation : La culture des agrumes est une opération agricole essentielle qui requiert beaucoup de soin et d'attention pour obtenir de bons rendements. La qualité des agrumes cultivés est fortement influencée par la méthode

Chapitre I : Généralité sur les agrumes

de plantation employée. Il est donc primordial de fournir aux plantes tous les soins et l'entretien nécessaires.

Voici les étapes à suivre pour la plantation des agrumes :

1. Choix de l'emplacement approprié :

Il faut sélectionner un site ensoleillé, bien ventilé, avec un sol de bonne qualité, adapté à la culture des agrumes (Bachiri et Bouchaâra, 2023).

2. Préparation du sol :

Le sol doit être soigneusement préparé par un labour en profondeur, l'élimination des mauvaises herbes et des grosses pierres. Il est également nécessaire d'améliorer l'aération du sol et d'y incorporer des engrais appropriés, comme le compost végétal et le fumier animal, afin d'augmenter sa fertilité. Il convient en outre d'ajuster le pH et l'humidité du sol pour créer un environnement propice à la culture des agrumes. Le sol doit être bien pourvu en éléments nutritifs essentiels, tels que l'azote, le phosphore et le potassium (Bachiri et Bouchaâra, 2023).

3. Début de la plantation :

Une fois le terrain préparé et les semences de qualité sélectionnées, la plantation peut commencer.

4. Méthodes de plantation :

Les agrumes peuvent être plantés de deux manières :

- **Plantation directe** : les graines sont semées directement à l'endroit définitif dans le champ.
- **Plantation en pépinière (ou transplantation)** : les jeunes plants sont d'abord cultivés en pépinière, puis transplantés à leur emplacement définitif.

5. Semis :

Les graines doivent être semées à une profondeur de 2 à 3 cm. Elles sont placées dans des trous espacés de 20 à 25 cm, avec 2 à 3 graines par trou. Ensuite, les graines sont recouvertes de terre et arrosées.

6. Irrigation :

Sous notre climat, l'irrigation est nécessaire dès le printemps et jusqu'à l'automne, à une époque où la demande climatique (évapotranspiration de la culture) excède la réserve en eau du sol. Le déficit hydrique influe sur la floraison, la nouaison et le calibre définitif des fruits, d'où la nécessité de bien respecter les doses et les époques d'irrigation. L'irrigation peut être assurée par :

- Mode gravitaire (par cuvette, planche, submersion ou billon) ; éviter le contact de l'eau avec le tronc (risques de développement de la gommose à phytophthora),
- Système localisé (goutte à goutte) (ITAF ,2021).

Voici les étapes à suivre pour la plantation des agrumes :

a. Choix de l'emplacement approprié :

Il convient de sélectionner un site bien ensoleillé, bien aéré, avec un sol de bonne qualité, adapté à la culture des agrumes.

b. Préparation du sol :

Le sol doit être soigneusement préparé en le labourant, en éliminant les mauvaises herbes et les grosses pierres. Il est également nécessaire d'améliorer son aération et d'y incorporer les engrais nécessaires, comme le compost végétal et le fumier animal, afin d'enrichir sa fertilité. Il faut également ajuster le pH et l'humidité du sol pour le rendre propice à la culture des agrumes. Le sol doit être bien pourvu en éléments nutritifs essentiels tels que l'azote, le phosphore et le potassium (Bachiri et Bouchaâra, 2023).

c. Début de la plantation :

Une fois le sol préparé et les semences appropriées sélectionnées, on peut entamer le processus de plantation.

d. Méthodes de plantation :

Il existe deux méthodes de plantation :

La plantation directe, qui consiste à semer les graines directement à l'emplacement définitif.

La plantation en pépinière (ou indirecte), qui consiste à faire pousser les jeunes plants en pépinière avant de les transplanter dans leur emplacement final.

e. Semis des graines :

Les graines sont semées à une profondeur de 2 à 3 cm, dans des trous espacés de 20 à 25 cm. On place 2 à 3 graines par trou, puis on les recouvre de terre et on arrose légèrement. (Bachiri et Bouchaâra, 2023).

f. Irrigation des graines :

Les graines doivent être arrosées doucement à l'aide d'un pulvérisateur pour éviter leur déplacement. L'arrosage doit être régulier après le semis afin de favoriser une bonne germination.

De manière générale, il convient de porter une attention rigoureuse à chaque étape du processus de culture des agrumes, de la graine jusqu'à la récolte, et de suivre les recommandations nécessaires pour obtenir une productivité élevée et une qualité optimale. Le suivi et la surveillance de la croissance des plantes ne peuvent être négligés après la réception des jeunes plants de grande taille

Selon Bachiri et Bouchaâra (2023) :

- Mise en place au site de production définitif Les plants doivent être installés à leur emplacement final de production dès leur taille définitive.
- Espacement approprié Veiller à respecter une distance entre les rangs de 4 à 6 m et une distance entre les plants de 3 à 4 m.
- Qualité du sol S'assurer que le sol du site définitif est pourvu des éléments nutritifs indispensables à la croissance des agrumes.
- Réaliser une analyse du sol et apporter les amendements nécessaires pour garantir la disponibilité de tous les nutriments essentiels.
- Mettre en place un bon drainage pour éviter l'accumulation d'eau.

Chapitre I : Généralité sur les agrumes

- Fertilisation et protection phytosanitaire Apporter la fertilisation adaptée en fonction des résultats de l'analyse de sol, tout en réduisant au minimum l'emploi de pesticides chimiques.
- Préférer les méthodes alternatives, comme les engrais organiques ou les bio-stimulants.

Chapitre II :

Généralité sur les moisissures

1. Généralité sur les moisissures :

1.1. Les moisissures :

Les moisissures sont omniprésentes dans la nature, ce sont les habitants naturels du sol et sont des contaminants de l'air, de l'eau et des aliments. La contamination par les moisissures cause des détériorations dans la qualité des denrées alimentaires et peut nuire à la santé humaine et animale par la production de mycotoxines (Reboux, Bellanger *et al.* 2010).

Les moisissures possèdent un appareil végétatif constitué par un thalle, qui est formé de longs filaments ramifiés et souvent cloisonnés que l'on appelle des hyphes. Lorsque la croissance est suffisamment avancée, l'ensemble des hyphes constitue un mycélium (Bourgeois, 1989).

Les moisissures produisent un nombre important de substances qui possèdent une structure et une activité biologique variées. On peut distinguer deux grands types de moisissures :

- ✓ **Les moisissures utiles** : qui sont utilisées à la fabrication de produits de fermentation, transformation des matières premières dans les industries agro-alimentaires et pharmaceutiques, dans la production d'enzymes, d'antibiotiques, d'arômes, et de vitamines, et dans l'affinage des fromages comme *penicillium camembertii*, ou *penicillium roquefortii* (Amalaradjou et Venkitanarayanan 2008).
- ✓ **Les moisissures nuisibles** : qui peuvent entraîner la détérioration des denrées alimentaires en provoquant des mycoses et des allergies, et la production de métabolites toxiques (mycotoxines) pour l'homme et l'animal. Le développement des moisissures sur ces produits aboutit à des modifications physiques (aspect, odeur, et goût) et chimiques (Bennett et Klich., 2003).

Les champignons toxinogènes sont classés en quatre groupes selon le moment auquel ils se développent :

Chapitre II : Généralité sur les moisissures

- Pathogènes pour la plante.
- Champignons poussants et produisant la mycotoxine sur des plantes sénescentes ou stressées.
- Champignons qui colonisent la plante avant la récolte et favorisent la contamination par les mycotoxines après la récolte.
- Champignons existant dans le sol et dans les débris de plantes et qui proliférant lors de l'entreposage (stockage)

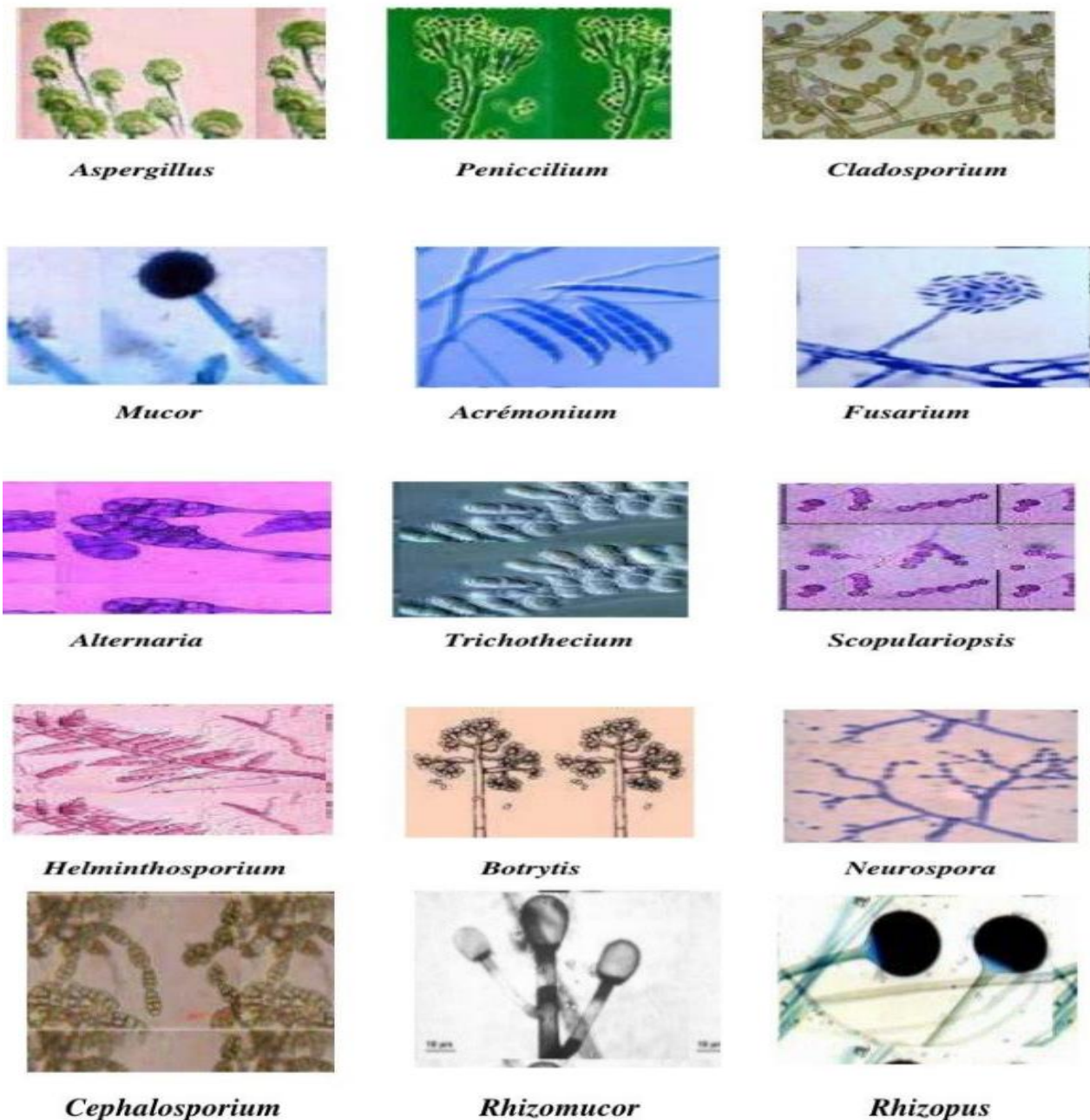


Figure 5 : Quelques champignons filamenteux (Dendouga, 2006)

1.2. Classification

Les moisissures ne correspondent pas à un groupe systématique homogène, mais se situent en diverses familles de champignons microscopiques. Leur classification est basée sur des caractères morphologiques (structure du mycélium) et le mode de reproduction (Davet, 1996). Les Eumycètes (les vrais champignons) forment un groupe très vaste incluant les classes principales des moisissures (Bourgeois, 1989), à savoir les Zygomycètes, les Ascomycètes, les Basidiomycètes et les Deutéromycètes (voir fig 5).

- **Zygomycètes :**

Ces moisissures possèdent un thalle mycélien non cloisonné et des organes de reproduction sexuée (Guiraud, 1998). La famille la plus importante dans cette classe est celle de Mucorales qui comprennent un grand nombre de moisissures saprophytes mais aussi quelques espèces parasites des champignons, des animaux et des hommes (mucormycoses) et surtout des contaminants de nombreux produits alimentaires (Leveau et Bouix, 1993 ; Boiron, 1996). Certaines Mucorales sont parfois utilisées industriellement en raison de leurs activités enzymatiques (amylase, protéase, ...) comme *Rhizopus* et *Mucor* (Guiraud, 1998).

- **Ascomycètes :**

Les Ascomycètes sont définis comme des champignons à thalle mycélien cloisonné, dont le mode de reproduction est sexué avec des spores endogènes (ascospores). Cette classe regroupe de nombreux parasites des moisissures et des végétaux (Guiraud, 1998). Elles sont cependant plus particulièrement nombreuses dans l'ordre des Eurotiales, des Microsciales et des Sphaeriales. Dans cette classe, le genre le plus connu est *Endothia* et *Neurospora* (Bourgeois, 1998).

- **Basidiomycètes :**

Elles regroupent seulement certaines moisissures parasites. Elles sont caractérisées par un thalle à mycélium septé et une reproduction sexuée avec la formation de spores exogènes (basidiospores), c'est le cas de *Agaricus* et *Coprinus* (Botton *et al* ; 1999).

- Les basidiomycètes sont couramment appelés « champignons à chapeau ». Ces champignons peuvent être classés sur des critères morphologiques (forme du pied et du chapeau, consistance de la chair, couleur des spores), organoleptiques (odeur et saveur) et chimiques.
- Les basidiomycètes n'ont pas de phase mobile (spores non flagellées) et possèdent toujours une paroi.
- Ils sont filamenteux septés, les cloisons présentent un port de structure caractéristique (le dolipore).
- La phase végétative est le plus souvent dicaryotique (deux noyaux haploïdes non fusionnés).
- La reproduction sexuée donne une cellule œuf dans laquelle se produit immédiatement la méiose.
- Les quatre spores méiotiques se développent à l'extrémité de cellules spécialisées (les basides) et sont dispersées par le vent à maturité.
- **Deutéromycètes :**

Egalement appelés champignons imparfaits, les Deutéromycètes sont caractérisés par un mycélium cloisonné et une reproduction végétative réalisée par des spores asexuées ou par simple fragmentation du mycélium (Boiron, 1996). Ces moisissures constituent la majeure partie des Hyphales ; elles sont classées en fonction des caractéristiques des organes conidiens et du mode de groupement des hyphes. Le groupe des Deutéromycètes contient un grand nombre de contaminants de végétaux et de produits alimentaires : *Trichoderma*, *Cephalosporium*, *Fusarium*, *Geotrichum*, cette classe regroupe aussi les *Penicillium* et les *Aspergillus* (Frazier, 1967 ; Punt *et al.*, 2002).

1.3. Mode de reproduction

Le mode de reproduction est un critère très important pour la classification des champignons (Chabasse *et al.*, 2002), selon le mode de production des spores il existe deux types de reproduction : reproduction sexuée (phase téléomorphe) et reproduction asexuée (phase anamorphe) (Boudih, 2011).

a. La reproduction sexuée

Chapitre II : Généralité sur les moisissures

La reproduction sexuée généralement dépend à des conditions de l'environnement, elle est assurée par la formation des spores sexuées qui permettent la dissémination.

- * La première étape est la plasmogamie se base sur la fusion des cytoplasmes, conduisant à la formation d'un hétérocaryon.
- * La deuxième étape est une caryogamie qui permet la fusion des deux noyaux ; il y a un stade dicaryotique présent dans le cycle de vie des Basidiomycètes et Ascomycètes et absent chez certains groupes fongiques par exemple les Mucoromycota.
- * La troisième étape est une méiose succédant à la caryogamie rétablit dans tous les cas d'haploïdie (Lebreton, 2018).

b. La reproduction asexuée

Ce type de reproduction est basé sur la dispersion des spores asexuées (sporulation), il existe des formes distinctes de la sporulation :

- ✓ La fragmentation : un fragment parent de mycélium se développera en un nouvel organisme.
- ✓ Sporulation endogène : les spores produites à l'intérieure du sporocyste (sporocystiospores).
- ✓ Sporulation exogène : En continu à l'extrémité des phialides (conidiospores).

Les spores sont déposées sur un nouveau substrat sous l'effet d'un courant d'air, d'un frôlement ou d'un vent, et germent lorsque les conditions de l'environnement deviennent favorables (Lecellier, 2013).

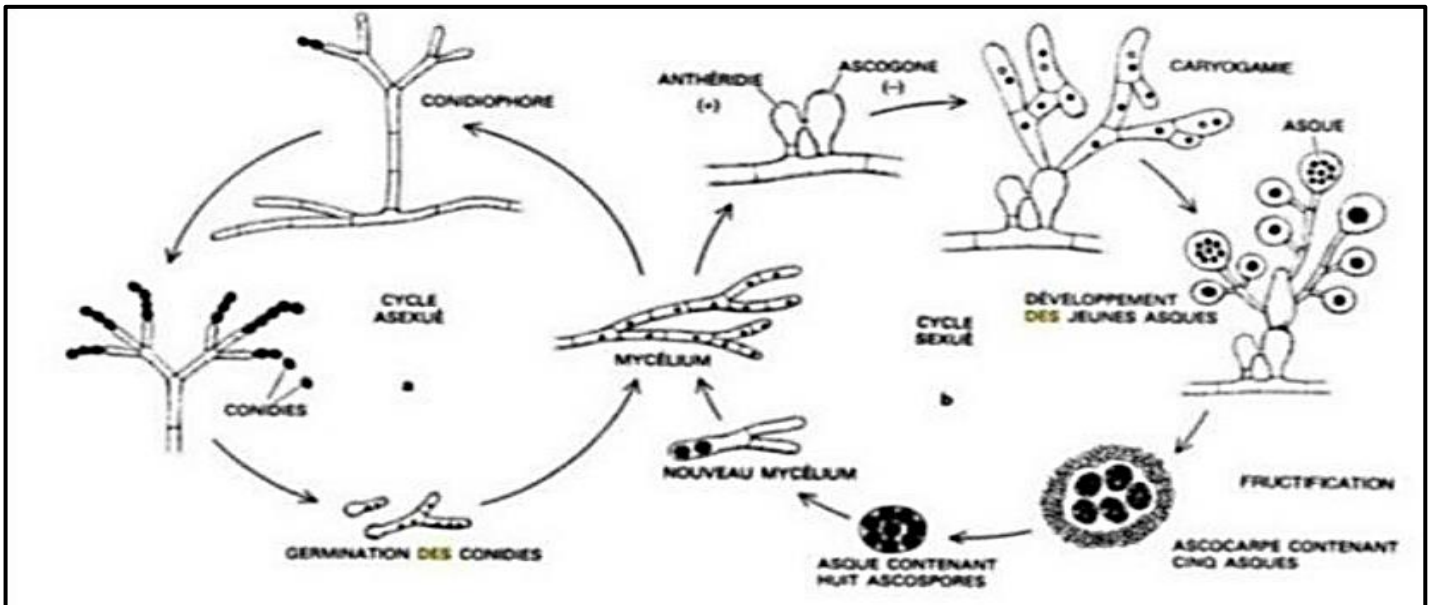


Figure 6 : la reproduction sexuée et asexuée chez les champignons (Gauthier, 2016).

1.4. Systèmes de classification et d'identification des champignons

L'identification des très nombreuses espèces fongiques susceptibles de coloniser les végétaux est une étape très importante. En effet, toutes les espèces n'ayant pas les mêmes caractères physiologiques ni les mêmes exigences, l'identification peut donner des indications précieuses sur l'origine d'une contamination et permettre un traitement adapté. Cette identification a pendant longtemps été exclusivement basée sur l'observation des caractères cultureux et morphologiques de l'espèce. Les progrès récents de la biologie moléculaire ont permis de proposer des outils d'aide à l'identification. (Massih, 2007). Toutefois, la complexité du règne fongique fait, qu'à l'heure actuelle, ces outils ne peuvent pas encore remplacer complètement l'examen morphologique, qui reste la base de l'identification. (Tabuc, 2007).

1.4.1. Identification morphologique

L'identification des genres fongiques repose sur des critères morphologiques :

- Aspect macroscopique du mycélium (aspect, couleur, le relief, la taille et l'odeur des colonies, ainsi les structures de fructification).
- Aspect microscopique des structures reproductrices (le thalle, les spores, aspect des spores, modes de formation des conidies, mode de groupement des conidies, mode d'implantation des cellules conidiogènes, présence de

structures protectrices issues de la reproduction asexuée ou sexuée, présence des chlamydospores).

1.4.2. Identification génétique

De nombreuses études ont visé à développer des méthodes outils d'identification reposant sur l'étude des acides nucléiques (ADN et ARN) qui ne nécessitent plus obligatoirement un examen morphologique (Hinrikson *et al*, 2005 ; Feuilhade de Chauvin, 2005).

Les méthodes les plus intéressantes sont basées sur l'amplification par PCR (Polymerase Chain Reaction) de certaines régions spécifiques comme le gène codant pour la sous-unité 28S ribosomale (région D1-D2) et des régions ITS1 et ITS2 (Hinrikson *et al*, 2005).

L'identification moléculaire d'espèces fongiques est, à l'heure actuelle, surtout appliquée en mycologie médicale pour différencier les espèces d'intérêt. En effet, les infections fongiques envahissantes sont de plus en plus identifiées comme cause primaire de morbidité et de mortalité, particulièrement chez les immunodéficients (Aguire *et al*, 2004).

Cette méthode est aussi utilisée pour différencier et identifier les moisissures responsables de l'altération des aliments, principalement les espèces de *Penicillium* (Boysen *et al*, 2000 ; Hageskal *et al*, 2006), par contre pour les *Fusarium*, les méthodes moléculaires existantes donnent des résultats fréquemment peu concluants et l'examen morphologique classique semble encore une méthode indispensable à l'identification des espèces appartenant à ce genre fongique (Healy *et al*, 2005).

Si à l'heure actuelle les outils de d'identification moléculaire ne semblent pas en mesure de remplacer l'identification morphologique classique, il est probable que dans les années à venir, ces méthodes représenteront des outils particulièrement utiles pour la détection et l'identification fongique dans les aliments (Tabuc, 2007).

1.4.3. Classification basée sur des critères morphologiques

La classification des champignons s'est d'abord fondée sur les caractéristiques morphologiques du thalle et les organes de reproduction sexuée. Des niveaux taxonomiques intraspécifiques, essentielles pour le phytopathologiste ne peuvent être

identifiés sur base de critères morphologiques. Ces niveaux sont les formes spécialisées (*forma specialis*) qui montrent une spécificité parasitaire vis-à-vis d'une espèce hôte particulière tandis que les races (ou biotypes) s'attaquent spécialement à certains cultivars de l'espèce-hôte, à l'exclusion des autres. (Lepoivre *et al.*, 2003).

1.4.4. Classifications moléculaires

Les techniques moléculaires ciblant les séquences d'acides nucléiques connaissent un essor important au niveau intraspécifique. Elles permettent de résoudre des problèmes d'identification insolubles par des critères morphologiques. A cet égard, les gènes qui codent pour les ARN ribosomiques présentent un intérêt particulièrement important. Ils sont réunis au sein d'un opéron contenant des régions très conservées (régions codantes correspondant aux molécules 5,8S, 17S et 25S), des régions à faible variabilité (les régions intercalaires ITS) et des régions très variables situées entre les opérons (régions IGS). Les séquences ITS sont largement utilisées pour les comparaisons entre espèces fongiques (Lepoivre *et al.*, 2003).

1.5. Mode de vie des moisissures

Les champignons, ou les moisissures pour être plus précis, se distinguent du règne végétal en raison de leur manque de chloroplaste (chlorophylle), essentiel à la production de matière organique nécessaire à la subsistance des plantes. Ils ont ainsi développé trois méthodes distinctes pour obtenir de la matière organique (élément vital pour leur survie), directement à partir du milieu environnant (Oei et van Nieuwenhijzen, 2005).

1.5.1. Le saprophytisme

Le concept de saprophytisme, dérivé des mots grecs signifiant pourriture et plante, est désigné par les termes « sapos » et « phyton » (Kachour, 2005). Les grands nettoyeurs de la nature sont les champignons saprophytes, qui consomment des matières végétales (feuilles et débris végétaux) ou animales décédées (cadavres), constituant la majorité des macro champignons (Senn-Irlet *et al.*, 2012). Leur fonction cruciale consiste à décomposer la matière organique en substances minérales.

1.5.2. Le parasitisme

Le parasitisme (dérivé des mots grecs « par » et « nourriture ») est un autre aspect à considérer (Kachour, 2005).

Le parasitisme est une interaction biologique où un organisme, qu'il soit animal ou végétal, profite (en se nourrissant, en s'abritant ou en se reproduisant) aux dépens d'un ou plusieurs autres organismes, entraînant divers effets tels que les mycoses, la rouille, l'oïdium et l'antracnose (Combes, 2001).

1.5.3. La symbiose : Selon (Kachour, 2005).

La symbiose est une association étroite et durable entre les organismes d'espèces variées, s'étendant potentiellement sur différents règnes, vivant en équilibre les uns avec les autres et tirant les bénéfices mutuels de cette union, tout en conservant la capacité de vivre de manière indépendante.

- ❖ **Les lichens** : se forment grâce au partenariat de champignons (principalement du phylum Ascomycota) et de cyanobactéries. Les algues, possédant la capacité de subir la photosynthèse, fournissent au champignon des composés organiques carbonés, tandis que le champignon fournira aux algues des éléments minéraux essentiels.
- ❖ **Les mycorhizes** : sont constituées d'une association entre un champignon et la racine d'une plante. Les mycorhizes constituent la forme de symbiose la plus répandue à l'échelle planétaire. On estime que 90% des végétaux contractent spontanément cette association. Les champignons forment un réseau de filaments mycéliens à partir des racines, contribuant ainsi à la nutrition minérale des plantes. C'est d'ailleurs une association symbiotique qui aurait permis aux plantes de coloniser le milieu terrestre (Nasraoui, 2006).

Chapitre III

Etude Expérimentale

III. Matériel et méthodes

III.1. Matériel

III.1.1. Matériel végétal

Dans ce travail les oranges " *Washington Navel*" (06) de taille moyenne et les citrons (04) " citron *eureka frost*" utilisées sont des navels et des provenant du marché de légumes de la Wilaya d'El oued. Ces derniers une fois ramenés à la maison, ils ont été mis l'air ambiants à une température de 25 à 28°C pour l'apparition des symptômes de la pourriture post récolte sur ces derniers (figure 07).



Figure 07 : Symptômes de la pourriture post récolte sur des oranges et des citrons (Original, 2025).

Pour la plante de lavande (*lavandula stoechas*) (figure 06) utilisée dans cette étude, elle a été achetée chez un herboriste du marché d'El Oued, et les gousses d'ail (*Allium satvium*) utilisées ont été achetées chez un vendeur de légumes du même marché (figure 06).



Figure 08 : Lavande (*lavandula stoechas*) et gousses d'ail (*Allium satvium*) utilisée dans cette étude (Original, 2025).

III.1.2. Matériel de laboratoire

a. Appareillage

- Bec benzen
- Réfrigérateur
- Balance précise à 0,01g.
- Broyeur Agitateur rotatif mécanique, 30-60 tours/min.
- Etuve
- Anse de platine
- Hachoir

b. Verreries

- Béchers
- Tubes en verre
- Graduée flacons
- Boîtes pétries

c. Réactifs

- Eau physiologique
- Eau distillée
- Eau de javel

d. Milieu deculture

- Milieu Saboraud

III.1.2. Méthode

1. Préparation des milieux de culture

L'isolement des agents de la pourriture post récolte se fait sur le milieu Sabouraud, jugé comme milieu standard et favorable pour la croissance et la sporulation des champignons microscopiques. La gélose Sabouraud stérile appropriée est coulée dans des boîtes de pétri de 90 mm de diamètre avec d'épaisseur de 4mm répartie uniformément dans les boites. Puis une période de séchage pendant 30min à une température ambiante.

2. Isolement de l'agent pathogène

L'isolement est réalisé à partir des agrumes (oranges et citrons) en coupant la partie contaminée à l'aide d'un scalpel stérile en fragments, chaque fragment est

immergé dans un bain d'eau de javel, et ce durant 30 secondes pour chacun. Ensuite, les fragments sont rincés plusieurs fois à l'eau distillée stérile. Après séchage, les fragments sont placés aseptiquement dans les boîtes de pétri (4 pièces/boîte) contenant le milieu Sabouraud. Enfin, les boîtes sont incubées à température ambiante 26 à 28°C pendant 6 jours.

3. Repiquage et purification

Pour obtenir des souches pures, chaque isolat développé a été repiqué, à l'aide d'une anse de platine stérile, au centre de la boîte de Pétri contenant un milieu Sabouraud. L'incubation est réalisée pendant 15 jours à température ambiante. Cette méthode est répétée jusqu'à l'obtention des colonies pures.

4. Identification des moisissures

L'identification des moisissures se base essentiellement sur les caractères cultureux (Identification macroscopique) et à la morphologie (Identification microscopique) .

5. Identification macroscopique

Selon Compaore et al., (2016) Les caractéristiques morphologiques des colonies ont été déterminées avec des cultures de 5 ou 7 jours dans le milieu PDA et sabouroud. Alors que la morphologie de cellules repose sur:

- La vitesse de croissance (rapide, moyenne, lente).
- Le relief des colonies (plissés, plats, cérébriforme,...)
- L'aspect des colonies : poudreuses, duveteuses, laineuses ou granuleuses (les champignons filamenteux) et glabre ou lisses (les champignons levuriformes.(
- La couleur des colonies : blanches, crèmes ou colorées (gris, violettes, brunes, vertes, ...)
- La couleur du revers de la culture.
- La forme de colonies.

6. Identification microscopique

L'identification microscopique est faite par la méthode du scotch en déposant sur une lame de verre une goutte de Bleu de Méthylène puis à l'aide d'un morceau de

scotch transparent, le mycélium est prélevé directement de la boîte de Pétri. Ensuite, Le morceau de scotch est déposé sur la lame.

Les observations microscopiques ont été réalisées à des grossissements de $\times 40$ en utilisant la microscopie optique.

L'étude microscopique du mycélium est basée sur:

- L'absence ou présence de cloisons⁴
- Couleur des filaments mycéliens⁴
- Mode de ramification des cloisons⁴
- Différenciation des spores (Moussaoui *et al.*, 2021).

7. Préparation des hydrolats et leurs concentrations

7.1 Hydrolat des feuilles de lavande

Pour la préparation de l'hydrolat de lavande, 100 g de la partie aérienne de lavande sont placés dans une casserole contenant 1 litre d'eau distillée. Le mélange a été porté à ébullition, puis laisse-le frémir pendant 15 à 20 minutes à feu doux, en couvrant la casserole pour préserver les composés volatils. Après la cuisson, la casserole a été retirée du feu et laissez refroidir complètement la préparation, toujours à couvert. Une fois refroidie, la décoction a été filtré à l'aide d'une passoire pour éliminer les résidus solides (Figure 09).



Figure 09 : hydrolat de la partie aérienne de lavande (*lavandula stoechas*) préparé (Original, 2025).

7.2. Hydrolat des feuilles des gousses d'ail

Pour la préparation d'hydrolat des gousses d'ail sous forme de décoction (figure 10), 100 g de gousses d'ail non épluchées ont été hachées et placées dans une casserole contenant 1 litre d'eau distillée. Le mélange a été porté à ébullition, puis laissé frémir pendant 20 minutes à feu doux, en couvrant la casserole pour préserver les composés volatils. Après la cuisson, la casserole a été retirée du feu et laissée refroidir complètement la préparation, toujours à couvert. Une fois refroidie, la décoction a été filtrée à l'aide d'une passoire pour éliminer les résidus solides.



Figure 10 : Hydrolat des gousses d'ail (*Allium sativum*) préparé (Original, 2025).

7.3 Préparation des différentes concentrations

Pour préparer des solutions d'ail et de lavande à des concentrations de 75 %, 50 %, 25 % et 10 % à partir d'une solution mère ont été préparées, la méthode de préparation des différentes concentrations est illustrée dans le tableau 05.

Tableau 3 : Préparation des différentes concentrations des solutions d'ail et de

Concentration souhaitée	Volume de solution mère (ml)	Volume d'eau à ajouter (ml)	Volume total (ml)
75 %	75	25	100
50 %	50	50	100
25 %	25	75	100
10%	10	90	100

lavande.

7. Préparation de dilution de fongicide (Terazole)

Terazole (Hemexazole 30%) (figure 04) est un fongicide systémique, curatif et préventif pour lutter contre les champignons du sol tels que *Fusarium* et *Pythium*, responsables du flétrissement et de la pourriture des racines avec une dose d'utilisation : 200 ml pour 100 litres d'eau. Pour notre étude nous avons diluée 2ml pour 1 litres d'eau pour obtenir la même concentration utilisée en agriculture 2ml/l(figure 11).



Figure 11. Terazole et la solution de Tétrazole préparée (Original, 2025).

8. Évaluation de l'activité antifongique des hydrolats préparés et de Tétrazole sur les champignons isolés

La méthode de diffusion par disques a été adoptée pour tester l'effet antifongique de l'hydrolat de l'ail, de lavande contre les souches fongiques.

9. Méthode de diffusion par disque

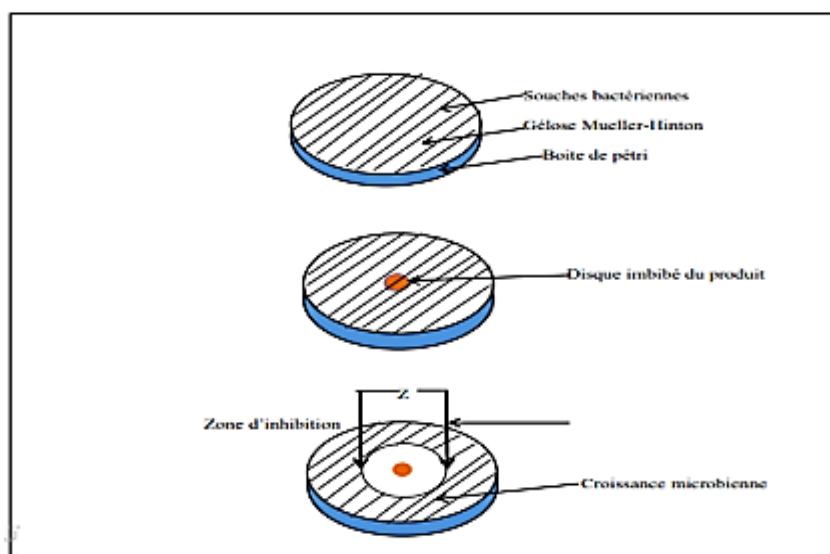
Cette méthode de diffusion par diffusion, consiste à préparer des disques stériles de 5 mm de diamètre (à partir de papier Whatman), Ensuite ils sont mis dans un tube à essai (ou plus si nécessaire), et stérilisés à l'autoclave à 120°C pendant 15minutes puis imbibés avec 5 µl d'hydrolat. Un disque supplémentaire est réservé pour le témoin négatif (eau distillée stérile) chargé par le même volume. Puis de déposer 3 à 4 disques sur la surface de gélose préalablementensemencée par écouvillonnage. Avec la suspension sporale du microorganisme-test. Pour chaque traitement, trois répétitions ont été effectués. Les boîtes sont fermées et ensuite incubées sept jours à

Chapitre III : Matériel et méthodes

température ambiante de 26-29 °C. L'antifongique diffuse dans la gélose créant une zone d'inhibition de croissance du germe autour du disque.

Lecture

La lecture des résultats se fait par la mesure du diamètre d'inhibition, caractérisé par une zone n'ayant aucune croissance bactérienne autour du disque à l'aide d'un pied de coulisse ou règle en (mm). Les résultats sont exprimés par le diamètre de la zone d'inhibition et peut être symbolisé par des signes d'après la sensibilité des souches vis-à-vis des extraits (Hamidi, 2013).



- Non sensible (-) ou résistante : diamètre 20mm.

Figure 12: Illustration de la méthode des aromatochromes sur boîte de pétri (Zaika, 1988).

Chapitre IV :

Résultats et Discussion

IV. Résultats et Discussion

IV.1. Résultats

IV.1.1. Identification des souches


L'identification de ces souches étant basée essentiellement sur les caractères macroscopiques des colonies (aspect, couleur, forme, etc.) et sur les caractères microscopiques du mycélium et des spores ou conidies (cloisonnement du mycélium, forme des spores, forme des organes de fructification, etc.),

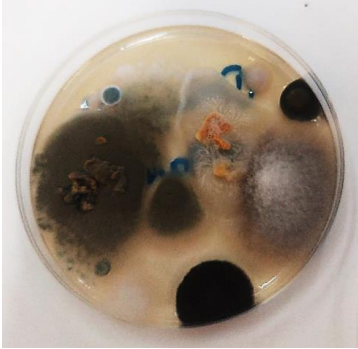
L'agent pathogène a été isolé à partir 10 fruits d'agrumes (6 oranges et 4 citrons) pourris. Selon la couleur, le taux de croissance et la morphologie des colonies, les souches ont été classées en deux groupes : 7 (70 %) souches de classe I, 3 (30 %) de classe II.

IV.1.1.1 Caractéristiques macroscopiques des souches isolées

Le tableau 4 résume l'aspect du mycélium des souches isolées, la couleur du revers de la boîte, le diamètre, présence ou absence du mycélium ainsi que la présence ou l'absence de pigments caractéristiques de chaque souche.

Tableau 4 : Caractéristiques macroscopiques des souches isolées.

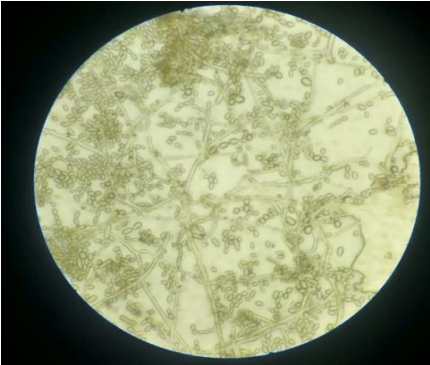
Code	Description	Aspect macroscopique
E1, E2 , E3, E6 , E8 , E9 , E10,	Aspect : cotonneux au début ensuite plus granulé Couleur : vert olive à vert jaunâtre au centre Le revers : blanc crème Vitesse de croissance : rapide Odeur : moisie	 <p>Figure 13. Aspects macroscopiques de l'espèce fongiques (01) isolées à partir des agrumes pourris.</p>

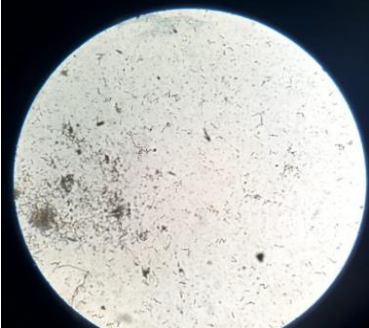
<p>E4 , E5 , E7,</p>	<p>Aspect : veloutée à poudreuse Couleur : bleu-vert à bleu-gris au centre Le revers : généralement blanc, crème ou légèrement jaune Vitesse de croissance : rapide Odeur : odeur de moisissure typique, parfois légèrement sucrée</p>	 <p>Figure 14. Aspects macroscopiques de l'espèce fongiques (01) isolées à partir des agrumes pourris.</p>
----------------------	--	---

IV.1.1.2. Caractéristiques microscopiques des souches isolées

Le tableau 05 résume les caractères microscopiques qui sont : Les hyphes, les conidies, les conidiophores et la couleur pour chaque souche purifiée.

Tableau 5 : Caractéristique microscopique des souches isolées.

Code	Description	Aspect microscopique
<p>E1 , E2 , E3, E6 , E8 , E9 , E10,</p>	<p>Hyphes : hyphes hyalines, septées et ramifiée. Conidies : petites, ovales, à surface finement rugueuse, formées en chaînes. Conidiophores : simples ou peu ramifiés, se terminant en une</p>	 <p>Figure 15. Aspects</p>

	vésicule. Couleur : vert clair à vert jaunâtre.	microscopique de l'espèce fongiques (01) isolées à partir des agrumes pourris.
E4, E5, E7,	<p>Hyphes : hyphes hyalines, septées et ramifiée. Conidies : longs, dressés, avec des ramifications secondaires.</p> <p>Conidiophores : petites, sphériques, surface finement rugueuse, formant des chaînes.</p> <p>Couleur : bleu-vert.</p>	 <p>Figure 16. Aspects microscopique de l'espèce fongiques (02) isolées à partir des agrumes pourris.</p>

L'examen microscopique est ensuite réalisé en observant entre la lame et la lamelle à l'aide de la technique Scotch, qui repose principalement sur l'étude des champignons, l'observation des isolats qui a été effectué selon les différents caractères comme la structure du mycélium (cloisonnement) et du type de formation de conidies et leur forme...etc a permis d'identifier deux espèces du genre *Penicillium* qui sont le *P. digitatum* et le *P. italicum*.

IV.1.2. Activité antifongique des hydrolats (d'ail et de lavande) et de fongicide (Terazole)

IV.1.1.2.1. Evaluation de l'activité antifongique par la méthode de diffusion sur disque

Les résultats de l'activité antifongiques des différentes dilutions des hydrolats de l'ail et de lavande testés sont illustrés dans le tableau 6.

Tableau 6 : Résultats de l'activité antifongique différentes dilutions des hydrolats de l'ail et de lavande réalisé par la méthode de diffusion sur disque.

Chapitre IV : Résultats et Discussion

Souches fongiques	Les différentes dilutions des hydrolats de l'ail et de lavande			
	10%	25%	50%	75%
<i>P. digitatum</i>	0	0	0	0
<i>P. italucum</i>	0	0	0	0



Figure 17 : Résultats de l'activité antifongique des dilutions (50%) des hydrolats de l'ail et de lavande et de dilution de Terazole testées contre le *P. digitatum* et de *P. italucum*.

D'après le tableau 06 et la figure 17, les dilutions des hydrolats de l'ail et de lavande testés n'ont aucun effet antifongique vis-à-vis de *P. digitatum* et de *P. italucum*. En outre, la dilution de Terazole testée ne présente pas d'activité antifongique contre ces agents de pourriture post-récolte des agrumes.

IV.2. Discussion

Les agrumes sont des cultures fruitières majeures, comprenant des variétés importantes telles que la mandarine, l'orange et le citron, cultivées dans de nombreux pays du monde. Suite à des lésions cutanées, les agrumes sont vulnérables à diverses maladies pendant la récolte et la consommation, notamment la pourriture, en raison de leurs fortes teneurs en eau et de leurs compositions nutritionnelles (Tripathi et Dubey, 2004).

Dans notre étude, après avoir isolé les champignons responsables de la pourriture post-récolte des agrumes (oranges et citrons), nous avons trouvé principalement des souches de *Penicillium digitatum* (70%) et *Penicillium italicum* (30%) ce qui concorde avec les résultats de nombreuses études antérieures qui ont identifié ces espèces comme les principales causes de la moisissure des agrumes après la récolte. Talibi *et al.* (2014) ont rapporté que *Penicillium digitatum* et *Penicillium italicum* étaient les espèces prédominantes responsables de la pourriture des agrumes. Nos résultats montrent également une prédominance de ces espèces dans les échantillons analysés, ce qui est en accord avec les travaux de ces chercheurs. De même que, d'autres auteurs ont signalé que la moisissure verte (*Penicillium digitatum*) et la pourriture bleue (*Penicillium italicum*) sont parmi les maladies post-récolte des agrumes les plus fréquemment observées dans toutes les zones de culture d'agrumes à travers le monde (Palou *et al.*, 2001 ; Plaza *et al.*, 2004). Al-Samarrai *et al.* (2013) ont signalé que les espèces de *Penicillium* sont la principale cause de détérioration et de décomposition des fruits après la récolte, comme le raisin et les oranges. L'inoculum fongique de *Penicillium* est associé à la surface des fruits pendant la saison de croissance et, après la récolte, peut atteindre des niveaux élevés. Ces agents pathogènes, étant nécrotrophes, pénètrent dans les fruits par les blessures de l'écorce causées avant et après la récolte, y compris pendant le transport (Ballester *et al.*, 2010). Le taux de pourriture des fruits due à *Penicillium spp.* Varie de 10 à 30 % ; elle peut toutefois atteindre 50 % dans des conditions extrêmes, entraînant de lourdes pertes économiques. De plus, les champignons produisent de nombreuses mycotoxines nocives et des composés cancérigènes comme la citrinine, la patuline et l'acide pénicillique (Aqil *et al.*, 2010).

Dans la présente étude, l'hydrolat d'*Allium sativum* à différentes concentrations (10 %, 25 %, 50%) ne présente aucun effet sur les deux champignons testés. Cela peut être expliqué par le fait que la méthode de diffusion sur disque peut ne pas reproduire les conditions réelles d'application sur les fruits, ce qui peut affecter l'efficacité du traitement. ainsi que, les souches de *Penicillium* peuvent présenter des résistances naturelles ou acquises aux composés présents dans l'hydrolat d'ail. Aussi le temps consacré pour faire l'expérience est très court et limité. Ces résultats ne sont pas en accord avec les résultats de Faggiani et al. (2024) dans une étude sur Contrôle de la moisissure verte et de la pourriture acide chez les mandarines par application post-récolte de natamycine et d'un extrait d'*Allium* qui ont montré que l'extrait d'ail appliqué à une concentration de 12 à 16 µg/mL réduisait l'incidence de la maladie de 31 à 51,5 % en conditions contrôlées et commerciales. Cependant, l'efficacité de l'ail était limitée par rapport à des traitements plus puissants comme le natamycine, qui a réduit l'incidence de la pourriture acide de 62,8 % à 92,8 % selon les concentrations utilisées.

D'une autre coté dans la cette étude, l'hydrolat de *Lavandula* (lavande) n'a montré aucune activité antifongique contre *Penicillium digitatum*. Ce résultat peut paraître surprenant compte tenu des propriétés bien documentées de la lavande, notamment ses effets antimicrobiens. Cependant, plusieurs facteurs peuvent expliquer cette absence d'effet. D'une part, la nature aqueuse de composé limite l'extraction de certains composés bioactifs liposolubles, tels que les huiles essentielles (comme le linalol et l'acétate de linalyle), qui sont généralement responsables de l'activité antifongique observée dans d'autres études. D'autre part, la concentration des composés actifs dans l'hydrolat peut être insuffisante pour inhiber la croissance de *P. digitatum*, et *P. itatum*, des champignons connus pour leurs résistances à certains agents antimicrobiens naturels. Des études antérieures confirment cette hypothèse. Par exemple, plusieurs travaux ont démontré une activité antifongique marquée de l'huile essentielle de lavande contre différentes souches de champignons, y compris *Penicillium spp.*, mais ces effets étaient observés uniquement avec des extraits huileux ou hydroalcooliques, et non avec des extraits aqueux ou des hydrolats (Boukhatem et al., 2014 ; Prashar et al., 2004). Aussi Mohamed et Atik (2012) ont rapporté que l'huile essentielle de feuilles de *L.stoechas* récoltés à Tlemcen a un effet

antifongique contre le *Penicellum spp.* Et d'autre champignons phytopaèhogenes tels que *Alternaria spp* et *Fusarium spp.* En outre, une étude menée par Djenane et *al.* (2012) a révélé que l'huile essentielle de lavande inhibe significativement la croissance de *P. digitatum* in vitro. Toutefois, dans cette étude, l'extrait était appliqué sous forme d'huile essentielle concentrée, ce qui confirme l'importance de la méthode d'extraction et de la formulation dans l'expression de l'activité antifongique. De ce fait, l'absence d'effet inhibiteur dans notre étude suggère que l'hydrolat de lavande n'est pas une méthode efficace pour lutter contre *P. digitatum*. Pour des résultats plus probants, il serait pertinent d'explorer l'utilisation d'extraits hydrométhanoliques ou d'huiles essentielles, ou encore de tester différentes concentrations et conditions d'application. Dans notre étude, l'application Terazole (Hemexazole 30% est une formulation commerciale contenant de l'imazalil comme substance active). N'a montré aucune activité antifongique significative contre *Penicillium digitatum* et *Penicillium italicum*, agents responsables respectivement de la moisissure verte et de la moisissure bleue des agrumes. Cette inefficacité peut être attribuée à plusieurs facteurs, notamment la résistance fongique, les conditions expérimentales et la formulation du fongicide. Des études ont démontré que *Penicillium digitatum* peut développer une résistance à l'imazalil. Par exemple, Boubaker et *al.* (2009) au Maroc ont révélé que 19% des isolats de *P. digitatum* étaient résistants à l'imazalil, tandis que 37% étaient résistants au thiabendazole. En revanche, seulement 2,5% des isolats de *P. italicum* étaient résistants à l'imazalil. Zhu et *al.* (2006) en Chine ont observé que des souches de *P. digitatum* présentaient une résistance à l'imazalil, avec des valeurs de EC₅₀ jusqu'à 29 fois plus élevées que celles des isolats sensibles. D'une autre coté, Les conditions expérimentales, telles que la concentration du fongicide, le mode d'application et les conditions environnementales, peuvent influencer l'efficacité du fongicide. Il est possible que les paramètres utilisés dans notre étude n'aient pas été optimaux pour inhiber la croissance de *P. digitatum* et *P. italicum*. L'inefficacité de Terazole contre *Penicillium digitatum* et *Penicillium italicum* observée dans notre étude souligne la nécessité de stratégies alternatives pour le contrôle de la moisissure verte et de la moisissure bleue des agrumes. Il est essentiel de prendre en compte la résistance fongique, les conditions expérimentales et la formulation du fongicide lors de l'évaluation de l'efficacité des fongicides. Des recherches supplémentaires sont

Chapitre IV : Résultats et Discussion

nécessaires pour développer de nouvelles approches de lutte contre *P. digitatum* et *P. italicum*, telles que l'utilisation de fongicides alternatifs ou de méthodes de lutte biologique.

CONCLUSION

Le présent travail est une contribution à l'étude mycologique et à la recherche des agents responsables de la pourriture post-récolte des agrumes commercialisés sur le marché d'El Oued et de tester l'effet antifongique des hydrolats d'ail (*Allium sativum*) et de lavande (*lavandula stoechas*) et d'un fongicide (Terazole) sur les souches isolées. Les résultats de la présente étude ont révélé que les oranges (*Washington Navel*) et les citrons (*citron eureka frost*) étaient principalement contaminées par le genre *Penicillium* dont le *Penicillium digitaum* est le plus dominant suivi par *Penicillium italicum*. Les champignons isolés se sont révélés capables de réinfecter rapidement des fruits sains, ce qui représente une menace économique sérieuse pour les vendeurs d'agrumes du marché.

D'une autre coté la présence de ces champignons sur les oranges et les citrons constitue une menace sérieuse pour la santé des consommateurs, car ces organismes peuvent produire des mycotoxines qui peuvent nuire à la consommation. D'un autre part, les résultats obtenus à propos de l'activité antifongique des deux hydrolats et de fongicide contre les deux souches fongiques isolées ont montrés une absence totale d'un effet antifongique et des différentes dilutions des produits testés contre le *Penicillium digitaum* et le *Penicillium italicum*.

L'ensemble des résultats obtenus au cours de cette étude constitue une première approche à cette problématique. En effet, Pour améliorer la lutte contre la pourriture et ses conséquences négatives. Il est recommandé :

D'explorer des produits naturels ou synthétiques avec des mécanismes d'action innovants. De tester des combinaisons de produits naturels et synthétiques pour optimiser l'efficacité et réduire la toxicité.

De développer des solutions plus durables et respectueuses de l'environnement

Référence

1. Akinmusire, O.O. (2011). Fungal Species Associated With The Spoilage Of Someedible Fruits In Maiduri Northern Eastern Nigeria. *Advances In Environmental Biology*, 5(1):157-167.
2. Algérie Eco. (2024). Agrumes : La production augmente à plus de 18 millions de quintaux. <https://www.algerie-eco.com/2024/01/30/agrumes-la-production-augmentea-plus-de-18-millions-quintaux>
3. Alonso C.V., (2011). Citron et autres agrumes. Eyrolles. EAN13 : 9782212552072. P7.
4. Al-Samarrai, G. F., H. Singh and M. Syarhabil. (2013). Extracts some plants on controlling green mold of orange and on postharvest quality parameters. *World Applied Sci. J.* 22(4): 564- 570.
5. Amalaradjou, M. A. R., & Venkitanarayanan, K. (2008). Detection of *Penicillium*, *Aspergillus* and *Alternaria* species in fruits and vegetables. In *Mycotoxins in fruits and vegetables* (pp. 225-247). Academic Press.
6. Aouane D et Ghezli C., (2001). Evaluation des maladies des agrumes transmissible par greffage sur le matériel végétal de multiplication de l'ITAF Option méditerranée série B CIHAEM (eds)
7. Aqil, F., M. Zahin, I.Ahmad, M. Owais, M. S. A.Khan, S. S.Bansal and S. Farooq. (2010). Antifungal activity of medicinal plant extracts and phytochemicals: a review. *Combating Fungal Infections*: 449-484. 27.
8. Ballester AR, Izquierdo A, Lafuente MT, GonzálezCandelas L. (2010).. Biochemical and molecular characterization of induced resistance against *Penicillium digitatum* in citrus fruit. *Postharvest Biology and Technology*.;56:31-38.
9. Bellabas A., (2009). Etude de base sur les agrumes en Algérie, Rapport réalisé par consultant national spécialiste en citrus. Projet GTFS/REM/070/ITA Programme régional de gestion intégrée des ravageurs pour le Proche Orient. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. p6.
10. Bellanger, A. P., Reboux, G., Botterel, F., Candido, C., Roussel, S., Rognon, B., ... & Millon, L. (2010). New evidence of the involvement of *Lichtheimia corymbifera* in farmer's lung disease. *Medical mycology*, 48(7), 981-987.

11. Bennett, J. W., & Klich, M. (2003). Clinical microbiology reviews. *Mycotoxins*, 16(1), 497-516.
12. Boiron, P (1996). Organisation et biologie des champignons. Edition Nathan. P : 13-19-69-79.
13. Botton B., Beton A., Fever M., Gaithier S., Guy p.h ., Larpent J.P ., Reymond P. Sanglier J.J., Vayssie Y ., Veau P. (1990). Moisissures utiles et nuisibles importance industrielle. 2eme edition. Masson. Collection Biotechnologies. P : 34-428.
14. Boubaker, H., Saadi, B., Boudyach, E.H., & Benaoumar, A.A. (2009). Sensibilité de *Penicillium digitatum* et *P. italicum* à l'imazalil et au thiabendazole au Maroc. AGRIS – International System for Agricultural Science and Technology.
15. Boudih, S. (2011). Identification des moisissures et de leurs métabolites secondaires colonisant des supports papiers : évaluation de la toxicité sur des cellules épithéliales respiratoires in vitro. Thèse de doctorat : Agriculture, Alimentation, Biologie, Environnement et santé. Paris : Paris-EST, 185 p. Université Paris-Est, 19-21 p.
16. Boukerche, B. (2014). Évaluation de l'état phytosanitaire des vergers agrumicoles dans l'Est Algérien.
17. Boukhatem, M. N., Ferhat, M. A., Kameli, A., Saidi, F., & Kebir, H. T. (2014). Lemon grass (*Cymbopogon citratus*) essential oil as a potent anti-inflammatory and antifungal drugs. *Libyan Journal of Medicine*, 9(1). Prashar, A., Locke, I. C., & Evans, C. S. (2004). Cytotoxicity of lavender oil and its major components to human skin cells. *Cell proliferation*, 37(3), 221-229.
18. Bounab, D., Chaabi, Y. (2018). Etude de la variabilité morphologique au sein d'une collection d'agrumes cultivée à l'Est Algérien, W. Skikda. Mémoire de Master : Biologie et physiologie de la reproduction. Constantine : Université des Frères Mentouri Constantine. 55p.
19. Bourgeois C.M., Mescle J.F., Zucca J. (1989). Microbiologie alimentaire. Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Lavoisier. Paris. P : 216-244.
20. Chabasse, D ; Bouchara, J. P ; Gentile, L ; Brun, S ; Cimon, B ; Penn, P. (2002). Les moisissures d'intérêt médical. Cahier de formation N° 25.

21. Combes, C. (2001). *Parasitism: the ecology and evolution of intimate interactions*. University of Chicago Press.
22. Compaore, H., Sawadogo-Lingani, H., Savadogo, A., Dianou, D., Traore, A. S. (2016). Isolement et caractérisation morphologique de moisissures productrices de substances antibactériennes à partir d'aliments locaux au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(1), 198-210 p.
23. Cronquist, A. (1981). *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. Columbia University Press.
24. Davet, P. (1996). *Vie microbienne du sol et production végétale*. Editions Quae. des rendements à l'eau. Food & Agriculture Org. ISBN 925200744X, 9789252007449. P103.
25. Djenane, D., Aïder, M., Yangüela, J., Idir, L., Gómez, D., & Roncalés, P. (2012). Antioxidant and antibacterial effects of Lavandula and Mentha essential oils in minced beef inoculated with E. coli O157: H7 and S. aureus during storage at abuse refrigeration temperature. *Meat science*, 92(4), 667-674.
26. Doorenbos J., et Bentvelsen C.L.M., 1980 . Réponse des rendements à l'eau. Food & Agriculture Org. ISBN 925200744X, 9789252007449. P103.
27. Duan, F., Gao, Z. J., Reymick, O. O., Ouyang, Q. L., Chen, Y., Long, C. Y., et al. (2021). Cinnamaldehyde promotes the defense response in postharvest citrus fruit inoculated with *Penicillium digitatum* and *Geotrichum citri-aurantii*. *Pestic Biochem Phys.* 179:104976. doi: 10.1016/j.pestbp.2021.104976
28. Ferhat M.A., Meklati B.Y. et Chemat F., 2010 – Citrus d'Algérie : les huiles essentielles et leurs procédés d'extraction .ED. OPU, n°5130. Alger. 157 p.
29. Feuilhade de Chauvin, M. (2005). New diagnostic techniques. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 19, 20-24.
30. Frazier W.C. (1967). *Food microbiology*. Academic presse. London. P : 3-429.
31. Frazier, W. C., & Westhoff, D. C. (1967). *Food Microbiology* Mc Graw-Hill Book Company. *Nova York, NY*, 252-282.
32. Gauthier, A. (2016). Les mycotoxines dans l'alimentation et leur incidence sur la santé. Thèse de doctorat : Sciences pharmaceutiques: Université de Bordeaux, 14-61 p

33. Ghezli, C., & Aouane, B. (2002). Evaluation des maladies des agrumes transmissibles par greffage sur le matériel végétal de multiplication de l'ITAF. *Options Méditerranéennes: Série B. Etudes et Recherches*, 43, 101-104.
34. Giraud J. (1998). Microbiologie alimentaire. Edition Donod, Paris. P : 8-101.P : 330
35. Hamidi, Abdelrazag. (2013). Etude phytochimique et activité biologique de la plante *limoniastrum guyonianum*. Mémoire de magister. Ouargla : université kasdi merbah, 86p
36. Hinrikson, H. P., Hurst, S. F., Lott, T. J., Warnock, D. W., & Morrison, C. J. (2005). Assessment of ribosomal large-subunit D1-D2, internal transcribed spacer 1, and internal transcribed spacer 2 regions as targets for molecular identification of medically important *Aspergillus* species. *Journal of clinical microbiology*, 43(5), 2092-2103.
37. Houaoura., (2013). Production des agrumes : Comment augmenté le rendement ?
38. ITAF (Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne).(2021). La culture des argumes,20p.
<http://www.itafv.dz/wp-content/uploads/2021/01/La-culture-des-agrumes.pdf>
39. Jay, J.M. (2003).. Microbial Spoilage of Food. Modern Food Microbiology. 4th ed. Chapman
40. Karabulut, O.A.; Baykal, N. (2004). Integrated control of postharvest diseases of peaches with a yeast antagonist, hot water and modified atmosphere packaging. *Crop Prot*, 23, 431–435.
41. Kausrud, H., Heegaard, E., Büntgen, U., Halvorsen, R., Egli, S., Senn-Irlet, B., ... & Stenseth, N. C. (2012). Warming-induced shift in European mushroom fruiting phenology. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(36), 14488-14493.
42. Kerboua M. , (2002)..L'agrumiculture en Algérie. Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural Algérie. P22-23
43. Khefifi, H. (2015). Etudes physiologiques et génétiques de caractères morpho-physico-chimiques des fruits d'agrumes au cours de la maturation jusqu'à

- l'abscission (Doctoral dissertation, Montpellier SupAgro; Institut national agronomique de Tunisie).
44. Lebreton, A. (2018). Caractéristique génomique du genre fongique *Mucor* et évolution adaptative liée à différents modes et conditions de vie au sein de genre. Thèse de doctorat : Ecologie, Géosciences, Agronomie et Alimentation. Bretagne. Université de Bretagne occidentale-Brest, 205 p.
 45. Lecellier, A. (2013). Caractérisation et identification des champignons filamenteux par spectroscopie vibrationnelle. Thèse de doctorat : Sciences Technologie Sante. Université de Reims Champagne-Ardenneecole, 196 p.
 46. Leveau, J. Y., & Bouix, M. (1993). Microbiologie industrielle: les micro-organismes d'intérêt industriel.
 47. Liu, H.X.; Jiang, W.B.; Bi, Y.; Luo, Y.B. (2005). Postharvest BTH treatment induces resistance of peach (*Prunus persica* L. cv. Jiubao) fruit to infection 34 by *Penicillium expansum* and enhances activity of fruit defense mechanisms. *Postharvest Biol. Technol*, 35, 263–269.
 48. Mabberley.D.J, (1997).. *The Plant-Book: A Portable Dictionary of the Vascular Plants*. réimprimée, révisée. Cambridge University Press.pp858.
 49. Mohammedi Z, Atik F. (2012).Pouvoir antifongique et antioxydant de l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* L. *Nature & Technologie*, 06 : 34 – 39
 50. Moussaoui, M., Ziane, M., Ben Braïek, O., Yezli, W., Moussaoui A. (2021). Detection and preliminary identification of ochratoxins and aflatoxins produced by *Aspergillus* species isolated from coffee. *Plant Archives*, 21(2), 719-726 p.
 51. Munera, S., Ancillo, G., Prieto, A., Palou, L., Aleixos, N., Cubero, S., et al. (2023). Quantifying the ultraviolet-induced fluorescence intensity in green mould lesions of diverse citrus varieties: towards automated detection of citrus decay in postharvest. *Postharvest Biol. Tec.* 204:112468. doi: 10.1016/j.postharvbio.2023.112468
 52. Noorizadeh, S., Golmohammadi, M., Bagheri, A., and Bertaccini, A. (2022). Citrus industry: Phytoplasma-associated diseases and related challenges for Asia, America and Africa. *Crop Prot.* 151:105822.
 53. Oei, P., & Nieuwenhuijzen, B. V. (2005). *La culture des champignons à petite échelle: pleurotes, shiitakes et auriculaires*. Agromisa.

54. Palou L, Smilanick JL, Usall J, Viñas I. (2001). Control of postharvest decay blue and green molds of oranges by hot water, sodium carbonate and sodium bicarbonate. *Plant Dis*; 85:371-376. 30.
55. Plaza P, Sanbruno A, Ushall J, Lamarca N, Torres R, Pons J. (2004). Integration of curing treatments with decreeing to control the main postharvest diseases of Calementine mandarines. *Post-harvest biology and technology*.;34:29-37.
56. Punt, P. J., van Biezen, N., Conesa, A., Albers, A., Mangnus, J., & van den Hondel, C. (2002). Filamentous fungi as cell factories for heterologous protein production. *Trends in biotechnology*, 20(5), 200-206.
57. Reboux, G. (2006). Mycotoxines : effets sur la santé et interactions avec d'autres composants organiques. *Revue Française d'Allergologie et d'Immunologie Clinique*. p : 208–212.
58. Riolo, M., Villena, A. M., Calpe, J., Luz, C., Meca, G., Tuccitto, N., et al. (2024). A circular economy approach: a new formulation based on a lemon peel medium activated with lactobacilli for sustainable control of post-harvest fungal rots in fresh citrus fruit. *Biol. Control* 189:105443.
59. Swingle, W. T. (1967). The botany of Citrus and its wild relatives. In: *The Citrus Industry*, Vol. I (eds. W. Reuther, H.J. Webber & L.D. Batchelor), pp. 190–430. University of California Press, Berkeley.
60. Tabuc, C. (2007). Flore fongique de différents substrats et conditions optimales de production des mycotoxines. Thèse de doctorat : Pathologie mycologie génétique et nutrition. Ecole nationale vétérinaire de Toulouse, 29-31 p.
61. Talibi, I., H. Boubaker, E.Boudyach and A. Ait Ben Aoumar. (2014). Alternative methods for the control of postharvest citrus diseases. *Journal of applied microbiology*, 117(1): 1-17.
62. Tanaka, T. (1961). *Tanaka's Cyclopedia of Edible Plants of the World*. Tokyo: Keigaku Publishing Co.
63. Tripathi, P., N. and Dubey. (2013). Exploitation of natural products as an alternative strategy to control postharvest fungal rotting of fruit and vegetables. *Postharvest biology and Technology*. 32.(3): 235-245.
64. Zaika, L. L. (1988).. "Spices and Herbs - Their Antimicrobial Activity and Its Determination" *Journal of Food Safety*, 9- 2: (97-118).

65. Zhu, Jw., Xie, Qy. & Li, Hy. (2006). Occurrence of imazalil-resistant biotype of *Penicillium digitatum* in China and the resistant molecular mechanism. *J. Zhejiang Univ. - Sci. A* 7 (Suppl 2), 362–365
<https://doi.org/10.1631/jzus.2006.AS0362> .

66. بشيري ز.، بوشعرة ع. (2023)- دراسة نظرية حول الحمضيات (Agrume). مذكرة ماستر. جامعة الاخوة منتوري قسنطينة. 116ص.

Web site:

- ✚ Anonyme 01. (2025).<http://fr.allafrica.com/stories/201107070407.html> (Consulter : 11.03.2025)
- ✚ I.T.A.F, 2002 Relevés climatologiques. Manuscrit I.T.A.F., Boufarik, 18 p.
<http://www.itafv.dz/Statistiques.htm>.
- ✚ MADR (La Ministre de l'Agriculture et du développement du Rural). (2009).. La direction des statistiques Agricoles et des systèmes d'information. MADR. Algérie.
- ✚ Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (2013). <https://madr.gov.dz/>
- ✚ Département de l'Agriculture des États-Unis (U.S. Department of Agriculture). (2023).https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Citrus%20Annual_Guangzhou%20ATO_China%20-%20People%27s%20Republic%20of_CH2023-0192.pdf