

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحيى جيجل

Faculté des Sciences de la Nature
Et de la Vie
Département de Microbiologie
Appliquée et Sciences Alimentaires



كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم الميكروبيولوجيا التطبيقية و
علوم التغذية

Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme :
Master Académique en Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Biologiques
Option : Microbiologie Appliquée

Thème

**Recherche des moisissures du sol capables de dégrader les pesticides
utilisés dans la région de Jijel et sélection des meilleures espèces de
dépollution.**

Membres du Jury :

Dr. BOUCHEFRA A. : Présidente
Pr. AKROUM S. : Encadrante
Mr. KHENNOUF T. : Examinateur
Pr. BOUKABOU A. : Représentant de l'incubateur
Mme. BOUKHE DENNA N. : Représentant du secteur socio- économique

Présenté par

M^{elle} HAMI OUD Roumaïssa
M^{elle} HALIM Rayane
Mme CHIBOUT Imene

Année Universitaire 2022-2023

Numéro d'ordre (bibliothèque) :

Remerciements

En premier lieu nous tenons à remercier le bon Dieu, de nous avoir accordé la santé, le courage et la puissance nécessaire pour réaliser ce travail.

Nous voudrions dans un premier temps remercier notre encadrante, le Pr. AKROUM S. pour ses directives, sa disponibilité et ses judicieux conseils qui nous aidé à bien mener cette étude et qui ont contribué à alimenter notre réflexion.

Nous remercions sincèrement aussi le Dr. BOUCHEFRA A. qui nous fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire et nous aider avec ses précieuses remarques.

Nos remerciements s'adressent aussi à Mr. KHENNOUF T. pour avoir accepté d'examiner ce travail et pour les conseils et les orientations qu'il accepte de nous donner afin de l'améliorer d'avantage.

Notre vive reconnaissance va aussi à l'adresse du Pr. BOUKABOU A. et aux membres de l'incubateur de l'université de Jijel pour la formation qu'ils nous ont donnée, leur aide précieuse dans la préparation du BMC, la fiche technique et pour toutes les directives qu'ils nous ont apportées. Nous sommes très honorées de l'avoir au sein de notre jury.

Nous remercions aussi Mme BOUKHEDENNA N. pour avoir accepté d'examiner ce travail et pour tous les précieux conseils qu'elle acceptera de nous fournir sur le côté socio-économique afin de perfectionner notre étude.

Nos remerciements s'adressent aussi à tous ceux qui nous ont soutenues et encouragées tout au long de la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents, à la fin de mes études, je dédie ces accomplissements à vous, mes plus grands soutiens. Votre encouragement constant, votre amour inconditionnel et votre foi en moi ont été la boussole qui a guidé mon parcours académique. C'est avec une profonde reconnaissance que je célèbre cette réalisation, sachant que c'est grâce à vous que j'ai atteint ce jalon important dans ma vie.

Mes chers sœurs IKRAM et KHADIJA, la présente dissertation s'érige en une dédicace en reconnaissance de votre amour, de votre soutien assidu, et de vos encouragements constants. Je tiens à vous exprimer ma gratitude pour avoir constitué une source ininterrompue d'inspiration.

Mon petit frère YUCEF, le dernier de la fratrie.

Ma personne préférée, je me considère chanceuse que Dieu t'ait spécifiquement choisi pour être la partie importante et essentielle de ma vie, celle que je prie toujours de ne jamais perdre.

Mes chères amies CHAHINEZ, ROUMAISSA et FADIA.

Sans oublier mes chères amies avant d'être binôme, **ROUMAISSA et IMENE.**

A tous ce qui me soutenu.

A tous ce qui j'aime.

RAYANE

Je dédie ce travail

À ma famille, pour leur soutien inébranlable, leur amour constant et leurs encouragements infinis. Votre croyance en moi a été ma principale source de motivation pour que je puisse atteindre mes objectifs.

À mon cher mari, Ta présence à mes côtés a été ma source constante de force et d'inspiration. Tu as partagé avec moi chaque instant de cette aventure éducative, soutenant chacun de mes efforts avec un amour inépuisable.

À mes amies principalement **ASMA & IMENE**, pour les moments de détente et de rire partagés au milieu de nos efforts d'apprentissage. Votre présence a allégé le fardeau.

À mes enseignants, dont la sagesse et la guidance ont éclairé mon chemin académique. Vos enseignements resteront gravés en moi pour toujours.

À RAYAN et ROUMAISSA,

Cette aventure académique n'aurait pas été la même sans vous. En tant que trinôme, nous avons partagé non seulement le fardeau des recherches et des analyses, mais aussi les moments de joie, de frustration et de réussite.

RAYANE, ta diligence et ton expertise ont été une source constante d'inspiration. Ton engagement envers notre travail a illuminé notre chemin, et ta perspicacité a éclairé nos discussions les plus complexes.

ROUMAISSA, ton esprit vif et ta créativité ont apporté une dimension unique à notre travail. Ta capacité à trouver des solutions novatrices aux défis que nous avons rencontrés a été inestimable, et ton optimisme a été un moteur pour nous maintenir en mouvement.

À mes camarades de classe, pour les échanges stimulants, les débats fructueux et le sentiment d'appartenance à une communauté d'apprentissage passionnée.

Enfin, à moi-même, pour avoir persévéré à travers les défis, pour avoir grandi en tant qu'apprenant et pour avoir atteint ce jalon avec détermination.

Avec une profonde appréciation.

IMENE

Je dédie ce travail à

Mes chers parents, pour l'amour qu'ils m'ont toujours donné, leurs encouragements et toute l'aide qu'ils m'ont apportée durant mes études. Aucun mot, aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération, et mon amour pour les sacrifices qu'ils ont consentis pour mon instruction et mon bien-être.

Ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité.

À tous mes amis qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès.

À tous ceux que j'aime.

ROUMAISSA

Sommaire

	Page
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction	1
Partie Bibliographique	3
Chapitre 1 : Définition et classification des pesticides	3
1. Définition des pesticides	3
2. Classification des pesticides	3
2.1. Classification selon l'origine des pesticides	3
2.1.1. Biopesticides	3
2.1.2. Pesticides inorganiques	4
2.1.3. Pesticides synthétiques	4
2.2. Classification selon le cible principale	4
2.2.1. Fongicides	4
2.2.2. Insecticides	5
2.2.3. Herbicides	5
2.3. Classification selon la composition chimique des pesticides	6
2.3.1. Organochlorines	6
2.3.2. Organophosphates	6
2.3.3. Carbamates	6
2.3.4. Pyréthriinoïdes	6
2.4. Classification selon le mode d'entrée des pesticides	7
2.4.1. Pesticides systémiques	7
2.4.2. Pesticides non systémiques	7
3. Impacts des pesticides	8
3.1. Impacts des pesticides sur l'environnement	8
3.2. Impacts des pesticides sur la santé de l'homme et l'animal	9
3.2.1. Toxicité aiguë	9
3.2.2. Toxicité chronique	10
3.3. Impacts des pesticides sur les produits agricoles	10

4. Devenir des pesticides dans le sol	10
4.1. Adsorption des pesticides	11
4.2. Dégradation des pesticides	12
Chapitre 2 : Biodégradation des pesticides et assainissement des sols	13
1. Pollution du sol	13
2. Biodégradation des polluants par les microorganismes	13
3. Application des moisissures en biodégradation	14
4. Voies de dégradation des pesticides	14
4.1. Dégradation abiotique	15
4.2. Dégradation biologique	15
5. Les moisissures les plus active en biodégradation des pesticides	16
Matériel et Méthodes	18
- Objectif du travail	18
- Matériel	18
- Méthodes	19
1. Prélèvements des échantillons du sol	19
2. Préparation des suspensions du sol	19
3. Préparation de la gélose PDA (Potato Dextrose Agar)	19
3.1. Composition de la gélose PDA	19
3.2. La préparation	20
4. Isolement des moisissures du sol	20
5. Isolement des moisissures à partir des plantes infectées	20
6. Isolement et purification des moisissures	21
7. Identification des moisissures	21
7.1. Caractérisation macroscopique	21
7.2. Caractérisation microscopique	21
8. Test de l'antagonisme	22
9. Test de la résistance des moisissures aux pesticides	23
Résultats et discussion	25
1. Isolement et purification des moisissures	25
1.1 Isolement des moisissures du sol	25
1.2. Isolement des moisissures à partir des plantes infectées	26

2. Identification des moisissures isolées	27
3. Test de l'antagonisme	37
3.1. Résultats pour <i>Penicillium griseofulvum</i>	37
3.2. Résultats pour <i>Aspergillus ustus</i>	39
3.3. Résultats pour <i>Penicillium armarii</i>	39
3.4. Résultats pour <i>Trichoderma harzianum</i>	40
3.5. Résultats pour <i>Aspergillus versicolor</i>	41
4. Résistance des moisissures aux pesticides	43
4.1. <i>Penicillium griseofulvum</i>	43
4.2. <i>Aspergillus ustus</i>	43
4.3. <i>Penicillium armarii</i>	44
4.4. <i>Trichoderma harzianum</i>	45
4.5. <i>Aspergillus versicolor</i>	45
Conclusion	48
Références bibliographiques	49
Annexes	
Résumés	
Business Model Canevas	
Fiche Technique	

Liste des figures

Figure 1 :	Photos des légumes et fruits utilisé comme échantillons	21
Figure 2 :	Les moisissures obtenues à partir des échantillons du sol	25
Figure 3 :	Les moisissures obtenues à partir des échantillons des fruits et légumes	27
Figure 4 :	Caractéristiques macroscopiques et microscopiques de la moisissure 1	28
Figure 5 :	Caractéristiques macroscopiques et microscopiques de la moisissure 2	28
Figure 6 :	Caractéristiques macroscopiques et microscopiques de la moisissure 3	29
Figure 7 :	Observation macroscopique du recto et verso de la boite de Pétri de la moisissure 4.....	30
Figure 8 :	Deux observations microscopiques de la moisissures 4	31
Figure 9 :	Observation macroscopique du recto et verso de la boite de Pétri de la moisissure 5.....	31
Figure 10 :	Deux observations microscopiques du mycélium 5	32
Figure 11 :	Observation macroscopique de la boite de Pétri de la moisissure 6	32
Figure 12 :	Observation microscopique de la moisissure 6 au grossissement x40	33
Figure 13 :	Caractéristiques macroscopiques et microscopiques de la moisissure 7.....	34
Figure 14 :	Observation macroscopique du recto et verso de la boite de Pétri de la moisissure 8.....	34
Figure 15 :	Observation microscopique de la moisissure 8 au grossissement x40	35
Figure 16 :	Observation macroscopique du recto et verso de la boite de Pétri de la moisissure 9	36
Figure 17 :	Observation microscopique de la moisissure 9 au grossissement x40	36
Figure 18 :	Affrontement entre <i>Penicillium griseofulvum</i> et quatre espèces fongiques pathogènes	38
Figure 19 :	Affrontement entre <i>Aspergillus ustus</i> et quatre espèces fongiques pathogènes	39
Figure 20 :	Affrontement entre <i>Penicillium armarii</i> et quatre espèces fongiques pathogènes	40
Figure 21 :	Affrontement entre <i>Trichoderma harzianum</i> et quatre espèces fongiques pathogènes	41
Figure 22 :	Affrontement entre <i>Aspergillus versicolor</i> et quatre espèces fongiques pathogènes	42

Figure 23 :	Culture de <i>Penicillium griseofulvum</i> dans des milieux de culture contenant les pesticides	43
Figure 24 :	Culture d' <i>Aspergillus ustus</i> dans des milieux de culture contenant les pesticides	44
Figure 25 :	Culture de <i>Penicillium armarii</i> dans des milieux de culture contenant les pesticides	44
Figure 26 :	Culture de <i>Trichoderma harzianum</i> dans des milieux de culture contenant les pesticides	45
Figure 27 :	Culture d' <i>Aspergillus versicolor</i> dans des milieux de culture contenant les pesticides	46

Liste des abréviations

- Ache** : Acétylcholinestérase.
- °C** : Degré celcius.
- cm** : centimètre (s).
- DDT** : Dichlorodiphényltrichloroéthane.
- g** : gramme (s).
- h** : heure(s).
- HAP** : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques.
- HETP** : Tétraphosphate d'hexaéthyle.
- l** : litre (s).
- min** : minute (s).
- ml** : milligramme (s).
- Ops** : Organophosphates.
- PDA** : Potato Dextrose Agar.
- ph** : Potentiel d'hydrogène.
- SC** : Suspension concentrée.

Introduction

La production et l'utilisation massive des pesticides dans les champs agricoles, les paysages urbains et à des fins domestiques pour éliminer les ravageurs et contrôler les épidémies sont signalées dans différents pays en raison de leur grande efficacité, de leur faible coût et de leur facilité d'utilisation. D'un autre côté, l'augmentation continue de l'utilisation des produits phytosanitaires dans les agroécosystèmes afin de garantir l'approvisionnement alimentaire pour une population en constante croissance constitue une préoccupation majeure pour la santé humaine et l'environnement à cause de la pollution engendrée par ces produits.

Les pesticides sont des substances ou des mélanges de substances qui diffèrent par leurs propriétés physiques et chimiques d'un produit à l'autre. Ils sont destinés à lutter contre les ravageurs des plantes : insectes, moisissures, bactéries, etc. Plusieurs classifications des pesticides sont connues ; elles se basent notamment sur la nature de ces produits (les propriétés physiques et chimiques) et sur leurs besoins. Actuellement, les quatre classifications de pesticides les plus populaires et largement utilisées sont basées sur leur origine, leur cible, leur composition chimique et leur mode d'action.

Les sols ont la capacité de retenir divers polluants tels que les métaux lourds, les pesticides ou les HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques), et par conséquent, ils fonctionnent comme un absorbant de pollution. Ils contribuent à la contamination de la chaîne alimentaire et à menacer la santé humaine. Les pesticides sont les contaminants les plus courants parmi tous les xénobiotiques présents dans le sol.

Certains pesticides sont hautement toxiques pour l'homme car ils peuvent provoquer une intoxication grave ou mortelle. L'exposition à ces substances a été associée à diverses maladies, notamment le cancer, la perturbation hormonale, l'asthme, les allergies et l'hypersensibilité.

La biodégradation est reconnue comme un processus principal pour la réduction naturelle des résidus de pesticides dans les écosystèmes, grâce à un ensemble de réactions enzymatiques catalysées par les microorganismes du sol. La mycoremédiation, qui utilise des champignons ou leurs composés pour remédier aux polluants environnementaux, s'est avérée être une méthode de remédiation environnementale rentable, respectueuse de l'environnement et efficace, couvrant les contaminants organiques, inorganiques et émergents (antibiotiques, médicaments).

Dans ce travail, nous nous sommes intéressées à la recherche des moisissures du sol capables

de tolérer et de dégrader les pesticides. Nous avons commencé par l'isolement et l'identification des moisissures du sol ainsi que celles responsables de l'infection des fruits et des légumes. Ensuite, nous avons testé la capacité antagoniste des moisissures bénéfiques du sol sur les moisissures phytopathogènes. Enfin, nous avons évalué la résistance des moisissures aux pesticides les plus couramment utilisés par les agriculteurs de la région de Jijel.

Partie Bibliographique

Chapitre 1 : Définition et classification des pesticides

1. Définition des pesticides

Le mot pesticide est un mot complexe qui englobe toutes les substances destinées à lutter ou détruire les organismes nuisibles provenant du règne animal, végétal, mycologique, parasitaire ou bien bactériologique (Girard et *al.*, 2020). Un pesticide est aussi défini comme « toute substance ou mélange de substances d'origines chimiques ou biologiques destinée à repousser, détruire ou contrôler tout ravageur, ou à réguler la croissance des végétaux » (Dahiri et *al.*, 2021). Dans les textes relatifs à la réglementation, les pesticides sont aussi appelés « produits phytosanitaires, produits phytopharmaceutiques ou produits antiparasitaires à usage agricole ».

2. Classification des pesticides

Au niveau réglementaire, les pesticides sont classifiés selon quatre réglementations distinctes : les produits phytopharmaceutiques (phytosanitaires), les biocides, les médicaments et produits à usage humain ainsi que les usages vétérinaires. Les produits phytopharmaceutiques constituent la majorité des pesticides et comportent les substances utilisées dans l'agriculture pour la protection des plantes et de leurs produits (Girard et *al.*, 2020).

Il existe quatre critères de classification des pesticides largement répandus : leur origine, leur cible d'action, leur composition chimique et le mode d'entrée.

2.1. Classification selon l'origine des pesticides

2.1.1. Biopesticides

Les biopesticides comprennent des catégories de pesticides comme les substances phytochimiques présentes dans les plantes, les alcaloïdes, les terpènes et les composés phénoliques dont le potentiel pesticide a été prouvé. Les huiles essentielles, les extraits de plantes et les restes de tourteaux d'oléagineux se sont révélés actifs contre divers parasites (Abubakar et *al.*, 2020).

2.1.2. Pesticides inorganiques

Les pesticides inorganiques comprennent des sels inorganiques tels que le sulfate de cuivre, le sulfate ferreux et la chaux, ainsi que le soufre. Les produits chimiques des pesticides inorganiques ont tendance à être plus simples et solubles dans l'eau que ceux des pesticides organiques (Lykogianni et *al.*, 2021).

2.1.3. Pesticides synthétiques

Ils sont très nombreux et appartiennent à plusieurs familles chimiques les principales sont les organochlorés, les organophosphates, les carbamates et les pyréthroïdes (Dhuldhaj et *al.*, 2023).

2.2. Classification selon la cible principale

Les pesticides sont classés en fonction du ravageur ciblé et reçoivent des noms uniques qui reflètent leurs fonctions. En effet, les trois grandes familles de pesticides utilisés dans l'agriculture sont : les insecticides, les fongicides et les herbicides, mais il y en a d'autres comme les rodenticides, les molluscicides et les nématocides (Hassaan et El Nemr, 2020 ; Dhuldhaj et *al.*, 2023).

2.2.1. Fongicides

Les fongicides sont utilisés pour tuer ou inhiber les champignons et les spores fongiques. Ils permettent de contrôler les infestations fongiques, en particulier dans l'ensemble de l'alimentation et sont fréquemment utilisés dans le secteur agricole (Rajmohan et *al.*, 2020).

Les fongicides agissent sur les champignons en interférant avec divers processus biochimiques au sein du cytoplasme et des mitochondries fongiques.

- Réaction et inactivation des groupes sulfhydryles des acides aminés et des enzymes causant des dommages au métabolisme des lipides, la respiration et la production d'adénosine triphosphate (exemple : Manèbe qui est utilisé contre les maladies cryptogamiques, la tavelure).
- Création d'une barrière chimique entre la plante et le champignon (exemple : Ziram qui est utilisé pour lutter contre la tavelure des pommes et des poires, l'enroulement des feuilles des pêches, ainsi que l'anthracnose et la brûlure précoce de la tomate).
- Réduction de l'activité enzymatique (exemple : Captan qui est utilisé pour lutter contre plusieurs champignons tels que Botrytis, Fusarium, Fusicoccum et Pythium). (Raffa et Chiampo, 2021).

2.2.2. Insecticides

Les insecticides sont des composés chimiques et biologiques qui attaquent et tuent les insectes phytoparasites (Hassaan et El Nemr, 2020). Ils forment le groupe de pesticides qui représente le plus de risques pour l'homme et sont les premiers pesticides utilisés et les plus utilisés en Algérie.

Ces molécules agissent par :

- Blocage du fonctionnement du système nerveux, interférence avec les canaux sodiques (exemple : la efluthrine qui est utilisée pour contrôler les larves de la chrysomèle du maïs).
- Inhibition du cholinestérase empêche la répartition de l'acétylcholine dans la synapse donc, une insuffisance respiratoire (exemple : l'aldicarb qui est particulièrement efficace contre les pucerons, les aleurodes et les mineuses).
- Perturbation du système nerveux par inactivation de l'acétylcholinestérase (exemples : le chlorpyrifos qui est utilisé pour lutter contre les fourmis, les termites et les moustiques ; ainsi que le diméthoate qui agit contre les pucerons, les thrips, les cicadelles et les aleurodes) (Raffa et Chiampo, 2021).

2.2.3. Herbicides

Les herbicides sont des produits à usage agricole classés dans la catégorie des produits phytopharmaceutiques. Ils représentent des outils nécessaires pour lutter contre les mauvaises herbes dans les systèmes de production agricole (Beffa et *al.*, 2019).

Ces composés possédant différents modes d'action sur les plantes :

- Perturbation de la photosynthèse (exemple : l'atrazine qui est efficace pour détruire les mauvaises herbes dans la culture du maïs).
- Inhibition de la division cellulaire (exemple : la trifluraline utilisée pour maîtriser diverses espèces de graminées et dicotylédones annuelles).
- Inhibition de la synthèse des lipides (exemple : le cyclohexanedione appliqué en post-levée précoce dans de nombreuses cultures pour contrôler les mauvaises herbes graminées vivaces et annuelles).
- Inhibition de la synthèse de cellulose (exemple : les benzamides uniquement représentés par l'isoxaben. Ils sont très sélectifs du blé et des graminées et visent les dicotylédones de printemps).
- Inhibiteurs de la synthèse des acides aminés (exemple : les aminophosphanates qui sont efficaces contre un grand nombre de mauvaises herbes et en particulier les plantes vivaces

(chiendent, liseron). Ils sont utilisés dans le désherbage des zones cultivées avant et après récolte.) (Oršolić et *al.*, 2021).

2.3. Classification selon la composition chimique des pesticides

Il existe quatre principaux pesticides classés selon leur composition chimique : les organochlorines, les organophosphates, les carbamates et les pyréthriinoïdes (Rajmohan et *al.*, 2020).

2.3.1. Organochlorines

Les organochlorines, également connus sous le nom d'hydrocarbures chlorés, sont des pesticides organiques qui contiennent au moins cinq atomes de chlore. Les pesticides organochlorés comme le dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT) et le chlordane peuvent tuer le ravageur ciblé en provoquant des convulsions et une paralysie en interférant avec son système nerveux. Ce groupe de pesticides est utilisé comme insecticides en raison de leur capacité à nuire à un large éventail d'insectes (Sulaiman et *al.*, 2019).

2.3.2. Organophosphates

Les organophosphates (Ops) sont des pesticides synthétiques qui comprennent des esters d'acide phosphorique ou des esters d'acide thiophosphorique. Le tétraphosphate d'hexaéthyle (HETP) a été le premier synthétisé et utilisé comme insecticide agricole. Les Ops présentent une toxicité aiguë pour les insectes et d'autres animaux, notamment les oiseaux, les amphibiens et les mammifères. Leur toxicité est due à l'inhibition de l'acétylcholinestérase (AChE) dans le système nerveux central et périphérique (Raffa et Chiampo, 2021).

2.3.3. Carbamates

Les carbamates sont des produits agrochimiques de plus en plus utilisés pour la lutte antiparasitaire et sont des produits chimiques dérivés de l'acide carbamique. Le carbofuran, le carbaryl et l'isoprocarb sont les principaux carbamates largement utilisés pour les applications agricoles. Outre l'application en tant que pesticide, certains carbamates sont également utilisés comme médicaments pour soigner les troubles de la santé humaine. Les carbamates agissent en affectant une enzyme importante, l'acétylcholinestérase, par le biais de la carbamylation des groupes fonctionnels présents dans les sites actifs, influençant ainsi le processus de transmission neuronale (Dhuldhaj et *al.*, 2023).

2.3.4. Pyréthriinoïdes

Les pyréthriinoïdes sont des composés organiques isolés à partir des fleurs naturelles de pyrèthres

(*Chrysanthemum Coccineum* et *Chrysanthemum cine-riariaefolium*). Les propriétés insecticides des pyréthrine sont dues aux acides pyréthroïques. Les pyréthroïdes ont un impact sur les canaux sodiques et provoquent une paralysie corporelle. La perméthrine, la cyperméthrine, la deltaméthrine, la léthrine, la furéthrine, le févélérate et l'alphacyperaméthrine sont des exemples de pyréthroïdes synthétiques fréquemment utilisés (Abubakar et *al.*, 2020).

2.4. Classification selon le mode d'entrée des pesticides

Le mode de pénétration des pesticides peut être systémique ou non systémique.

2.4.1. Pesticides systémiques

Ils sont absorbés par les plantes et transférés aux tissus non traités tels que les feuilles, les tiges et les racines. Les pesticides se transposent dans chaque tissu végétal, avec des résultats toxiques potentiels pour les organismes qui se nourrissent de la plante. Les pesticides systémiques possèdent une grande capacité de pénétration dans les tissus végétaux ; ainsi, les pesticides peuvent se déplacer à travers le système vasculaire pour tuer les organismes cibles soit par une voie unidirectionnelle, soit par une voie multidirectionnelle, par exemple : Glyphosate (Hassaan et El Nemr, 2020).

2.4.2. Pesticides non systémiques

Les pesticides non systémiques dépendent du contact physique entre les pesticides et l'organisme cible. La pénétration dans les tissus végétaux ou le déplacement dans le système vasculaire de la plante ne se produit pas nécessairement avec les pesticides non systémiques. Le pesticide tue les ravageurs en pénétrant à travers leur épiderme. Il est digéré par le ravageur après ingestion des feuilles ou d'autres parties des plantes, ce qui provoque un empoisonnement (Yadav et Devi 2017).

Les fumigants sont des pesticides non systémiques qui tuent l'organisme cible en produisant des vapeurs qui se transforment en gaz toxiques lorsqu'ils sont appliqués, par exemple l'oxyde de propylène et le dibromochloropropane, sont fréquemment utilisés pour éliminer les parasites des cultures pendant le stockage et pour inhiber la croissance des parasites dans le sol par la vaporisation des pesticides. Le gaz pénètre dans le corps des ravageurs par le système respiratoire et les tue (Alengebawy et *al.*, 2021).

Les répulsifs sont aussi des pesticides non systémiques. Ils sont utiles pour empêcher les ravageurs de se localiser dans les cultures et les tenir à l'écart des produits traités. Toutefois, les

répulsifs ne sont pas en mesure de tuer le ravageur ou tout autre organisme cible. La citronnelle et le géranium sont des exemples de répulsifs couramment utilisés (Yadav et Devi 2017).

3. Impacts des pesticides

Plus de mille pesticides sont utilisés à travers le monde pour empêcher que nos aliments ne soient endommagés ou détruits par des nuisibles. Chacun d'entre eux possède des propriétés et des effets toxicologiques différents. Les pesticides jouent un rôle essentiel dans la réduction des maladies et l'amélioration de l'augmentation des rendements des cultures dans le monde. Donc environ un tiers des produits agricoles sont produits à l'aide de pesticides. Sans leur utilisation, il y aurait une perte de 78 % de la production de fruits, une perte de 54% de la production de légumes et une perte de 32 % de la production de céréales (Tudi et *al.*, 2021).

L'Algérie est classée parmi les pays utilisant les plus grandes quantités de pesticides, 400 produits phytosanitaires sont homologués dont une quarantaine de variétés sont largement utilisées par les agriculteurs. L'Algérie utilise entre 6.000 à 10.000 T/ans de pesticides ; ce qui correspond à un taux d'utilisation de 15% par rapport des besoins normatif de 50.000 tonnes. L'omniprésence des pesticides dans notre environnement et notre alimentation pose des graves conséquences sur la santé publique, non seulement contamine l'environnement, mais affecte également les organismes non ciblés, même à de faibles concentrations (Kaur et *al.*, 2023).

3.1. Impacts des pesticides sur l'environnement

L'utilisation massive et incontrôlée des pesticides, polluent le sol, l'eau souterraine et l'eau potable, causant des dommages à la microflore et à la microfaune, et perturbant également l'absorption des nutriments et des minéraux par les végétaux (Adetunji et *al.*, 2018). Les pesticides ont également un impact sur les enzymes du sol qui sont des catalyseurs essentiels gouvernant la qualité de vie dans cet écosystème. L'activité des enzymes du sol contrôle les cycles des nutriments et, à leur tour la fertilisation (Adetunji et *al.*, 2018).

La contamination des sols par les pesticides cause des graves dangers sur la santé et la vie de plusieurs êtres vivants, car le sol est considéré comme la source principale d'alimentation et de vie de plusieurs organismes. Les pesticides sont facilement absorbés par le sol car l'eau agit comme un liant dans les sols humides. La quantité qui affecte le sol varie en fonction de l'humidité du sol, de la température, de la lumière du soleil, des plantes et des différences physiologiques du sol (Rajmohan et *al.*, 2020). Les pesticides peuvent modifier les propriétés physico-chimiques

et biologiques du sol. Ils peuvent également perturber à terme l'activité et la diversité microbienne (Alengebawy et *al.*, 2021).

De plus, l'eau est l'une des ressources naturelles les plus importantes au monde. Les eaux souterraines et les eaux de surface doivent être protégées contre l'introduction de pesticides (Rajmohan et *al.*, 2020). Les eaux souterraines sont plus menacées car les pesticides ne peuvent pas être éliminés comme dans d'autres environnements et la concentration des polluants ne peut pas être réduite aussi facilement (Sjerps et *al.*, 2019).

3.2. Impacts des pesticides sur la santé de l'homme et l'animal

Les pesticides synthétiques et naturels sont toxiques et dangereux pour les animaux et les êtres humains, et par conséquent, l'utilisation et l'application pendant l'agriculture doivent être contrôlées et surveillées (Sharma et *al.*, 2020). Les pesticides peuvent pénétrer dans le corps soit par inhalation d'air pollué, poussières et vapeurs contenant des pesticides, soit par exposition orale en consommant les aliments et une eau contaminée, mais également par exposition cutanée par contact direct avec des pesticides. Les pesticides sont pulvérisés sur les aliments, en particulier les fruits et les légumes. Ces pulvérisations peuvent dériver et polluer l'air (Rao, 2018).

La possibilité d'exposition à ces produits chimiques a augmenté considérablement. Selon l'Organisation mondiale de la santé, chaque année, environ 3000000 de cas d'empoisonnement par les pesticides. La majorité des personnes sont affectées par l'ingestion d'aliments contaminés par des pesticides (Kaur et *al.*, 2019).

Le métabolisme des pesticides chez les animaux est un processus important dans lequel les organismes vivants se défendent contre les effets toxiques des produits chimiques étrangers sur leurs ressources alimentaires. Au sein de l'organisme, le produit chimique est converti en une forme moins toxique et excrétée ou accumulée dans l'organisme. Plusieurs organes peuvent être affectés, en particulier le foie et les reins (Perez et *al.*, 2018 ; Aloizou et *al.*, 2020).

La toxicité des produits chimiques dépend de la nature des toxines, la durée et les voies d'exposition (orale, cutanée et inhalation), de la dose et de l'organisme (Buszewski et *al.*, 2019). L'exposition à court terme aux pesticides hautement toxiques provoque des effets "aiguës" et l'exposition à long terme provoque des effets "chroniques" (Rao, 2018).

3.2.1. Toxicité aigüe : Celle-ci peut apparaître instantanément ou pendant les 24h suivant l'exposition à un pesticide. Les effets aigus principaux peuvent causer des troubles

du système nerveux, des problèmes respiratoires et une aggravation des affections préexistantes (Singh *et al.*, 2018). Ces intoxications sont souvent systémiques et peuvent conduire à plusieurs symptômes tels que les maux de tête, les douleurs corporelles, les éruptions cutanées, les troubles de concentration, les nausées, les vertiges, la fatigue, la perte d'appétit, la diarrhée, l'essoufflement, les troubles de la vision, les crampes, les attaques de panique et parfois même la mort (Eddleston, 2020).

3.2.2. Toxicité chronique : Celle n'apparaît pas dans les 24 heures suivant une exposition à un pesticide. Elle est plutôt due à l'exposition en continue à un pesticide pendant une longue période, car ceci entraîne l'accumulation dans les tissus. En effet, l'ignorance de la toxicité aiguë et l'exposition à long terme à de faibles doses de pesticides sont responsables des effets chroniques (Nieder *et al.*, 2018). L'accumulation de ces substances dangereuses et de leurs résidus dans les tissus induit à des dysfonctionnements dans le développement et le métabolisme (Dhuldhaj *et al.*, 2023).

Les symptômes de la toxicité chronique ne sont pas directement remarqués mais apparaissent plus tard. Elle peut conduire à différents types de cancers, de mutations, d'anomalies de la reproduction, des déséquilibres hormonaux, des malformations congénitales, des maladies neurodégénératives, des dysfonctionnements pulmonaires et hépatiques, la maladie de Parkinson et des troubles sanguins (Rajmohan *et al.*, 2020 ; Sharma *et al.*, 2019).

3.3. Impacts des pesticides sur les produits agricoles

L'exposition récurrente et intensive aux pesticides ou leurs résidus est nocif pour le rendement agricole. Car ces composés peuvent entraîner une diminution importante du nombre d'espèces de plantes sensibles aux traitements et aussi favoriser la résistance chez certaines mauvaises herbes, chez les microorganismes et les insectes ravageurs des plantes et de leurs fruits. Le meilleur exemple étant l'exposition à l'herbicide Clopyralide qui peut réduire le rendement des plants de pommes de terre (Colquhoun *et al.*, 2017 ; Abubakar *et al.*, 2020).

4. Devenir des pesticides dans le sol

Le devenir des pesticides et leurs interactions avec le sol peuvent conférer un degré variable de toxicité, et leurs produits de dégradation peuvent présenter de nombreuses limitations environnementales et une contamination de la chaîne alimentaire, notamment en provoquant une cancérogénicité pour l'homme (Sarkar *et al.*, 2020).

Une fois présents dans le sol, les pesticides peuvent être adsorbés par les particules du sol ou être dégradés par des processus photochimiques, chimiques et microbiologiques (Raffa et Chiampo, 2021).

4.1. Adsorption des pesticides

Le processus d'adsorption lie les pesticides aux particules du sol. Ceci se produit souvent en raison de l'attraction entre un produit chimique et les particules. Les molécules de pesticides chargées positivement, par exemple, sont attirées et peuvent se lier aux particules d'argile chargées négativement. Toutefois, les pesticides varient dans leur adsorption sur les particules du sol. Certains pesticides tels que le paraquat et le glyphosate se lient très étroitement, tandis que d'autres ne se lient que faiblement et sont facilement résorbés ou relâchés dans la solution du sol (Vagi et Petsas, 2022).

Le transfert de pesticides est parfois présent et essentiel pour avoir un bon rendement. Il se produit par des façons suivantes :

La volatilisation : une fois volatilisé, un pesticide peut se déplacer dans les courants d'air loin de la surface traitée.

Le ruissellement : il se produit lorsque l'eau est appliquée plus rapidement qu'elle ne peut pénétrer dans le sol. Les pesticides peuvent être transportés dans l'eau elle-même ou liés à des particules de sol érodées.

Le lessivage : il est le mouvement des pesticides à travers le sol plutôt qu'à la surface. La lixiviation dépend, en partie, des propriétés chimiques et physiques du pesticide (Un pesticide qui se dissout dans l'eau peut se déplacer avec l'eau dans le sol).

L'absorption : elle représente le mouvement des pesticides vers les plantes et les animaux. L'absorption des pesticides par les organismes cibles et non cibles est influencée par les conditions environnementales et par les propriétés chimiques et physiques du pesticide et du sol.

L'enlèvement des cultures : ceci transfère les pesticides et leurs produits de dégradation du site de traitement (Meftaul et *al.*, 2020 ; Vagi et Petsas, 2022).

Trop de mouvement, cependant, peut éloigner un pesticide du ravageur ciblé. Cela peut aussi entraîner une contamination des eaux de surface et des eaux souterraines conduisant de ce fait à des blessures d'espèces non ciblées, y compris l'homme (Meftaul et *al.*, 2020).

4.2. Dégradation des pesticides

Dès que le pesticide est appliqué, il commence à se décomposer ou à se dégrader en composés plus simples qui sont généralement moins toxiques. Chaque pesticide a sa propre vitesse de dégradation, qui dépend son l'ingrédient actif, de sa formulation et des conditions environnementales. Plus un pesticide met de temps à se décomposer, plus il est présent pour contrôler l'insecte, la mauvaise herbe ou la maladie pour laquelle il a été appliqué. C'est ce qu'on appelle l'activité résiduelle. Mais l'inconvénient d'une activité résiduelle prolongée est que le pesticide peut également être disponible pour le lessivage ou le ruissellement sur une plus longue période de temps (Gao et *al.*, 2019).

Il existe trois types de dégradation des pesticides :

- Microbienne : elle représente la dégradation des pesticides par les champignons, les bactéries et d'autres microorganismes qui utilisent les pesticides comme source de nourriture.
- Chimique : elle cause la dégradation des pesticides par des processus qui n'impliquent pas les organismes vivants, mais plutôt la matière minérale.
- Photo-dégradation : c'est la dégradation des pesticides par la lumière, notamment la lumière du soleil. Elle peut détruire les pesticides sur le feuillage, à la surface du sol et même dans l'air (Kaur et *al.*, 2023).

Chapitre 2 : Biodégradation des pesticides et assainissement des sols

Le sol c'est la couche superficielle de l'écorce terrestre. Il est composé de deux parties : une fraction abiotique constituée de fragments de roche, particules de sable et d'argile, circulation d'air et d'eau ; ainsi que d'une fraction biotique formée de débris d'animaux et de plantes morts, la microflore et les êtres vivants (Sharma et *al.*, 2019). Le sol se dégrade très rapidement et est une ressource extrêmement difficile à renouveler. La croissance démographique qui accompagne la révolution industrielle dégrade l'environnement par les pollutions qu'elle génère et par l'exploitation massive des ressources naturels (agriculture intensive, déforestation, surpâturage) qui causent la destruction des sols (Kisic et *al.*, 2017 ; Tudi et *al.*, 2021).

1. Pollution du sol

Le sol est l'écosystème le plus précieux car il fournit de nombreux services indispensables : il produit 95 % de notre alimentation, filtre les eaux, réduit les inondations, régule les émissions de gaz à effet de serre, nous fournit des carburants et des matières premières. La pollution pose un risque grave pour la santé humaine par contact direct, par exposition cutanée ou par inhalation de particules polluées provenant du sol. Mais aussi indirectement, par la consommation de plantes ou d'animaux qui ont accumulé de grandes quantités de polluants (Singh et *al.*, 2022).

La pollution des sols est un problème mondial qui trouve son origine dans des sources anthropologiques et naturelles. L'urbanisation, l'industrialisation et l'augmentation de la demande alimentaire ont nécessité l'utilisation de composés, de substances et d'agents chimiques qui, au fil des ans, ont entraîné la dispersion et l'accumulation de polluants dans l'environnement (Raffa et Chiampo, 2021).

L'assainissement des sols pollués est devenu indispensable, les chercheurs continuent de trouver des nouvelles méthodes d'assainissement moins coûteuses comme les méthodes biologiques telle que la dégradation microbienne. Les méthodes physiques sont plus évitées car elles sont chères, notamment l'inactivation chimique ou la séquestration dans les décharges (Kumar et Dwivedi, 2021).

2. Biodégradation des polluants par les microorganismes

La biodégradation est un bioprocédé qui consiste à réduire ou éliminer les contaminants de l'environnement par médiation biologique tels que les microorganismes à l'aide de leurs enzymes.

Il s'agit d'un traitement efficace, rentable et respectueux de l'environnement (Bhandari et *al.*, 2021). Les conditions d'exploitation doivent être optimisées pour permettre aux cellules microbiennes de les biodégrader rapidement (Sales da Silva et *al.*, 2020).

Les microorganismes responsables de la biodégradation des pesticides sont relativement fréquents dans le sol, et dans certains cas, leur survie dépend de ce phénomène. Ceci explique l'existence d'un équilibre naturel entre ce dernier et l'évolution microbienne (Huang et *al.*, 2018).

3. Application des moisissures en biodégradation

Les sols agricoles sont peuplés de nombreux microorganismes, qui peuvent être exploités pour biodégrader les pesticides. En général, les bactéries et les champignons sont utilisés pour décontaminer les sols grâce à leur biomasse élevée par rapport aux autres organismes vivants sur terre. De plus, ces microorganismes sont plus diversifiés dans le sol et ont une grande capacité catalytique (Chaudhari et *al.*, 2023).

La dégradation par les espèces fongiques est favorisée du fait de leurs extraordinaires potentialités métaboliques. En effets, les champignons peuvent également influencer les propriétés du sol, en modifiant sa perméabilité et sa capacité d'échange d'ions (Kumar et Dwivedi, 2021).

Les champignons peuvent être de meilleurs dégradateurs que les bactéries en raison de leurs caractéristiques, telles que leur bio-activité spécifique, leur morphologie de croissance et leur grande résistance, même à des concentrations élevées de polluants. Une approche courante consiste à utiliser à la fois des champignons et des bactéries pour améliorer la dégradation, car les champignons peuvent transformer les pesticides en une forme plus facile et plus accessible pour les bactéries (Raffa et Chiampo, 2021).

4. Voies de dégradation des pesticides

La dégradation des pesticides est le processus clé du devenir de ces molécules dans le sol. Elle joue un rôle important dans l'élimination des pesticides du milieu naturel (Kumar et Dwivedi, 2021). Les transformations chimiques responsables de la dégradation sont de nature abiotique et biotique. Généralement, la quantité de biodégradation dans le sol est supérieure à celle de la transformation abiotique, mais cette transformation est plus importante pour certains pesticides qui sont particulièrement résistants à la biodégradation ou à l'activité des communautés microbiennes du sol (Raffa et Chiampo, 2021).

Plusieurs facteurs peuvent affecter la performance de l'assainissement des sols par les microorganismes tels que le pH, la température, l'humidité, le type de sol, les caractéristiques des

pesticides telles que leur distribution, leur biodisponibilité et leur persistance dans le sol (Kumar et Dwivedi, 2021 ; Chaudhari et *al.*, 2023).

4.1. Dégradation abiotique

Ce type de dégradation photochimique est généralement considéré comme secondaire. Il est principalement lié à la réaction d'hydrolyse, de déshydrohalogénéation, d'oxydoréduction et de photolyse qui peuvent être causées par le rayonnement solaire ; mais en termes de biodégradation, le processus peut encore être ignoré dans le sol. Le processus de réaction est généralement catalysé à la surface des composants du sol : argile, matière organique et oxydes métalliques (Eddleston et *al.*, 2023).

4.2. Dégradation biologique

C'est la voie de dégradation la plus importante qui conduit à l'élimination ou à la transformation des pesticides en éléments de base (CO₂, H₂O et sels minéraux) sous l'action des microorganismes du sol qui les utilisent comme une source d'énergie. Parmi les nombreux microorganismes impliqués dans la dégradation des pesticides, les moisissures sont les représentants les plus importants. En fonction de leurs substances enzymatiques, ces microorganismes peuvent dégrader partiellement ou complètement les pesticides présents dans le sol (Dhuldhaj et *al.*, 2023).

Les microorganismes peuvent être impliqués dans la dégradation des pesticides selon cinq mécanismes d'action :

- Le métabolisme direct qui fait des pesticides une source d'énergie utilisée pour la croissance des microorganismes, par réaction enzymatiques : oxydoréduction, hydrolyse, déhalogénéation, déshydrogénation, décarboxylation, conjurations, réarrangements et isomérisation (Chaudhari et *al.*, 2023).
- Le Co-métabolisme : il s'agit des transformations chimiques effectuées sur les pesticides, même si ces composés ne sont pas destinés à être une source d'énergie pour les microorganismes (Raffa et Chiampo, 2021).
- La conjugaison : ce sont des réactions chimiques catalysées par des enzymes extracellulaires sur les pesticides ou d'autres molécules présentes dans la solution du sol (Chaudhari et *al.*, 2023).
- La bioaccumulation : les pesticides ou leurs métabolites sont stockés dans les corps microbiens. Ce phénomène est probablement l'une des causes de la stabilisation des sols (Huang et *al.*, 2018).
- L'adsorption : la paroi microbienne attire les pesticides par des réactions chimiques

différentes de celles de Van der Waals, mais aussi par la formation des liaisons hydrogènes, les échanges des ions, etc. Ceci afin d'immobiliser les pesticides (Chaudhari et *al.*, 2023).

5. Les moisissures les plus actives en biodégradation des pesticides

Au cours des processus de biodégradation, les pesticides sont transformés en produits de dégradation ou sont complètement minéralisés par des moisissures qui utilisent les composés polluants comme nutriments. Un rôle clé dans les mécanismes de biotransformation est effectué par les enzymes fongiques, comme les hydrolases, les peroxydases et les oxygénases, qui influencent et catalysent les réactions biochimiques (Pandey et *al.*, 2018). Parmi les principales applications des moisissures pour nettoyer les sols des pesticides, nous pouvons citer les exemples suivants :

- La mycoremédiation de l'insecticide organochlorine "endosulfan" par *Penicillium chrysosporium* qui est catalysée par l'oxydation de l'endosulfan en endosulfan sulfate puis en endosulfan diol. L'endosulfan sulfate qui est formé par le métabolisme oxydatif fongique est aussi toxique que l'endosulfan, tandis que l'endosulfan diol l'est moins. En outre, l'endosulfan diol est converti en endosulfan éther qui est moins toxique, en endosulfan monoaldéhyde, en endosulfan dialdéhyde, en endosulfan hydroxyéther ou en endosulfan lactone. Ceci protège l'homme de toutes les maladies issues de la toxicité de l'endosulfan (Mukherjee et *al.*, 2019).
- *Aspergillus terricola*, *A. terreus* et *Chaetosartorya stromatoides* peuvent dégrader l' α - et le β - endosulfan jusqu'à 75% et 20%, respectivement. Et ce en modifiant le pH du milieu de 7,0 à 3,2. La biodégradation optimale avec ces moisissures est obtenue à température ambiante (Mukherjee et *al.*, 2019).
- *Fusarium ventricosum* et *F. oxysporum* sont particulièrement efficaces pour la dégradation complète de alpha et beta endosulfan dans les rhizosphères et les sols humides (Pandey et *al.*, 2018).
- *Penicillium chrysogenum*, *Aspergillus nidulans* et *Aspergillus niger* sont des espèces de champignons utilisées notamment pour assainir les sols des méthyles Parathion. Ces espèces sont capables de tolérer la concentration la plus élevée de méthyle Parathion. Grâce à leur mécanisme de résistance, elles l'absorbent et le stockent à l'intérieur des hyphes, ce qui permet de réduire les concentrations présentes dans le sol de manière considérable (Matúš et *al.*, 2023). Certaines études précisent que ces moisissures possèdent une enzyme capable de dégrader de nombreux pesticides ayant des liaisons P-S, ce qui augmente leur rendement dans le sol (Kumar et *al.*, 2019).
- *Fusarium oxysporum* et *Candida cylindracea* dégradent également le malathion.

L'hydrolyse des esters de malathion par la cutinase de *F. oxysporum* entraîne la dégradation du malathion monoacide (MMA) et du malathion diacide (MDA). *Candida cylindracea*, cependant, dégrade le malathion en MMA par détoxification (Leskovac et Petrović, 2023).

Matériel et Méthodes

Objectif du travail

L'objectif de cette étude était de trouver des moisissures qui étaient capables de dégrader pesticides. Pour ceci, nous nous sommes intéressées aux moisissures du sol qui vivaient déjà au contact de ces substances. Les espèces étaient donc isolées, purifiées puis identifiées. Dans un deuxième temps, elles ont été cultivées sur des milieux de culture contenant certains pesticides.

Afin de déterminer les bienfaits qu'elles peuvent apporter aux plantes, nous les avons confrontées à des champignons phytopathogènes, responsables des altérations et des pathologies des végétaux.

- Matériel

- Balance.
- Etuve.
- Autoclave.
- Bec bunsen.
- Plaque chauffante.
- Bain-marie.
- Microscope optique.
- Micropipette et des embouts.
- Pipette graduée.
- Vortex.
- Réfrigérateur.
- Béchers.
- Erlenmeyer de 1l.
- Tubes à essais.
- Flacons de 250ml.
- Entonnoir.
- Verre à montre.
- Pince.
- Boîtes de Pétri.
- Ecouvillons.
- Pipettes Pasteur
- Anse de platine.
- Spatule.
- Lames.
- Lamelles.
- Portoirs.
- Compresses stériles.
- Scotch (ruban adhésif).
- Sachets stériles.
- Agitateur magnétique (barreau magnétique).
- Gélose Sabouraud Chloramphénicol déshydraté.
- Gélose PDA préparée au laboratoire.
- L'eau distillée stérile.
- L'eau physiologique stérile.

- Méthodes

1. Prélèvements des échantillons du sol

Les échantillons du sol ont été prélevés à partir de différentes régions de la wilaya de Jijel : Djemaa Beni Habibi (cultures de fraises), Bachelot et Taher (cultures de fraises, de poivrons et de raisins). Les endroits sélectionnés pour l'échantillonnage étaient des sols où les agriculteurs utilisaient des pesticides, ceci afin de favoriser les chances de trouver des moisissures qui avaient déjà développées une résistance à ces substances. Les profondeurs du sol sélectionnées étaient celles de 2, 5, 7 et 10 cm. Les échantillons du sol ont été ensuite mis dans des boîtes de Pétri stériles et ramenés directement au laboratoire (Petkova et *al.*, 2020 ; Zaborowska et *al.*, 2021).

2. Préparation des suspensions du sol

Les échantillons du sol ont été mis dans une étuve réglée à 40°C pendant 4 h afin de les sécher (Chaudhary et *al.*, 2013). Pour chaque profondeur, la suspension du sol a été préparée en mélangeant 1 g de sol avec 10 ml d'eau distillée stérile dans un tube à essai, puis en agitant avec le vortex pendant une minute. L'agitation permettait de libérer tous les microorganismes qui se trouvaient au niveau des particules du sol. Les suspensions ont ensuite été laissées au repos pendant quelques minutes afin que les particules du sol sédimentent convenablement (Chaudhary et *al.*, 2013 ; Zaborowska et *al.*, 2021).

3. Préparation de la gélose PDA (Potato Dextrose Agar)

La gélose PDA est un milieu de culture de routine utilisé en mycologie. Elle permet la culture de tous les champignons microscopiques sans exceptions (levures et moisissures). Cette gélose contient plusieurs matières organiques issues des pommes de terre (Botton et *al.*, 1990).

3.1. Composition de la gélose PDA

La composition d'un litre de gélose PDA était comme suit (Botton et *al.*, 1990) :

Pommes terre : 200 g.

Dextrose : 20 g.

Agar-agar : 20 g.

Eau distillée : 1000 ml.

pH = 6,5.

3.2. La préparation

Un litre de gélose PDA a été préparé selon la méthode décrite par Botton *et al.*, (1990) comme suit : une quantité de 200 g de pomme de terre a été pesée et coupée en petits morceaux. Puis, ces derniers ont été bouillis dans de l'eau distillée sur une plaque chauffante pendant 30 min. Après la cuisson, les morceaux de pommes de terre ont été séparés du jus avec une compresse stérile puis rejetés. Le liquide filtré (le jus de pommes de terre) a été rapporté à 1000 ml en ajoutant de l'eau distillée. Une quantité de 20 g de dextrose a été rajoutée au milieu avec une agitation continue sur une plaque chauffante, puis une quantité de 20 g d'agar-agar a été mélangée graduellement au milieu de culture. Après l'ajustement du pH à 6,5, la température de la plaque chauffante a été élevée à 100°C pendant 30 min afin de permettre l'ébullition du milieu. Puis, dans la zone stérile du bec bunsen, la gélose a été versée dans des flacons stériles de 200 ml. Ces derniers ont été stérilisés par autoclavage à une température de 121°C et une pression de 1,4 bar pendant 20 min.

4. Isolement des moisissures du sol

La gélose PDA a été versée dans des boîtes de Petri et laissée solidifier. Ensuite, 1 ml de chaque suspension du sol considérée a été prélevée à l'aide d'une micropipette et déposée à la surface de la gélose. L'ensemencement s'est fait par étalement avec un écouvillon stérile dans des conditions d'asepsie. Par la suite, les boîtes ont été incubées à 25°C pendant 72 h (Chaudhary *et al.*, 2013 ; Zaborowska *et al.*, 2021).

5. Isolement des moisissures à partir des plantes infectées

Cette étape nous a permis de récolter les moisissures responsables des altérations végétales. En effet, la recherche des moisissures phytopathogènes s'est faite au niveau du sol et à partir des plantes infectées.

Des échantillons de fruits et légumes infectés par des moisissures ont été récupérés chez des marchands et transportés dans des sachets au laboratoire (Figure 1). Les mycéliums ont été prélevés près du bec bunsen à l'aide d'une anse de platine et ensemencés par touche sur des boîtes de Pétri contenant la gélose PDA. Les boîtes ont ensuite été incubées dans l'étuve à 25°C pendant 72 h (Pilo *et al.*, 2022).



Figure 1 : Photos des légumes et fruits utilisés comme échantillons ;

(A) Fruit de fraise contaminé (B) Un chou contaminé (C) Un poivre contaminé (D) Un concombre contaminé.

6. Isolement et purification des moisissures

Chaque mycélium qui s'est développé sur les boîtes précédentes a été repiqué sur la gélose Sabouraud. Ce milieu a été choisi car il est non sélectif qui permet la croissance optimale de toutes les moisissures. Des repiquages successifs étaient parfois nécessaires pour arriver à une purification entière des moisissures et à chaque fois, les boîtes étaient incubées à 25°C pendant 72 h. La pureté des mycéliums était vérifiée par observation macroscopique des boîtes à l'œil nu (Bavaro et *al.*, 2017).

7. Identification des moisissures

L'identification des moisissures a été réalisée pour les moisissures isolées du sol et celles prélevées des fruits et légumes. Elle s'est basée sur les caractéristiques microscopiques et macroscopiques de chaque espèce comme décrit par Botton et *al.*, (1990) et Bouchet et *al.*, (2005).

7.1. Caractérisation macroscopique

Les boîtes de Pétri ont été observées minutieusement pour caractériser l'aspect des thalles fongiques. Les caractéristiques recherchées étaient principalement la couleur au recto et au verso du mycélium, sa texture (poudreuse, cotonneuse, aérienne, aplatie, etc.), la présence ou l'absence de l'exsudat, la couleur et la largeur de la marge (Botton et *al.*, 1990 ; Bouchet et *al.*, 2005).

7.2. Caractérisation microscopique

Afin d'observer la morphologie microscopique, un échantillon de chaque moisissure a été prélevé à l'aide d'une anse de platine et déposé sur une lame contenant une goutte d'eau physiologique stérile. Après un léger étalement, la lame a été recouverte par une lamelle.

L'observation microscopique a été effectuée au grossissement x 10 puis x 40 pour noter les caractéristiques microscopiques des thalles (Botton et *al.*, 1990 ; Blaize et *al.*, 2021).

Les principales caractéristiques recherchées étaient :

- L'aspect des filaments qui constituaient le mycélium : thalle septé (cloisonné) ou siphonné, large ou fin, à bords parallèles ou plutôt froissés (en ruban), ramifié ou non, présence des cellules atypiques caractéristiques.

- La morphologie des organes de fructification : les spores pouvaient être endogènes, c'est-à-dire produites dans un sporocyste (sac rempli de spores) et libérées après la maturation ou exogènes, produites directement à l'extérieur du thalle par bourgeonnement. La forme, la taille et la couleur des sporocystes étaient notées dans cette caractérisation.

- L'aspect des spores elles-mêmes était à prendre en considération. Car en effet, elles pouvaient être de forme ronde ou allongée, de taille identique ou variée, lisses ou ornementées, solitaires ou disposées en amas, en chaînettes ou en grappe (Botton et *al.*, 1990 ; Bouchet et *al.*, 2005 ; Blaize et *al.*, 2021).

8. Test de l'antagonisme

Le test de l'antagonisme consistait à mettre deux espèces dans une même boîte de Pétri. Cette dernière devait contenir un milieu qui convenait aux deux et être incubée à une température favorable aux deux espèces aussi. Selon la rapidité de croissance et la capacité à produire des métabolites de défense (arômes, toxines, antibiotiques, etc.), les espèces se développaient différemment et l'une d'elle prenait la dominance sur l'autre. Cette dernière était considérée comme ayant une activité antimicrobienne sur l'autre.

Dans cette étude, les moisissures isolées du sol, des fruits et des légumes ont été identifiées puis divisées en deux groupes : les moisissures bénéfiques aux plantes et les moisissures nuisibles. La division s'est faite en se basant sur les travaux réalisés sur chaque espèce (articles et données bibliographiques).

Dans une boîte de Pétri contenant la gélose Sabouraud, la moisissure bénéfique et la moisissure nuisible ont étéensemencées par touche aux extrémités opposées. Les boîtes ont ensuite été incubées à une température de 25°C jusqu'à ce que le résultat de l'affrontement apparaisse. La durée de l'incubation pouvait aller de 2 à 7 jours (Anith et *al.*, 2021).

9. Test de la résistance des moisissures aux pesticides

Le test de la résistance était fondé sur la croissance des moisissures bénéfiques sur la gélose de Sabouraud qui contenait le pesticide considéré.

Un millilitre de chaque pesticide a été déposée sur une boîte de Pétri, puis une quantité de 10 ml gélose Sabouraud a été rajoutée. Avec de petits mouvements circulaires de la boîte, le pesticide était mélangé et bien reparti dans le milieu. La moisissure testée était alorsensemencée avec une anse de platine sur la surface de la gélose. L'incubation se faisait à 25°C pendant 72 h (Akroum, 2018).

Cinq types des pesticides ont été utilisés dans ce travail. Ils nous ont été fournis par des agriculteurs de la région de Taher, Bachelot et Dakkara et par des marchands de la région de Djemaa Beni Habibi. Les concentrations utilisées pour le teste de la résistance étaient préparées selon les indications des agriculteurs. Dans ce travail, nous avons pris soin de reprendre le même dosage utilisé par les marchands et les agriculteurs qui nous ont fourni ces substances.

Ces pesticides étaient :

Luna Sensation® : un fongicide se composant de deux matières actives qui ont des modes d'action différents et complémentaires : le Fluopyrame et la Trifloxystrobine SC 250. Ce pesticide est formulé en suspension concentrée (SC) pour le contrôle du *Botrytis cinerea* qui infecte les plantes, notamment les vignes (Lv et al., 2022).

Afin de préparer 100 ml de Luna Sensation ®, une quantité de 1,5 ml de ce pesticide a été diluée dans 100 ml de l'eau distillée à l'aide d'une micropipette dans un tube à essai stérile, près du bec bunsen.

Amir® : un insecticide appartenant à la famille du Carbamate. Il est composé de Bifenazate 24%SC qui est une combinaison rentable d'un pyréthrianoïde synthétique et d'un insecticide néonicotinoïde. Ce pesticide sert pour le contrôle des insectes suceurs, broyeurs et lépidoptères nuisibles dans plusieurs types de cultures : la tomate, la pomme de terre, le café, les légumes, le coton et les plantes ornementales (Ma et al., 2021).

Pour préparer 100 ml de la suspension du pesticide Amir®, une quantité de 0,04 ml a été diluée dans 100 ml d'eau distillée à l'aide d'une micropipette dans un tube à essai stérile, près du bec bunsen.

Rivasate® : herbicide organophosphoré polyvalent et non sélectif composé de Glyphosate 360 g/l. Il est utilisé par les agriculteurs et les jardiniers du monde entier depuis plus de 40 ans. Ce pesticide fonctionne en inhibant une enzyme dont les mauvaises herbes ont besoin pour pousser :

la 5-enolpyruvoylshikimate-3-phosphate synthase. Cette enzyme sert à synthétiser les acides aminés aromatiques (Alibhai et Stallings., 2021).

Pour la préparation d'une quantité de 100 ml de cet herbicide, un volume de 1 ml a été ajouté à l'aide d'une micropipette à 100 ml d'eau distillée, et ce dans les conditions d'asepsie.

Hilac® : un insecticide domestique polyvalent très efficace dans la lutte contre les insectes volants (mouches) et rampants (cafards, puce, punaises, fourmis, etc.). Il se compose de deux matières actives provenant de la famille des Pyréthriinoïdes : la cyperméthrine (50 g/l) qui provoque la mort rapide des insectes traités et la tetrametherine (10 g/l) qui est un agent de choc induisant la chute immédiate des insectes traités (Luu et *al.*, 2022).

Pour préparer 100 ml de Hilac®, une quantité de 2 ml de ce pesticide a été diluée dans 100 ml d'eau distillée à l'aide d'une micropipette dans un tube d'essai stérile près du bec bunsen.

Imidor® : un insecticide systémique appartenant à la famille des néonicotinoïdes. Il se compose de l'Imidaclopride 20% sous forme de suspension liquide. Il est utilisé comme traitement des semences du sol ou foliaire dans différentes cultures, comme les légumes, les céréales, les pommes de terre, le coton, le maïs, la betterave sucrière, les agrumes, les fruits à pépins et les fruits à noyaux. Ce pesticide a un pouvoir de protection contre la transmission des virus des plantes en éliminant les parasites vecteurs. Il lutte contre les insectes suceurs et est également efficace contre les insectes du sol ainsi que certaines espèces d'insectes piqueurs. Cet insecticide possède un mode d'action systémique avec une activité translaminaire et une autre stomacale. La plante absorbe cette molécule facilement et la distribue ensuite au niveau des acropétales et des racines. L'insecticide agit alors comme un antagoniste qui se liant aux récepteurs nicotiniques postsynaptiques du système nerveux central des insectes (Derbali et *al.*, 2013).

La préparation d'un volume de 100 ml de la dilution de ce produit a nécessité l'ajout de 0,05 ml de ce pesticide.

Avant l'utilisation, les tubes à essai contenant les suspensions des pesticides ont été fermés, puis stérilisés par autoclavage à 121°C pendant 20 min. Le choix de ces pesticides s'est basé sur le fait que plusieurs études récentes ont révélé que leur éventuelle persistance dans les végétaux après récolte engendrait certaines maladies. Certains travaux ont aussi reporté que les agriculteurs qui ne respectaient pas les protocoles d'utilisation pouvaient être contaminés (Rakitskiy et *al.*, 2017 ; Li et *al.*, 2022 ; Selim et *al.*, 2023).

Résultats et discussion

1. Isolement et purification des moisissures

1.1 Isolement des moisissures du sol

L'isolement des moisissures a été effectué à partir des échantillons de sol prélevés à différentes profondeurs. Une biodiversité fongique assez importante a été observée dans les boîtes de Pétri après une période d'incubation de 72 h. En effet, les champignons avaient une grande variété d'aspects, de textures et de couleurs (Figure 2).

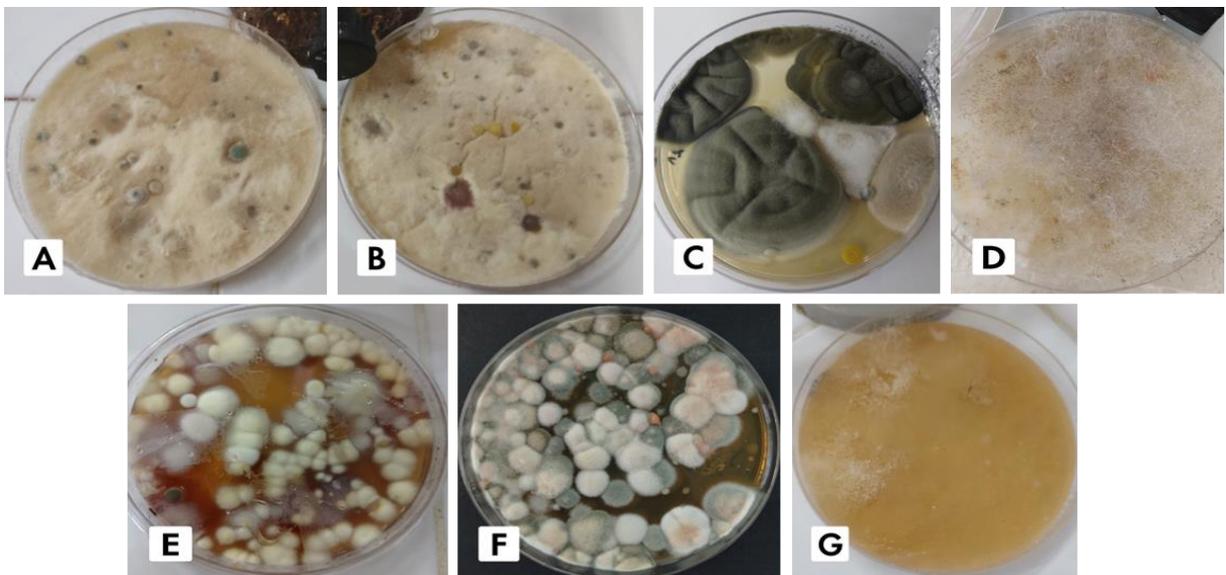


Figure 2 : Les moisissures obtenues à partir des échantillons du sol.

(A) et (B) à partir du sol de fraisier à une profondeur de 7 et 10 cm respectivement, (C) à partir du sol de tomate à une profondeur de 2 cm, (D) à partir du sol de vigne à une profondeur de 2 cm, (E) et (F) à partir du sol de poivrier à une profondeur de 5 et 7 cm respectivement, (G) à partir du sol d'un olivier à une profondeur de 10 cm.

Les résultats de l'isolement ont montré différents mycéliums des moisissures et seulement quelques levures. Dans certaines boîtes, les moisissures ont poussé avec des mycéliums de différentes tailles et surtout de différentes couleurs (Figures 2C, 2E, 2F). D'autres boîtes ont donné des moisissures envahissantes qui ont totalement recouvert la surface de la gélose. (Figures 2A, 2B). L'aspect des moisissures était parfois très aéré (Figure 2D) et des fois dense et compact (Figure 2C). Très peu de boîtes ont donné des colonies de levures. Ces dernières avaient des tailles petites à cause de la présence des moisissures (Figure 2G).

L'isolement des moisissures du sol nous a permis d'observer que ces dernières variaient d'un sol à un autre et d'une profondeur à une autre. Ceci était en accord avec l'étude d'Islam et *al.*, (2019) qui décrivait que le sol contenait une grande diversité des moisissures, et cette diversité variait d'une région à une autre en fonction des propriétés du sol et des conditions physicochimiques de chaque région. Bokade et *al.*, (2021) ont aussi mentionné dans leur étude que les moisissures avaient une grande capacité à tolérer les polluants et à s'adapter avec eux, qu'elles avaient également des mécanismes et des enzymes pour dégrader plusieurs de ces polluants, y compris les pesticides ce qui permettait leur développement et leur dissémination.

1.2 Isolement des moisissures à partir des plantes infectées

Une croissance mycélienne est apparue dans toutes les boîtes de Pétri : six mycéliums ont été isolés. Ils avaient des couleurs, tailles et aspects différents.

Trois moisissures ont été isolées à partir du poivron. La première était blanchâtre, aplatie et dense. La deuxième était beige, cotonneuse et légèrement poudreuse ; deux mycéliums de cette moisissure ont été isolés. Tandis que la troisième était marron, au centre blanc et avait une marge blanchâtre diffuse (Figure 3A). Trois autres moisissures ont été isolées à partir des fraises et des concombres contaminés. Deux moisissures, une de couleur noire et l'autre grise, étaient poudreuse et avaient un contour régulier. La troisième était jaune pâle et avait une texture cotonneuse (Figure 3B). À partir d'un chou infecté, une autre moisissure a été isolée. Elle était blanche avec un aspect cotonneux à laineux, aéré et au centre légèrement surélevé (Figure 3C).

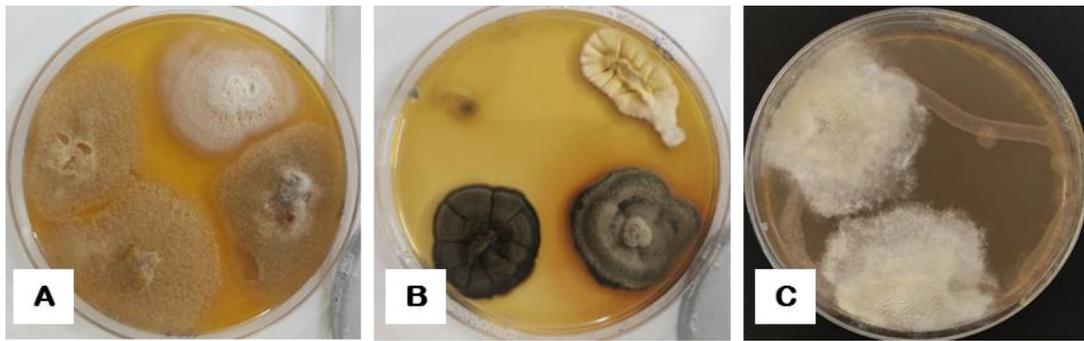


Figure 3 : Les moisissures obtenues à partir des échantillons des fruits et légumes.

(A) à partir d'un poivron contaminé (B) à partir d'un fruit de frais et un concombre contaminé (C) à partir d'un chou contaminé.

Selon Mohammed *et al.*, (2018), la contamination des fruits et légumes par des moisissures et l'apparition de la détérioration fongique étaient reconnues comme une source potentielle de danger pour la santé de l'homme et des animaux. En confirmation de cela, Oza *et al.*, (2021) ont mentionné que l'isolement des moisissures à partir de ces fruits et légumes avait permis d'identifier ces moisissures et d'évaluer différents aspects pathologiques ainsi que de prévenir les maladies fongiques post-récolte des fruits et légumes.

2. Identification des moisissures isolées

Après l'observation des moisissures sur les boîtes de Pétri (caractérisation macroscopique) et sous microscope (observation microscopique) les caractéristiques suivantes ont été observées :

Moisissure 1

Les caractéristiques macroscopiques observées : Le mycélium était vert-gris, de forme circulaire ou irrégulière. Il avait des lobes irréguliers et une forte dissémination sur la boîte de Pétri. Le bord était blanc et fin. Des gouttelettes incolores à légèrement jaunâtres se formaient souvent sur les mycéliums âgés. Le revers du mycélium variait de jaune à marron clair (Figure 4A, 4B).

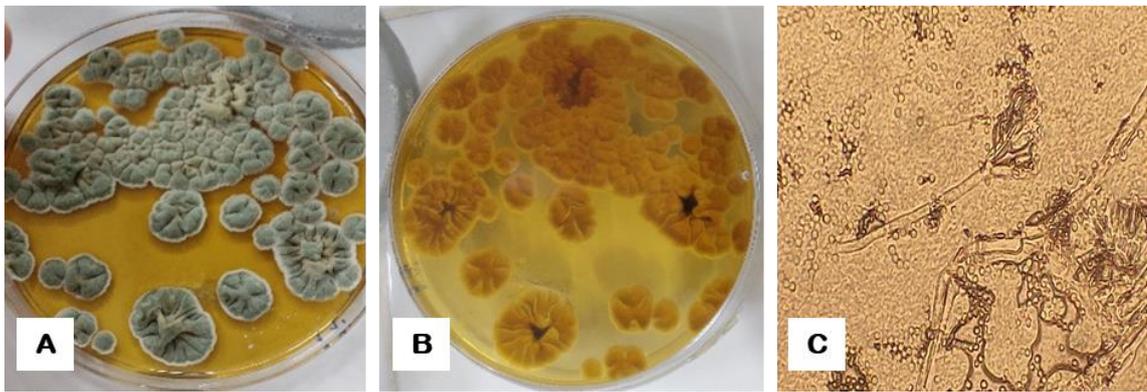


Figure 4 : Caractéristiques macroscopiques et microscopiques de la moisissure 1.

Les caractéristiques microscopiques observées : Les pénicilles étaient asymétriques, souvent complexes et irréguliers, comportant des ramifications fortement divergentes. Les conidiophores étaient sinueux et lisses. Les métules et les phialides étaient très courtes. Les conidies étaient de forme elliptique à subglobuleuse. Elles étaient lisses et disposées en chaînes divergentes (Figure 4C). D'après ces caractéristiques, l'espèce était identifiée comme étant *Penicillium griseofulvum* (Bavaro et *al.*, 2017). Elle était isolée à partir du sol entourant des cultures de tomates.

Moisissure 2

Les caractéristiques macroscopiques observées : Le mycélium était d'abord blanc ou crème, puis devenait gris-brun à brun-olive. Il était de très petite taille, mais avec une dissémination très importante qui lui permettait de recouvrir toute la surface de la boîte en seulement 72 h. des sillons radiaux étaient observés sur chaque mycélium, de même qu'une marge blanche aplatie (Figure 5A). Le revers était beige (Figure 5B). Le revers était beige (Figure 5B).

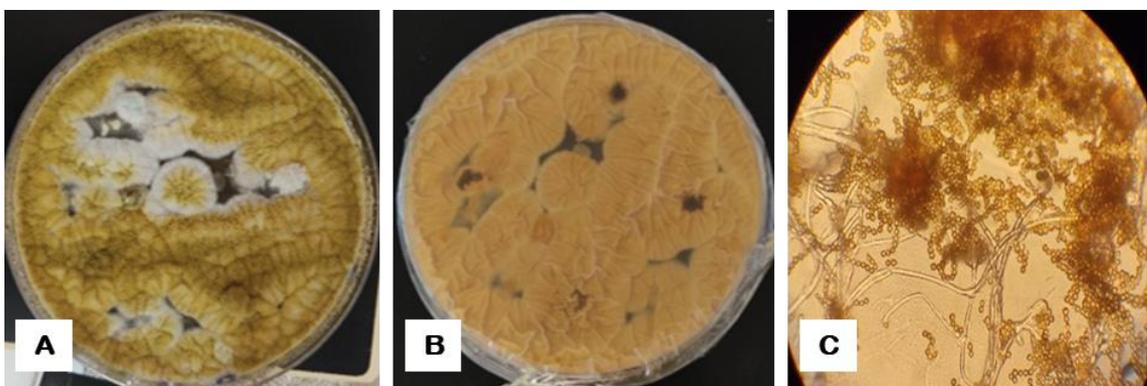


Figure 5 : Caractéristiques macroscopiques et microscopiques de la moisissure 2.

Les caractéristiques microscopiques observées : Les têtes conidiennes étaient bisériées et globuleuses ou subglobuleuses. Elles étaient de couleur marron clair ou jaune. Les conidiophores étaient fins, souvent sinueux, septés et à paroi lisse. Ils étaient hyalins et souvent jaunâtres ou beiges. Les conidies étaient globuleuses, beiges et avaient une paroi foncée échinulée. Elles étaient disposées en chainettes de longueur moyenne (Figure 5C). Ces caractéristiques montraient que l'espèce était *Aspergillus ustus* (Pilo et al., 2022). Elle était isolée à partir d'un sol de poivriers.

Moisissures 3

Les caractéristiques microscopiques observées : Le mycélium aplati et dense, mais surélevés au milieu. Il était légèrement rosâtre avec des bords légèrement blancs. Sa texture était poudreuse. Cette moisissure avait une grande dissémination sur la boîte (Figure 6A). Le revers était jaune à marron (Figure 6B).

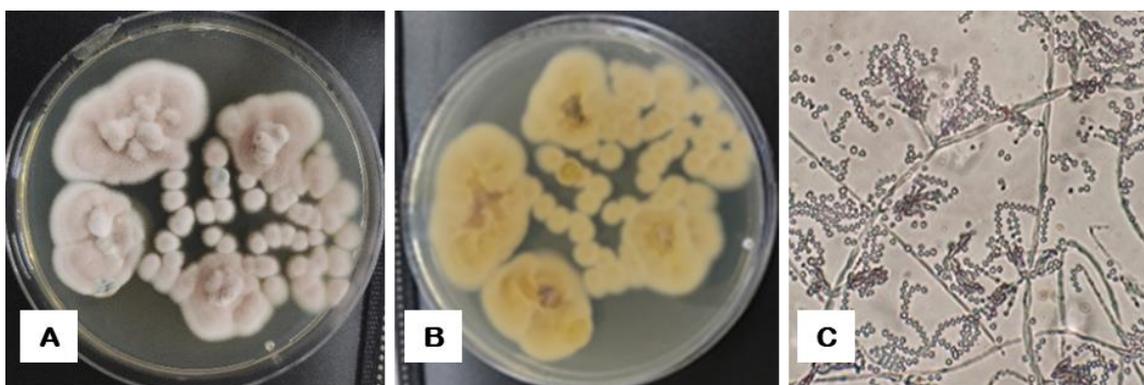


Figure 6 : Caractéristiques macroscopiques et microscopiques de la moisissure 3.

Les caractéristiques microscopiques observées : Le mycélium était septé, formé par des filaments hyalins fins et ramifiés. Les conidiophores étaient des structures hyalines et ramifiées, en forme de tige qui se développaient à partir des hyphes. Ils étaient légèrement courbés. Les conidies étaient généralement de forme globuleuse et regroupées en chaînes à l'extrémité des conidiophores. Elles étaient hyalines dans certaines zones et légèrement colorées dans d'autres, avec une paroi lisse (Figure 6C).

Les caractéristiques de ce mycélium visaient l'espèce *Penicillium armarii* (Visagie et al., 2014). Elle était isolée à partir d'un sol planté de fraisières.

Moisissures 4

Les caractéristiques macroscopiques observées : La croissance de la moisissure était rapide : le mycélium avait complètement recouvert la boîte en 72 h seulement. La moisissure avait différentes couleurs allant du blanc au vert foncé. Elle était aplatie et légèrement cotonneuse (Figure 7A). Le revers était jaune à orange (Figure 7B).

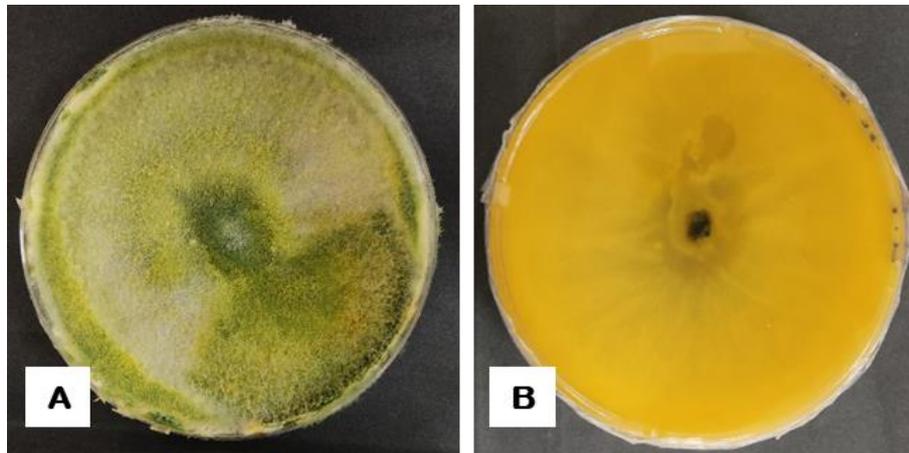


Figure 7 : Caractéristiques macroscopiques de la moisissure 4

(A) recto de la boîte, (B) verso de la boîte

Les caractéristiques microscopiques observées : Le mycélium était septé et de couleur vert. Les conidiophores étaient très ramifiés et enchevêtrés. Ils portaient des phialides ampulliformes et allongées surmontées de conidies. Ces dernières étaient subglobuleuses, lisses et vertes. La moisissure formait aussi des chlamydospores globuleuses (Figure 8).

Les caractéristiques macroscopique et microscopique de cette espèce permettaient d'identifier *Trichoderma harzianum* (Dourou et La Porta., 2023). Elle était isolée à partir d'un sol où étaient plantés des oliviers.

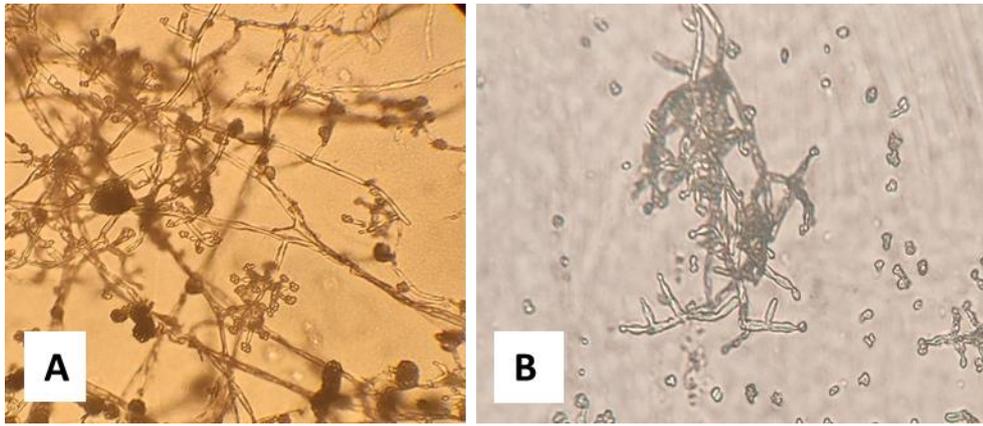


Figure 8 : Observation microscopique de la moisissure 4.

(A) chlamydospores visibles au grossissement $\times 10$, (B) phialides et conidies observées au grossissement $\times 40$

Moisissure 5 :

Les caractéristiques macroscopiques observées : Les mycéliums présentait une croissance rapide avec une texture légèrement granuleuse et poudreuse. Leur couleur variait du jaune à l'ocre, pour ensuite évoluer progressivement vers du vert à mesure qu'ils vieillissaient (Figure 9A). Le revers était incolore à jaune verdâtre (Figure 9B).

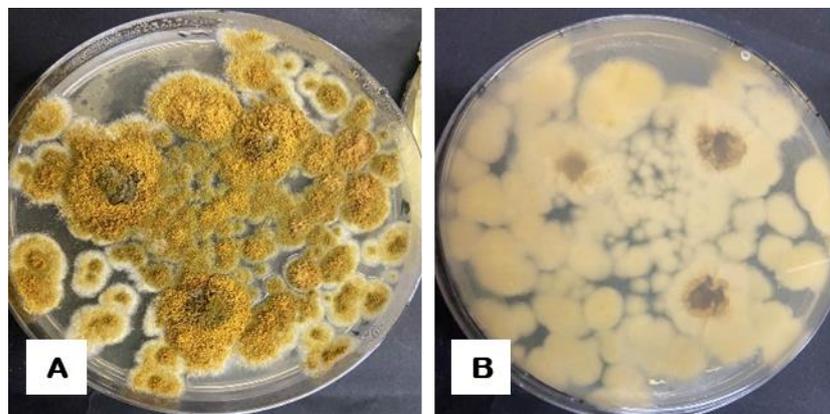


Figure 9 : Caractéristiques macroscopiques de la moisissure 5.

(A) recto de la boite (B) verso de la boite

Les caractéristiques microscopiques observées : Des têtes aspergillaires étaient observées. Elles étaient bisériées et radiées. Le mycélium était septé, peu ramifié et hyalin. Il portait des conidiophores longs, lisses et jaunâtres. La vésicule était arrondie à ovale et les conidies étaient globuleuses et échinulées, disposées en longues chainettes (Figure 10).

Cette l'espèce était identifiée comme étant *Aspergillus versicolor* (Zaborowska et al., 2021). Elle était isolée à partir d'un sol de poivriers.

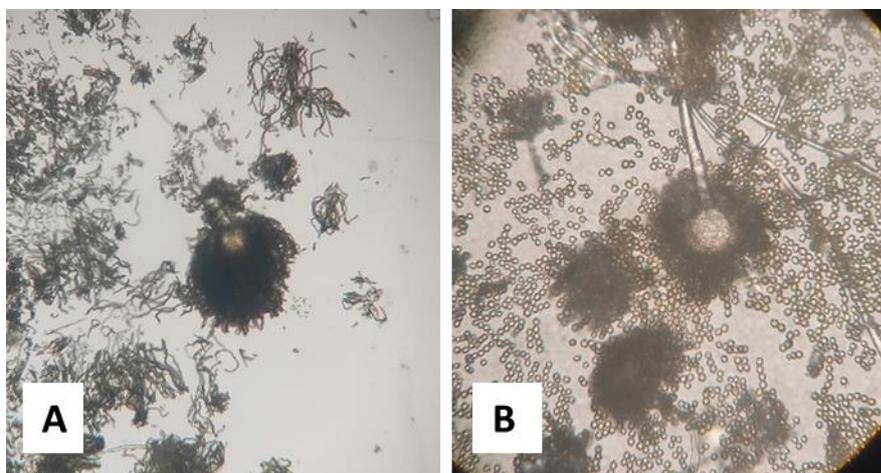


Figure 10 : Observation microscopique de la moisissure 5.

(A) au grossissement $\times 10$, (B) au grossissement $\times 40$

Moisissure 6

Les caractéristiques macroscopiques observées : Cette moisissure était de couleur gris clair, puis elle était devenue vert foncé grisâtre (Figure 11A). Le mycélium était fasciculé, duveteux et dense, divisé par des rayons transversaux. Le revers apparaissait noir (Figure 11B).

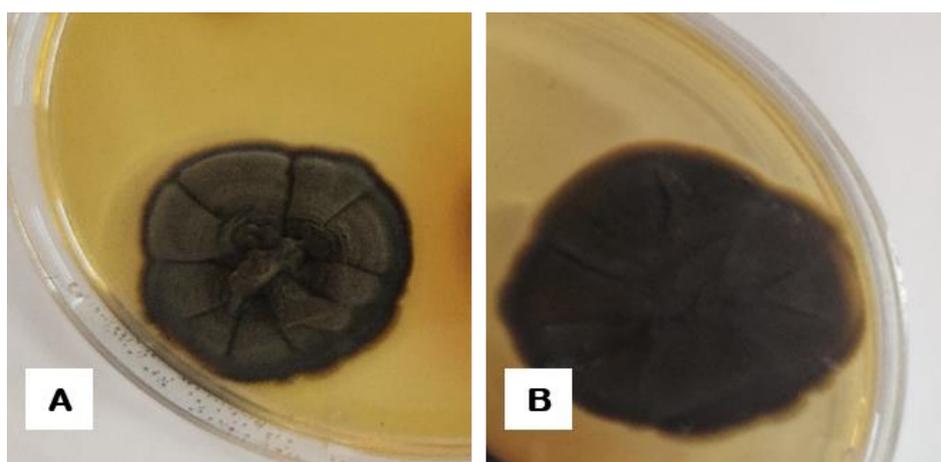


Figure 11 : Observation macroscopique de la moisissure 6.

(A) recto de la boîte, (B) verso de la boîte

Les caractéristiques microscopiques observées : La moisissure présentait un mycélium septé, produisant des dictyospores pluricellulaires brunes et irrégulières. Ces dernières étaient globuleuses, puis devenaient sous forme de bouteilles. Elles étaient isolées ou disposées en chainettes. Elles avaient des cloisons longitudinales et transversales. Les conidiophores, quant à eux, étaient bruns, septés et tortueux (Figure 12).

Ces caractéristiques permettaient d'affirmer que l'espèce était *Alternaria alternata* (Woudenberg et al., 2013). Elle était isolée à partir d'un concombre contaminé.



Figure 12 : Observation microscopique de la moisissure 6 au grossissement $\times 40$.

Moisissure 7

Les caractéristiques macroscopiques observées : La moisissure poussait très rapidement. Elle avait une texture du mycélium laineuse et légèrement poudreuse. Elle était grise à brun jaunâtre (Figure 13A).

Les caractéristiques microscopiques observées : Le mycélium était siphonné, non ramifié et portait des sporocystophores ramifiés larges. Les sporocystes étaient globuleux ou irréguliers. Ils possédaient une columelle globuleuse ou triangulaire. Les spores étaient subglobuleuses unicellulaire, de grande taille, isolées ou disposées en amas. Toutes les structures de la moisissure étaient hyalines et non ornementées (Figure 13B).

D'après ces caractéristiques, l'espèce était identifiée comme étant *Rhizomucor pusillus* (Akashi et al., 2022). Elle était isolée à partir d'un poivron contaminé.

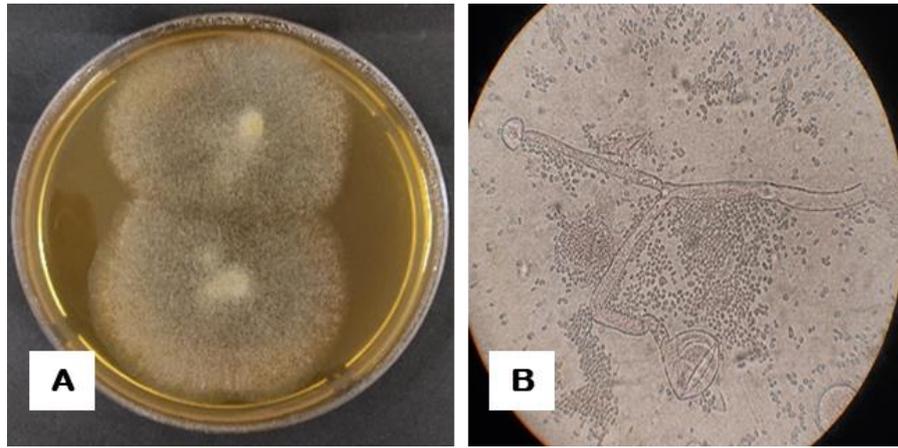


Figure 13 : Caractéristiques macroscopiques et microscopiques de la moisissure 7.

(A) macroscopique, (B) microscopique

Moisissures 8

Les caractéristiques macroscopiques observées : La moisissure avait une grande vitesse de croissance. Elle était cotonneuse, dense, blanche et surélevée au centre (Figure 14A). Le revers était jaune à orange (Figure 14B).

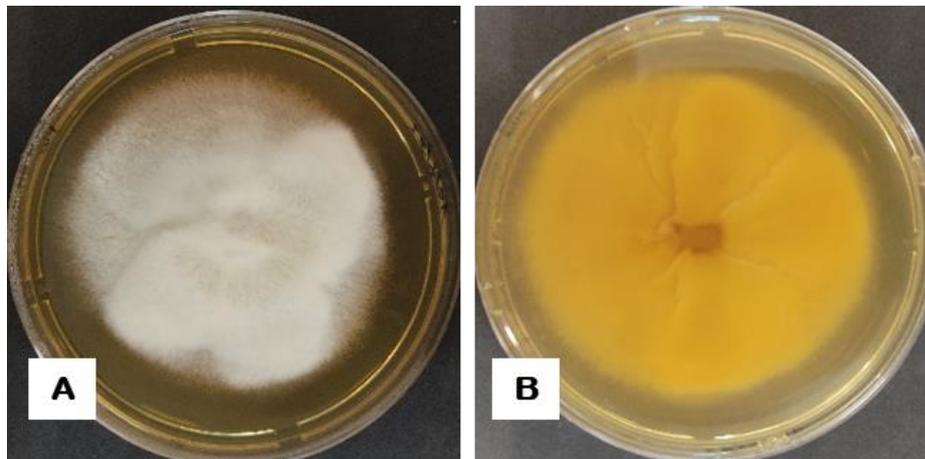


Figure 14 : Observation macroscopique du recto et verso de la boîte de Pétri de la moisissure 8.

(A) recto de la boîte (B) verso de la boîte

Les caractéristiques microscopiques observées : Le mycélium était cloisonné, hyalins et très ramifié. Il avait des sporophores siphonnées, ramifiés et tortueux. La moisissure se reproduisait avec des macroconidies fusiformes, incurvées et septées. Elles avaient de deux à trois septes et étaient disposées en amas (Figure 15).

Les caractéristiques de ce mycélium visaient l'espèce *Fusarium contaminatum* (Lombard et al., 2019). Elle était isolée à partir d'un chou contaminé.

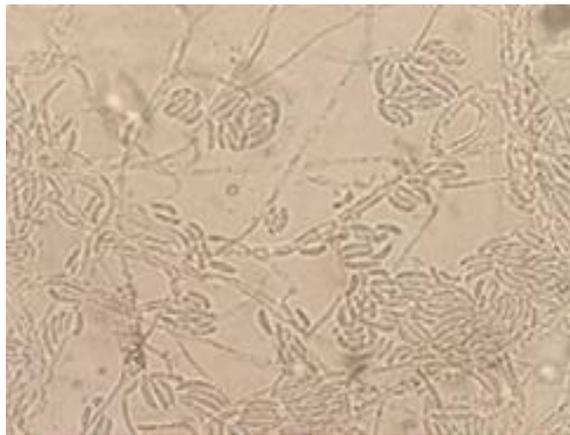


Figure 15 : Observation microscopique de la moisissure 8 au grossissement $\times 40$.

Moisissure 9

Les caractéristiques macroscopiques observées : La moisissure 9 était poudreuse, de couleur blanche. Le mycélium avait des bordures blanches et nettes ; il présentait des franges et un lobe central. Il était aplati, dense et formait quelques gouttes d'exsudant transparent au centre. Le revers du thalle était jaune, d'apparence laiteuse (Figure 16).

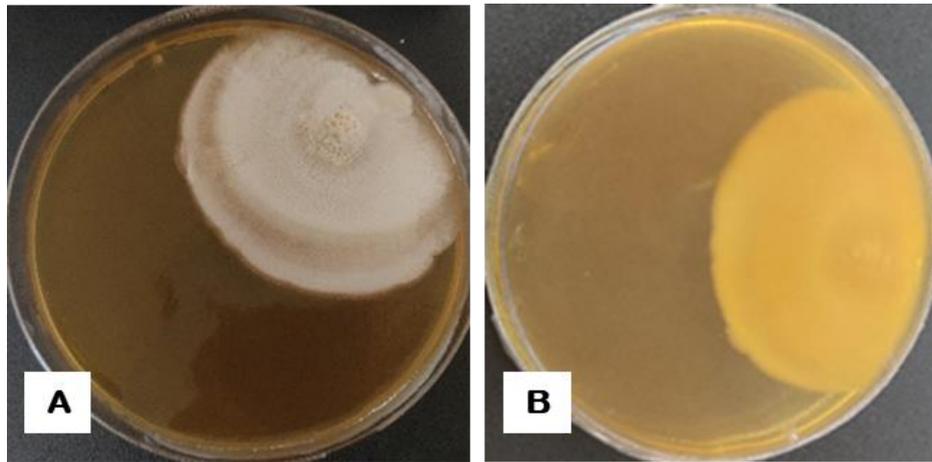


Figure 16 : Observation macroscopique de la moisissure 9.

(A) recto de la boîte, (B) verso de la boîte

Les caractéristiques microscopiques observées : Le mycélium était septé, blanc et avait une paroi foncée et lisse. Il était ramifié et se fragmentait en arthrospores unicellulaires, rectangulaires. Ces cellules de reproduction présentaient des tailles variables, une paroi épaisse et étaient non ornementées. Toutes les structures de la moisissure apparaissaient hyalines sous microscope (Figure 17).

D'après ces caractéristiques, la moisissure 9 était identifiée comme étant *Geotrichum candidum* (Lu et al., 2021). Elle était isolée à partir d'un poivron contaminé.



Figure 17 : Observation microscopique de la moisissure 9 au grossissement $\times 40$.

3. Test de l'antagonisme

3.1. Résultats pour *Penicillium griseofulvum*

P. griseofulvum a inhibé la croissance de *Rhizomucor pusillus*. Elle a donné une croissance sur la moitié de la boîte seulement, mais a limité la croissance du pathogène (Figure 18C). D'un autre côté, *P. griseofulvum* n'avait aucune activité contre *Fusarium contaminatum*, *Alternaria alternata* et *Geotrichum candidum* (Figure 18A, 18B, 18D).

Selon Aris et al., (2022), *P. griseofulvum* était connue par sa production de la griséofulvine qui est un antibiotique fongistatique très utilisé pour le traitement des infections fongiques cutanées chez l'homme et l'animal. Ceci pouvait expliquer l'activité antifongique contre *Rhizomucor pusillus* et surtout son inhibition à distance, sans qu'il y ait contact entre les deux moisissures.

Aussi, les études de Sujatha et al., (2021) ont révélé que *P. griseofulvum* était capable d'induire une grande résistance aux pathogènes chez les plantes : le traitement des graines végétaux par *P. griseofulvum* induisait efficacement une résistance aux maladies fongiques avec une protection de 65,5 % contre l'agent pathogène envahisseur.

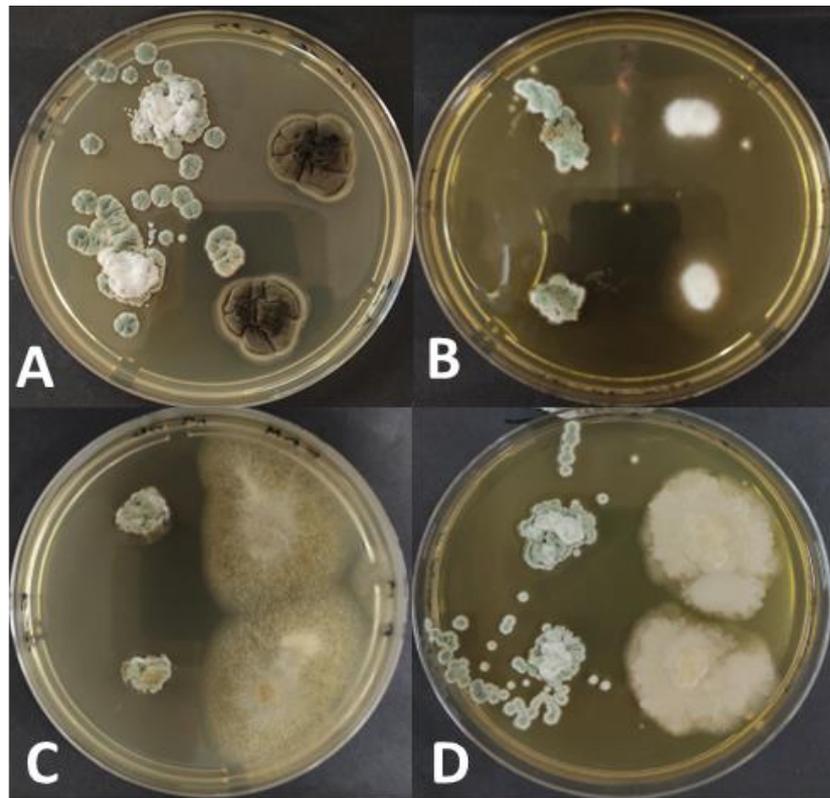


Figure 18 : Affrontement entre *Penicillium griseofulvum* et les espèces fongiques pathogènes.

(A) contre *Alternaria alternata*, (B) contre *Fusarium contaminatum*, (C) contre *Rhizomucor pusillus*, (D) contre *Geotrichum candidum*.

3.2. Résultats pour *Aspergillus ustus*

Aspergillus ustus a donné une dominance mycélienne contre *Alternaria alternata*, *Fusarium contaminatum* et *Geotrichum candidum*. En effet, la croissance de ces dernières a été fortement limitée par la présence d'*Aspergillus ustus* (Figure 19). *Rhizomucor pusillus* était la seule espèce résistante car l'observation de la boîte a démontrée qu'aucune moisissure n'a dominée l'autre (Figure 19C).

Les études ont démontré que l'activité d'*Aspergillus ustus* reposait sur la production des métabolites secondaires antifongiques, dont les mycotoxines et l'acide cyanhydrique. Cette moisissure était de ce fait très connue en bioremédiation et biocontrôle. Elle était notamment utilisée pour la protection des cultures contre les attaques fongiques (Potshangbam et *al.*, 2017).

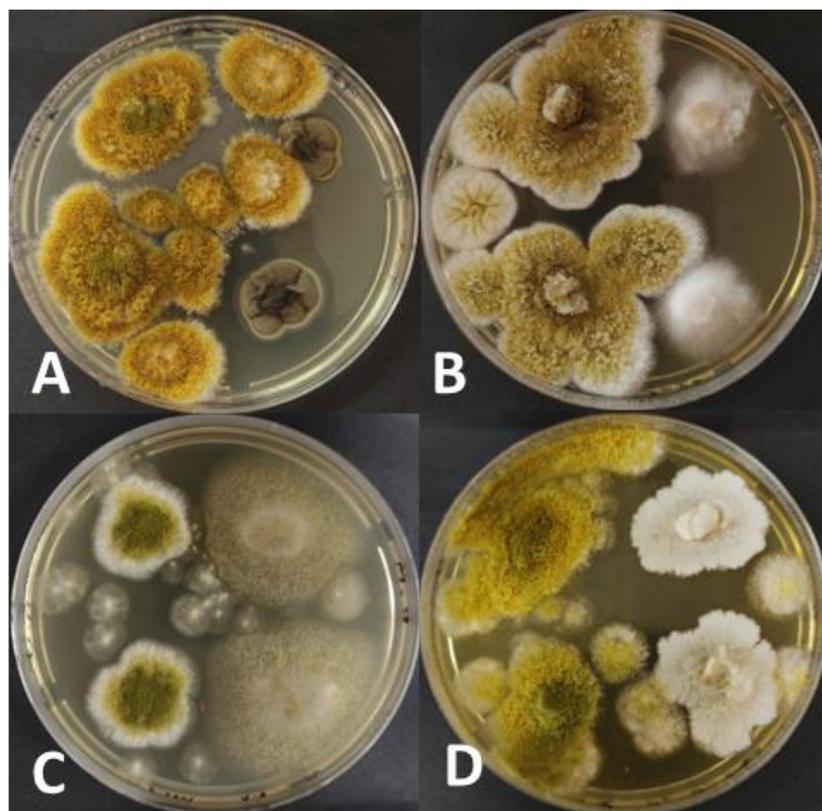


Figure 19 : Affrontement entre *Aspergillus ustus* et les espèces fongiques pathogènes. (A) contre *Alternaria alternata*, (B) contre *Fusarium contaminatum*, (C) contre *Rhizomucor pusillus*, (D) contre *Geotrichum candidum*.

3.3. Résultats pour *Penicillium armarii*

Penicillium armarii a présenté une forte dominance mycélienne face à *Alternaria alternata*. Il a arrêté entièrement la croissance de cette dernière (Figure 20A). Par contre aucune activité antifongique n'a été observée contre *Fusarium contaminatum*, *Rhizomucor pusillus* et *Geotrichum candidum* (Figure 20).

Selon certaines études, *Penicillium armarii* avait la capacité d'inhiber les moisissures par la production des métabolites secondaires antifongiques volatiles (Oufensou et al., 2023). Cette capacité lui permettait de jouer un rôle important dans la protection des végétaux, au même titre que plusieurs espèces du genre *Penicillium* (Win et al., 2021).

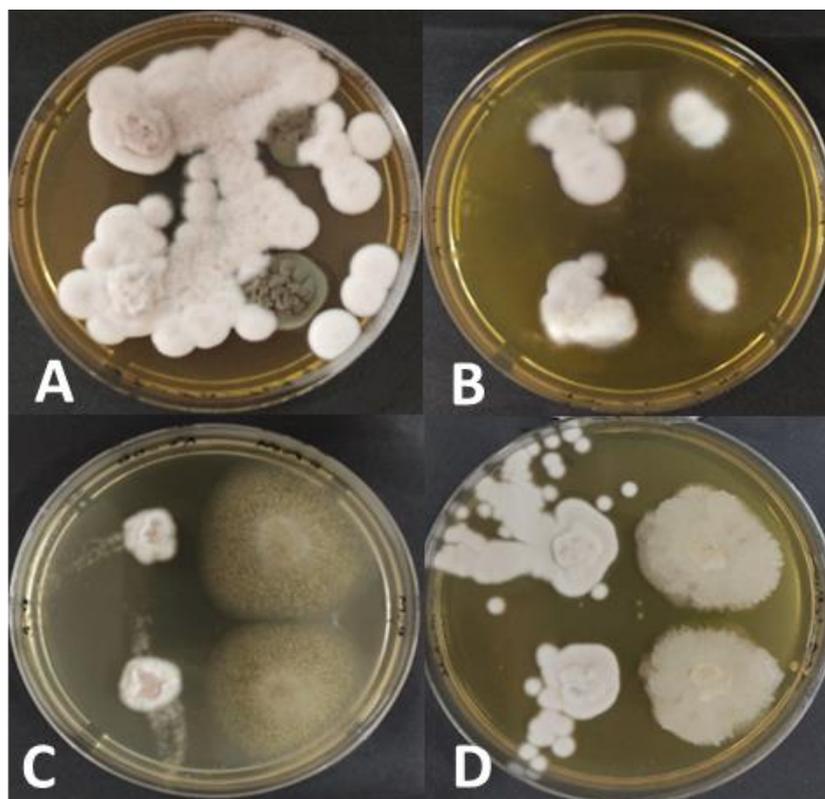


Figure 20 : Affrontement entre *Penicillium armarii* et les espèces fongiques pathogènes. (A) contre *Alternaria alternata*, (B) contre *Fusarium contaminatum*, (C) contre *Rhizomucor pusillus*, (D) contre *Geotrichum candidum*.

3.4. Résultats pour *Trichoderma harzianum*

Trichoderma harzianum a donné une dominance contre toutes les espèces testées avec un envahissement total de la boîte de Pétri. En effet, au bout de 72 h seulement, cette moisissure a occupé toute la surface des boîtes, bloquant ainsi la croissance des pathogènes *Alternaria alternata*, *Rhizomucor pusillus*, *Fusarium contaminatum* et *Geotrichum candidum* (Figure 21).

Les résultats obtenus pouvaient s'expliquer par le fait que *Trichoderma harzianum* produisait de nombreux métabolites secondaires volatils et non volatils qui avaient une forte activité antifongique, tels que les acides phénoliques, les flavonoïdes, les alcaloïdes, les tanins, les extraits d'acétate d'éthyle et de n-butanol (Lakhdari *et al.*, 2023 ; Hlaiem *et al.*, 2023).

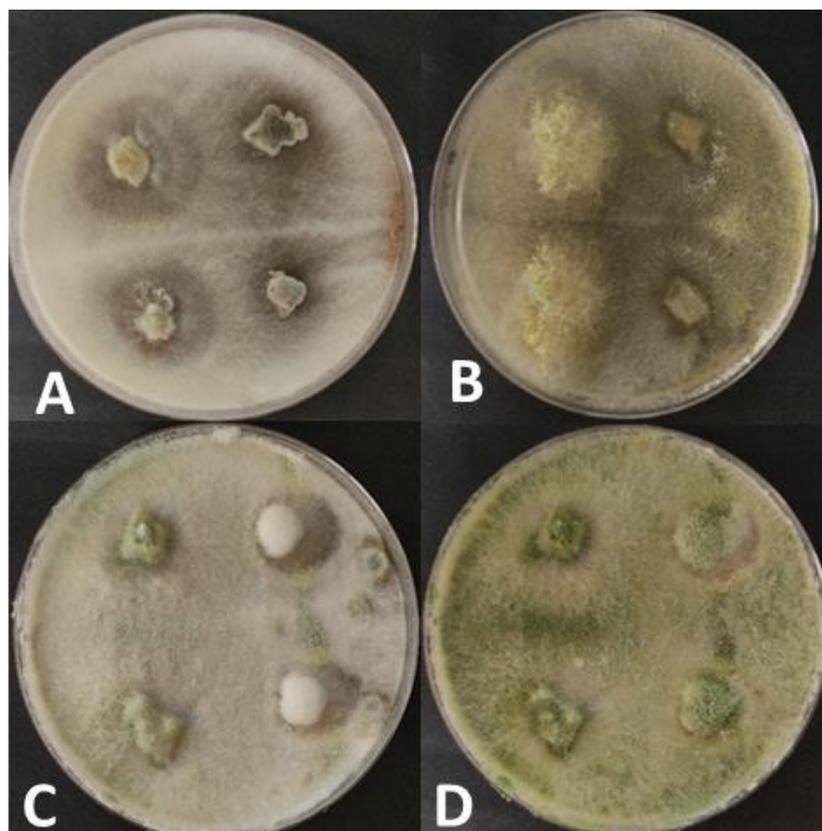


Figure 21 : Affrontement entre *Trichoderma harzianum* et les espèces fongiques pathogènes. (A) contre *Alternaria alternata*, (B) contre *Rhizomucor pusillus*, (C) contre *Fusarium contaminatum*, (D) contre *Geotrichum candidum*.

3.5. Résultats obtenus pour *Aspergillus versicolor*

Aspergillus versicolor a donné une forte croissance face à *Alternaria alternata*. Elle a bloqué la croissance de cette dernière avec une dominance mycélienne observée sur la totalité de la boîte (Figure 22A). *Aspergillus versicolor* a aussi bloqué la croissance de *Fusarium contaminatum* mais avec une plus faible activité car sa dominance était limitée comparée au premier affrontement (Figure 22B).

D'autre part, *Aspergillus versicolor* a donné une croissance égale face à *Geotrichum candidum* et *Rhizomucor pusillus*. Aucune dominance mycélienne n'a été observée contre ces deux phytopathogènes. *Aspergillus versicolor* n'avait donc aucune activité antifongique sur eux (Figure 22C, 22D).

Selon Mohamed et al., (2020), *Aspergillus versicolor* est une moisissure terrestre commune qui a montré une grande capacité à produire des mycotoxines. Ceci pouvait expliquer les résultats que

nous avons obtenus. Aussi, Khan et ses collaborateurs (2022) ont évalué l'efficacité antagoniste d'*Aspergillus versicolor* contre les agents pathogènes destructeurs des plantes et des graines. Et leurs études ont démontré que cette moisissure avait une puissante activité antifongique et était capable de réduire la croissance des pathogènes de 60 % par rapport au contrôle.

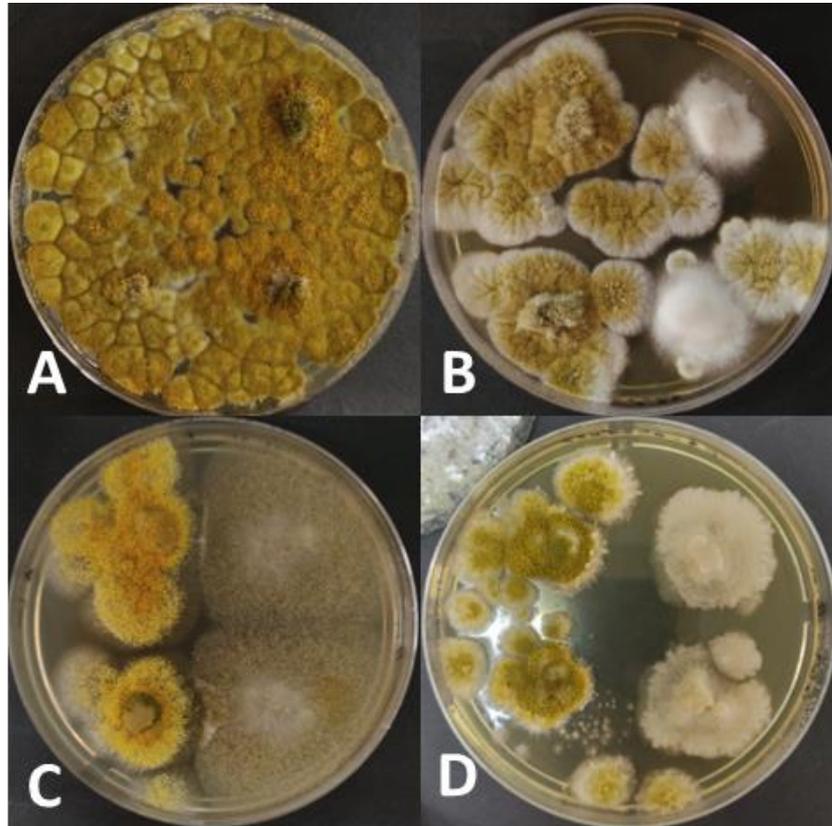


Figure 22 : Affrontement entre *Aspergillus versicolor* et les espèces fongiques pathogènes. (A) contre *Alternaria alternata*, (B) contre *Fusarium contaminatum*, (C) contre *Rhizomucor pusillus*, (D) contre *Geotrichum candidum*.

4. Résistance des moisissures aux pesticides

Les résultats obtenus pour le test de résistance aux pesticides sont les suivants :

4.1. *Penicillium griseofulvum*

La moisissure a montré une croissance importante dans les boîtes de Pétri contenant les pesticides Amir®, Rivasate®, Hilac®, Imidor® et Luna sansation®. Le mycélium est apparu au bout de six jours de culture. D'un autre côté, dans la boîte contenant le fongicide Luna sansation®, la croissance était présente mais plus lente, nécessitant 12 jours pour le développement du mycélium (Figure 23).

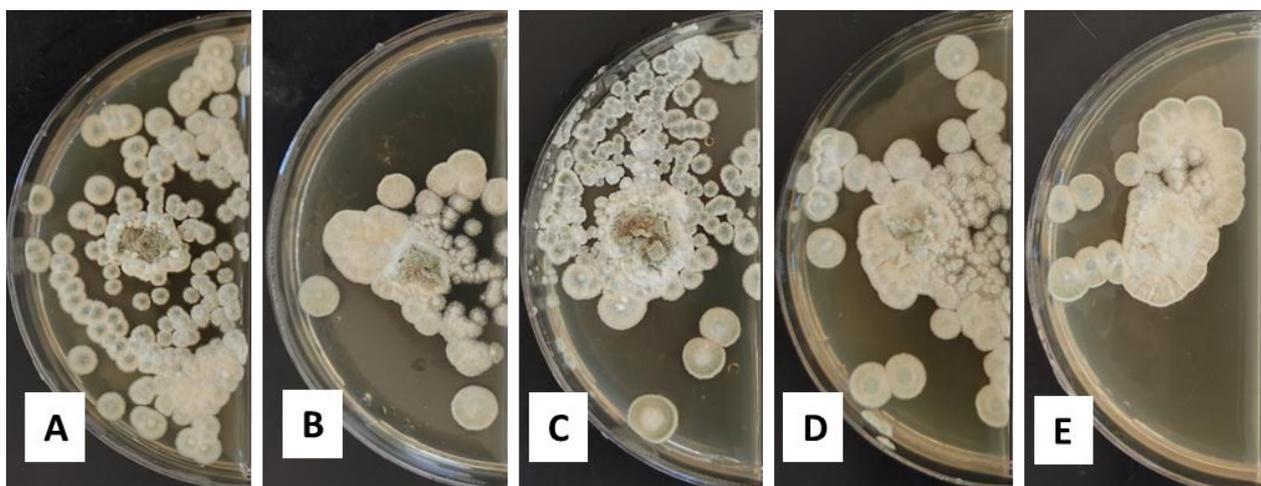


Figure 23 : Culture de *Penicillium griseofulvum* dans des milieux de culture contenant les pesticides.

(A) pesticide Amir®, (B) pesticide Rivasate®, (C) pesticide Hilac®, (D) pesticide Imidor®, (E) pesticide Luna sansation®.

4.2. *Aspergillus ustus*

Aspergillus ustus a donné une croissance sur l'ensemble des boîtes contenant les pesticides. La culture de la moisissure était très rapide, nécessitant à peine 72 h pour donner un mycélium bien clair. Et ce notamment sur la boîte contenant le pesticide Imidor®, où nous avons observé que le mycélium recouvrait la quasi-totalité de la surface de la gélose. La gélose contenant le fongicide Luna sansation® était le milieu le plus défavorable, car la moisissure a donné un mycélium de 1 cm en 12 jours d'incubation (Figure 24).

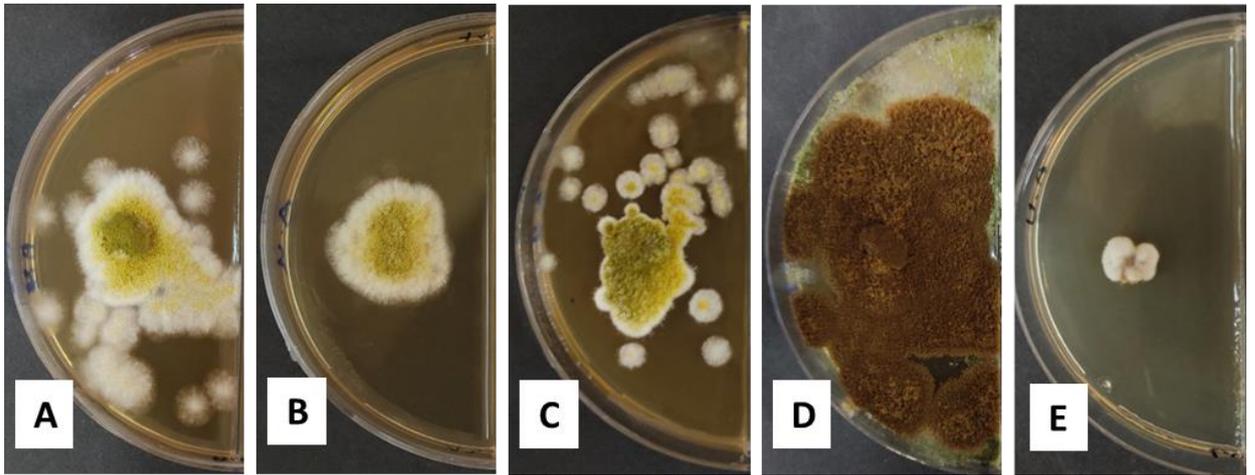


Figure 24 : Culture d'*Aspergillus ustus* dans des milieux de culture contenant les pesticides.

(A) pesticide Amir®, (B) pesticide Rivasate®, (C) pesticide Hilac®, (D) pesticide Imidor®, (E) pesticide Luna sansation®.

4.3. *Penicillium armarii*

La moisissure a donné croissance sur toutes les boîtes après cinq jours d'incubation (Figure 25). Toutefois, les mycéliums avaient un faible développement sur tous les pesticides testés, démontrant que ces derniers ralentissaient fortement la croissance de *Penicillium armarii*.

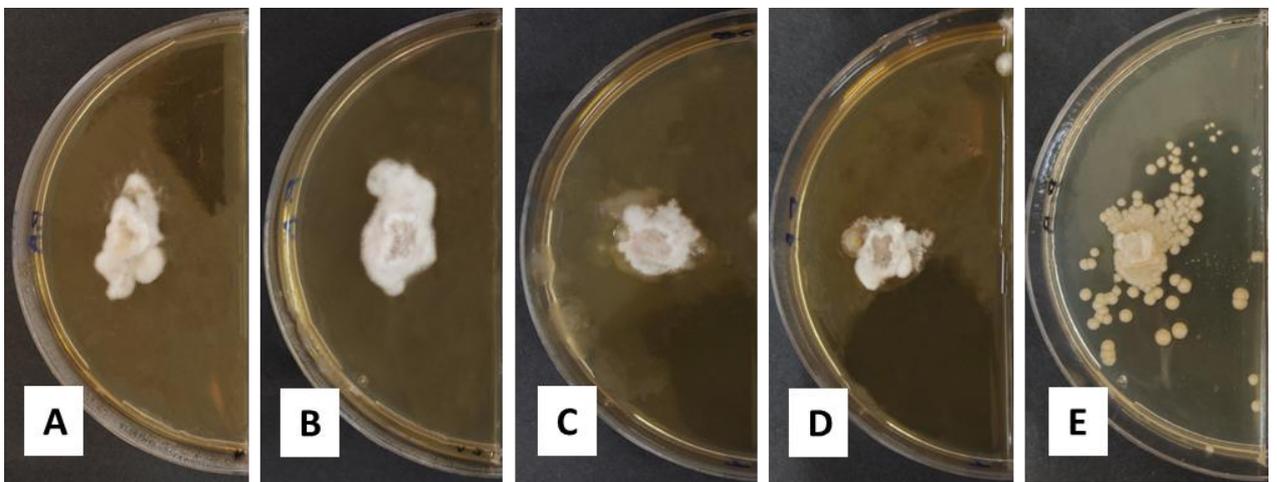


Figure 25 : Culture de *Penicillium armarii* dans des milieux de culture contenant les pesticides.

(A) pesticide Amir®, (B) pesticide Rivasate®, (C) pesticide Hilac®, (D) pesticide Imidor®, (E) pesticide Luna sansation®.

4.4. *Trichoderma harzianum*

Trichoderma harzianum a démontré une grande capacité à se développer rapidement dans les boîtes contenant les pesticides Amir®, Rivasate® et Imidor®, et ce en 72 h seulement (Figures 26A, 26B, 26D). Sur les géloses contenant les pesticides Hilac® et Luna sansation®, la croissance était plus lente et plus localisée (Figures 26C, 26E).

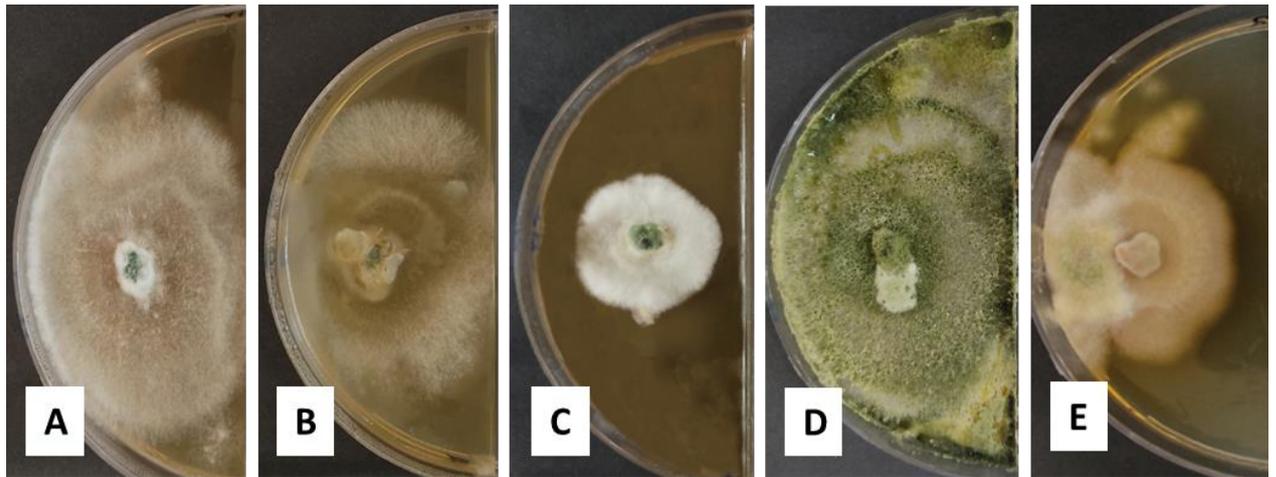


Figure 26 : Culture de *Trichoderma harzianum* dans des milieux de culture contenant les pesticides.

(A) pesticide Amir®, (B) pesticide Rivasate®, (C) pesticide Hilac®, (D) pesticide Imidor®, (E) Luna sansation®.

4.5. *Aspergillus versicolor*

La moisissure a donné une rapide croissance sur toutes les boîtes utilisées. Mais le développement de la moisissure était important seulement en présence des pesticides Amir® et Hilac®. Les autres molécules ont fortement limité la croissance de la moisissure (Figure 27).

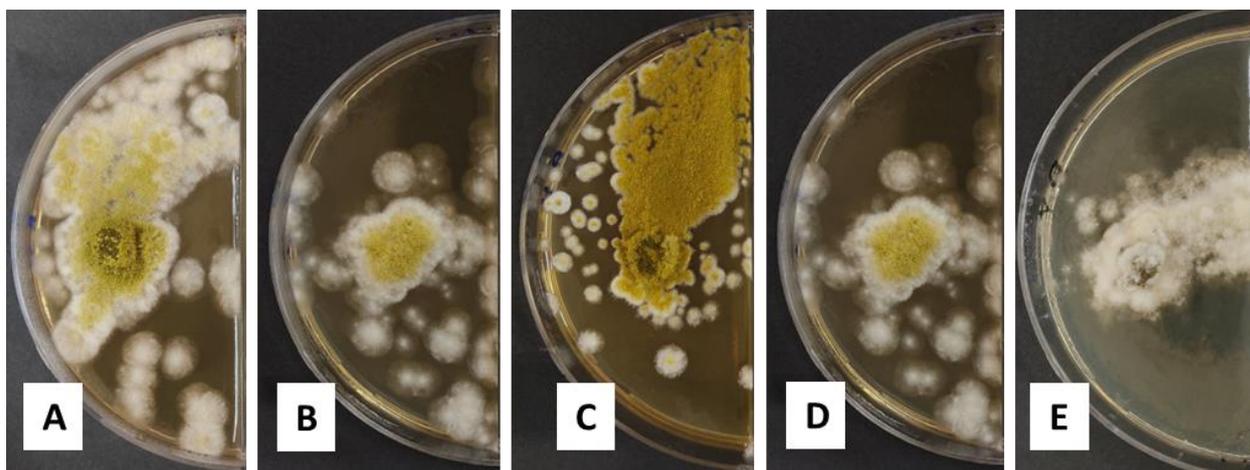


Figure 27 : Culture d'*Aspergillus versicolor* dans des milieux de culture contenant les pesticides.

(A) pesticide Amir®, (B) pesticide Rivasate®, (C) pesticide Hilac®, (D) pesticide Imidor®, (E) pesticide Luna sensation®.

D'après les résultats obtenus, les cinq moisissures testées ont donné une croissance sur tous les pesticides utilisés. Indiquant que ces derniers n'ont pas pu inhiber leur culture. Néanmoins, la croissance était plus importante sur le pesticide Amir® et Hilac®. En effet ces derniers n'avaient aucune activité sur toutes les moisissures utilisées.

Trichoderma harzianum était la moisissure qui a donné la plus grande croissance sur tous les pesticides. Elle a démontré la capacité de résister à ces molécules et aussi la possibilité de les dégrader. D'un autre côté, *Penicillium armarii* était la moisissure la plus sensible aux pesticides. Sa croissance était limitée en présence des cinq molécules. Ce qui indiquait que cette espèce était incapable de tolérer la présence d'Amir®, Rêvassâtes®, Hila®, Isidore® et Luna sensation®. Ces molécules avaient donc toutes une activité antifongique sur la moisissure.

Selon certaines études, *Trichoderma harzianum* était capable de tolérer de hautes concentrations en différents types de pesticides, et même la capacité de les dégrader puis l'utiliser comme source de carbone, de phosphore ou d'azote (Swe et al., 2020 ; Castrejón-Godínez et al., 2021 ; Mendarte-Alquisira et al., 2023).

Selon certaines études, *Trichoderma harzianum* était capable de tolérer de hautes concentrations en différents types de pesticides, et même la capacité de les dégrader puis les utiliser comme source de carbone, de phosphore ou d'azote (Swe et al., 2020 ; Mendarte-Alquisira et al., 2023). D'autres contributions ont démontré que *Trichoderma harzianum* était capable de réduire l'herbicide glyphosate d'environ 67,1%. Aussi, cette espèce présentait un pourcentage plus élevé d'efficacité de réduction de 12.39 mg / kg de l'imidaclopride dans la plante de l'*Oryza sativa*

(Castrejón-Godínez et al., 2021 ; Sandoval et al., 2021). De plus, elle tolérait la présence de concentrations élevées en pyréthiniodes et surtout en β -cyperméthrine (Leskovac et Petrović, 2023). Les résultats des études en laboratoire ont montré que la plus grande décomposition du fluopyrane et du tébuconazole a été observée dans les tests avec *Trichoderma harzianum* dans une fourchette de 74,3 à 81,5 % et de 44,5 à 49,2 % (Podbielska et al., 2023).

Selon les études de Mohapatra et al. (2022), plusieurs espèces d'*Aspergillus* étaient largement utilisées pour dégrader presque tous les types de pesticides présents dans le sol. D'autres études affirmaient même que les souches appartenant au genre *Aspergillus* étaient capables non seulement de dégrader les pesticides, mais aussi de les utiliser comme source de carbone et de phosphore (Spinelli et al., 2021 ; Barman et al., 2023). Ceci était le cas pour les souches appartenant à l'espèce *Aspergillus versicolor* (Montoya et al., 2020 ; Korbecka-Glinka et al., 2022 ; Li et al., 2022).

D'autres études ont confirmé la capacité d'*Aspergillus versicolor* de tolérer la présence du fongicide fluopyrame et le dégrader partiellement (Korbecka-Glinka et al., 2022 ; Li et al., 2022). Selon Montoya et al., (2020), *Aspergillus versicolor* était l'une des moisissures qui avaient une capacité remarquable à tolérer et dégrader l'insecticide bifénazate.

Selon les travaux de Rigolin (2019) et Dey et al., (2023), les souches appartenant à *Aspergillus ustus* étaient hautement qualifiées pour la remédiation des sols contaminés par des pesticides. En effet, cette espèce était utilisée pour nettoyer les sols contaminés par les différents pesticides responsables de la pollution, notamment par la cyperméthrine, le glyphosate et l'imidaclopride qui sont les molécules les plus persistantes dans les sols (Nayak et al., 2020 ; Spinelli et al., 2021 ; Dey et al., 2023).

Conclusion

L'isolement à partir du sol a permis d'avoir plusieurs mycéliums fongiques et seulement quelques colonies de levures. Les moisissures isolées étaient identifiées comme étant *Trichoderma harzianum*, *Aspergillus ustus*, *Aspergillus versicolor*, *Penicillium griseofulvum* et *Penicillium armarii* et celles isolées des plantes infectées étaient *Alternaria alternata*, *Rhizomucor pusillus*, *Fusarium contaminatum* et *Geotrichum candidum*.

L'affrontement des moisissures bénéfiques contre les pathogènes a démontré que *Trichoderma harzianum* était capable d'inhiber toutes les espèces néfastes. Par contre, les autres moisissures avaient une activité sélective contre des phytopathogènes spécifiques : *Aspergillus ustus* était active contre *Alternaria alternata*, *Fusarium contaminatum* et *Geotrichum candidum* ; *Aspergillus versicolor* a bloqué la croissance d'*Alternaria alternata* et *Fusarium contaminatum* ; *Penicillium armarii* a n'inhibé la croissance de *Alternaria alternata* seulement et *Penicillium griseofulvum* était active uniquement contre *Rhizomucor pusillus*.

Les espèces *Trichoderma harzianum*, *Aspergillus ustus*, *Aspergillus versicolor*, *Penicillium griseofulvum* et *Penicillium armarii* ont pu croître dans des géloses contenant les pesticides Amir®, Rivasate®, Hilac®, Imidor® et Luna sansation®. Ceci indiquait que ces espèces pouvaient tolérer la présence de ces pesticides.

Toutefois, *Trichoderma harzianum* a donné les meilleurs taux de croissance sur les cinq pesticides. Par contre *Penicillium armarii* a donné les plus faibles croissances. Le pesticide qui a limité le plus le développement des moisissures était Luna Sensation®, un fongicide composé du Fluopyrame et de la Trifloxystrobine SC 250.

Références bibliographiques

- Abubakar, Y., Tijjani, H., Egbuna, C., Adetunji, C. O., Kala, S., Kryeziu, T. L. & Patrick-Iwuanyanwu, K. C. (2020). Pesticides, history, and classification. In *Natural remedies for pest, disease and weed control* 29-42. Academic Press.
- Adetunji, C. O., Oloke, J. K., & Osemwegie, O. O. (2018). Environmental fate and effects of granular pest formulation from strains of *Pseudomonas aeruginosa* C1501 and *Lasiodiplodia pseudotheobromae* C1136 on soil activity and weeds. *Chemosphere*, 195, 98-107.
- Akashi, N., Okada, A., Nakamura, K., Masuda, T., Kuroda, M., Hanafusa, Y., & Shibahara, T. (2022). Bovine Pulmonary Mucormycosis by *Rhizomucor pusillus*. *Mycopathologia*, 187(2-3), 317–320.
- Akroum S. (2018). Antifungal activity of *Camellia sinensis* crude extracts against four species of *Candida* and *Microsporium persicolor*. *Journal de mycologie medicale*, 28(3), 424–427.
- Alengebawy, A., Abdelkhalek, S. T., Qureshi, S. R., & Wang, M. Q. (2021). Heavy metals and pesticides toxicity in agricultural soil and plants: Ecological risks and human health implications. *Toxics*, 9(3), 42.
- Alibhai, M. F., & Stallings, W. C. (2001). Closing down on glyphosate inhibition--with a new structure for drug discovery. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(6), 2944–2946.
- Anith, K. N., Nysanth, N. S., & Natarajan, C. (2021). Novel and rapid agar plate methods for in vitro assessment of bacterial biocontrol isolates' antagonism against multiple fungal phytopathogens. *Letters in applied microbiology*, 73(2), 229–236.
- Aris, P., Wei, Y., Mohamadzadeh, M., & Xia, X. (2022). Griseofulvin: An updated overview of old and current knowledge. *Molecules*, 27(20), 7034.
- Barman, S., Chowdhury, R., & Bhattacharya, S. S. (2023). Fungal-Based Land Remediation. In *Bio-Inspired Land Remediation*. 165-188. Cham: Springer International Publishing.
- Bautista, J., & Moreno, I. (2021). Impact of pesticide exposure among rural and urban female population. An overview. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(18), 9907.

- Bavaro, S. L., Susca, A., Frisvad, J. C., Tufariello, M., Chytiri, A., Perrone, G., Mita, G., Logrieco, A. F., & Bleve, G. (2017). Isolation, Characterization, and Selection of Molds Associated to Fermented Black Table Olives. *Frontiers in microbiology*, *8*, 1356.
- Beffa, R., Menne, H., & Köcher, H. (2019). Herbicide resistance action committee (HRAC): herbicide classification, resistance evolution, survey, and resistance mitigation activities. *Modern crop protection compounds*, *3*, 5-32.
- Bhandari, S., Poudel, D. K., Marahatha, R., Dawadi, S., Khadayat, K., Phuyal, S., Parajuli, N. (2021). Microbial enzymes used in bioremediation. *Journal of Chemistry*, *2021*, 1-17.
- Blaize, M., Normand, A. C., Fekkar, A., Piarroux, R. (2021). Identification des moisissures au laboratoire de routine hospitalière. *Revue Francophone des Laboratoires*, *2021(529)*, 58-65.
- Bokade, P., Purohit, H. J., & Bajaj, A. (2021). Myco-remediation of chlorinated pesticides: insights into fungal metabolic system. *Indian Journal of Microbiology*, *61*, 237-249.
- Botton B, Breton A, Fevre M, Gauthier S, Guy Ph, Larpent JP, Reymond P, Sanglier Bouchet P, Guignard JL, Pouchus YF. (1990). *Les champignons : Mycologie fondamentale et appliquée*. Editions Masson, France, 3-70.
- Bouchet, P., Guignard, P.L., Pouchus, I.V., Villard, J. (2005). *Les champignons. Mycologie fondamentale et appliquée*. Editions Masson, France, 50-200.
- Buszewski, B., Bukowska, M., Ligor, M., & Staneczko-Baranowska, I. (2019). A holistic study of neonicotinoids neuroactive insecticides—properties, applications, occurrence, and analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, *26*, 34723-34740.
- Castrejón-Godínez, M. L., Tovar-Sánchez, E., Valencia-Cuevas, L., Rosas-Ramírez, M. E., Rodríguez, A., & Mussali-Galante, P. (2021). Glyphosate pollution treatment and microbial degradation alternatives, a review. *Microorganisms*, *9(11)*, 2322.
- Chaudhari, Y. S., Kumar, P., Soni, S., Gacem, A., Kumar, V., Singh, S., Yadav, K. K. (2023). An inclusive outlook on the fate and persistence of pesticides in the environment and integrated eco-technologies for their degradation. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 116449.
- Chaudhary, H. S., Yadav, J., Shrivastava, A. R., Singh, S., Singh, A. K., & Gopalan, N. (2013). Antibacterial activity of actinomycetes isolated from different soil samples of Sheopur (A city of central India). *Journal of advanced pharmaceutical technology & research*, *4(2)*, 118–123.
- Colquhoun, J. B., Heider, D. J., & Rittmeyer, R. A. (2017). Seed potato growth and yield as

affected by mother plant exposure to herbicides. *Weed Technology*, 31(1), 136-147.

- Dahiri, B., Martín-Reina, J., Carbonero-Aguilar, P., Aguilera-Velázquez, J. R., Bautista, J., & Moreno, I. (2021). Impact of pesticide exposure among rural and urban female population. An overview. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(18), 9907.
- Derbali, M., Chelbi, I., Cherni, S., Barhoumi, W., Boujaâma, A., Raban, R., Poché, R., & Zhioua, E. (2013). Évaluation au laboratoire et sur le terrain de l'imidaclopride sous forme d'appâts pour les rongeurs afin de contrôler les populations de *Phlebotomus papatasi* Scopoli, 1786 (Diptera : Psychodidae) [Laboratory and field evaluation of an imidacloprid treated rodent oral bait for a systemic control of *Phlebotomus papatasi* Scopoli, 1786 (Diptera : Psychodidae)]. *Bulletin de la Societe de pathologie exotique (1990)*, 106(1), 54–58.
- Dey, P., Krishna Murthy, T. P., Divyashri, G., Raghavendra, A., Singh, A., Girish, A., & Kumaresan, S. (2023). Bioremediation of organic and inorganic contaminants by microbes. *Microbial Degradation and Detoxification of Pollutants*, 2, 1.
- Dhuldhaj, U. P., Singh, R., & Singh, V. K. (2023). Pesticide contamination in agro-ecosystems: toxicity, impacts, and bio-based management strategies. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(4), 9243-9270.
- Dourou, M., & La Porta, C. A. M. (2023). A Pipeline to investigate fungal–fungal interactions: trichoderma isolates against plant-associated fungi. *Journal of Fungi*, 9(4), 461.
- Eddleston, M., (2020). Poisoning by pesticides. *Medicine* 48(3) :214–217.
- Gao, S., Jiang, J. Y., Liu, Y. Y., Fu, Y., Zhao, L. X., Li, C. Y., & Ye, F. (2019). Enhanced solubility, stability, and herbicidal activity of the herbicide diuron by complex formation with β -cyclodextrin. *Polymers*, 11(9), 1396.
- Girard, L., Reix, N., & Mathelin, C. (2020). Impact des pesticides perturbateurs endocriniens sur le cancer du sein. *Gynécologie Obstétrique Fertilité & Sénologie*, 48(2), 187-195.
- Hassaan, M. A., & El Nemr, A. (2020). Pesticides pollution: Classifications, human health impact, extraction and treatment techniques. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 46(3), 207-220.
- Hlaiem, S., Yangui, I., Ezzine, O., & Ben Jamâa, M. L. (2023). In vitro evaluation of antagonistic potentiality of *Trichoderma harzianum* against *Diplodia* spp. phytopathogenic fungi. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 33(1), 1-7.
- Huang, Y., Xiao, L., Li, F., Xiao, M., Lin, D., Long, X., & Wu, Z. (2018). Microbial degradation

of pesticide residues and an emphasis on the degradation of cypermethrin and 3-phenoxy benzoic acid: a review. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 23(9), 2313.

- Islam, M. K., Sano, A., Hossain, M., & Sakagami, J. I. (2019). Isolation and molecular characterization of phosphate solubilizing filamentous fungi from subtropical soils in Okinawa. *Applied Ecology & Environmental Research*, 17(4).
- Kaur, R., Mavi, G. K., Raghav, S., & Khan, I. (2019). Pesticides classification and its impact on environment. *International journal of current microbiology and applied sciences*, 8(3), 1889-1897.
- Kaur, R., Singh, D., Kumari, A., Sharma, G., Rajput, S., & Arora, S. (2023). Pesticide residues degradation strategies in soil and water: a review. *International Journal of Environmental Science and Technology* 20, 3537–3560.
- Khan, I. H., & Javaid, A. (2022). Antagonistic activity of *Aspergillus versicolor* against *Macrophomina phaseolina*. *Brazilian Journal of Microbiology*, 53(3), 1613-1621.
- Kisic, I., Zgorelec, Z., Percin, A (2017). Soil treatment engineering. *Physical Sciences Reviews*, 2(11), 20160124.
- Korbecka-Glinka, G., Piekarska, K., & Wiśniewska-Wrona, M. (2022). The use of carbohydrate biopolymers in plant protection against pathogenic fungi. *Polymers*, 14(14), 2854.
- Kumar, S. S., Ghosh, P., Malyan, S. K., Sharma, J., & Kumar, V. (2019). A comprehensive review on enzymatic degradation of the organophosphate pesticide malathion in the environment. *Journal of Environmental Science and Health, Part C*, 37(4), 288-329.
- Kumar, V., & Dwivedi, S. K. (2021). Mycoremediation of heavy metals: processes, mechanisms, and affecting factors. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(9), 10375-10412.
- Lakhdari, W., Benyahia, I., Bouhenna, M. M., Bendif, H., Khelafi, H., Bachir, H., & Dehliz, A. (2023). Exploration and Evaluation of Secondary Metabolites from *Trichoderma harzianum* : GC-MS Analysis, Phytochemical Profiling, Antifungal and Antioxidant Activity Assessment. *Molecules*, 28(13), 5025.
- Leskovic, A., & Petrović, S. (2023). Pesticide Use and Degradation Strategies: Food Safety, Challenges and Perspectives. *Foods (Basel, Switzerland)*, 12(14), 2709.
- Li, S., Wang, Y., Zou, C., Zhu, Q., Wang, Y., Chen, H., Yang, W., Tu, Y., Yan, H., Li, X., & Ge, R. S. (2022). Cypermethrin inhibits Leydig cell development and function in pubertal rats. *Environmental toxicology*, 37(5), 1160–1172.

- Li, W., Luo, T., Li, J., Zhang, J., Wu, M., Yang, L., & Li, G. (2022). Antifungal Activity and Biocontrol Potential of *Simplicillium lamellicola* JC-1 against Multiple Fungal Pathogens of Oilseed Rape. *Journal of Fungi*, 9(1), 57.
- Lombard, L., Sandoval-Denis, M., Lamprecht, S. C., & Crous, P. W. (2019). Epitypification of *Fusarium oxysporum*—clearing the taxonomic chaos. *Persoonia-Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi*, 43(1), 1-47.
- Lu, R. X., Wang, Z., Zhai, Y. J., Hong, R. Y., Shen, F., Jin, W. X., & Ma, H. Q. (2021). First Report of *Geotrichum candidum* Causing Sour Rot of Peach in China. *Plant Disease*, 105(10), 3298.
- Luu, H. T. T., Esteban, G. F., Butt, A. A., & Green, I. D. (2022). Effects of Copper and the Insecticide Cypermethrin on a Soil Ciliate (Protozoa: Ciliophora) Community. *Protist*, 173(1), 125855.
- Lv, Y., Li, K., Gao, W., Hao, Z., Wang, W., Liu, X., Tang, L., & Fan, Z. (2022). Design, synthesis and fungicidal activity of 3,4-dichloroisothiazolocoumarin-containing strobilurins. *Molecular diversity*, 26(2), 951–961.
- Lykogianni, M., Bempelou, E., Karamaouna, F., & Aliferis, K. A. (2021). Do pesticides promote or hinder sustainability in agriculture? The challenge of sustainable use of pesticides in modern agriculture. *Science of the Total Environment*, 795, 148625.
- Ma, J., Huang, Y., Peng, Y., Xu, Z., Wang, Z., Chen, X., Xie, S., Jiang, P., Zhong, K., & Lu, H. (2021). Bifenazate exposure induces cardiotoxicity in zebrafish embryos. *Environmental pollution (Barking, Essex: 1987)*, 274, 116539.
- Matúš, P., Littera, P., Farkas, B., & Urík, M. (2023). Review on Performance of *Aspergillus* and *Penicillium* Species in Biodegradation of Organochlorine and Organophosphorus Pesticides. *Microorganisms*, 11(6), 1485.
- Meftaul, I. M., Venkateswarlu, K., Dharmarajan, R., Annamalai, P., & Megharaj, M. (2020). Pesticides in the urban environment: A potential threat that knocks at the door. *Science of the Total Environment*, 711, 134612.
- Mendarte-Alquisira, C., Alarcón, A., & Ferrera-Cerrato, R. (2023). Growth, tolerance, and enzyme activities of *Trichoderma* strains in culture media added with a pyrethroids-based insecticide. *Revista Argentina de Microbiología*.

- Mohamed, G. A., Ibrahim, S. R., & Asfour, H. Z. (2020). Antimicrobial metabolites from the endophytic fungus *Aspergillus versicolor*. *Phytochemistry Letters*, *35*, 152-155.
- Mohapatra, D., Rath, S. K., & Mohapatra, P. K. (2022). Soil fungi for bioremediation of pesticide toxicants: A perspective. *Geomicrobiology Journal*, *39*(3-5), 352-372.
- Montoya, Z., Conroy, M., Vanden Heuvel, B. D., Pauli, C. S., & Park, S. H. (2020). Cannabis contaminants limit pharmacological use of cannabidiol. *Frontiers in pharmacology*, *11*, 571832.
- Muhammad, A. S., Mohammed, I. U., & Ameh, M. (2018). banana (*Musa sapientum L*) in Sokoto Metropolis. *J Appl Biotechnol Bioeng*, *5*(3), 172-182.
- Mukherjee, A., Singh, K. V., & Das, S. (2019). Biodegradation and detoxification of chlorinated pesticide endosulfan by soil microbes. *Endosulfan: Uses, Toxicological Profile and Regulation*. Nova science publishers, USA, 247-274.
- Nayak, S., Samanta, S., & Mukherjee, A. K. (2020). Beneficial role of *Aspergillus* sp. in agricultural soil and environment. *Frontiers in Soil and Environmental Microbiology*, 17-36.
- Nieder, R., Benbi, D. K., & Reichl, F. X. (2018). Health risks associated with pesticides in soils. *Soil components and human health*, 503-573.
- Oršolić, D., Pehar, V., Šmuc, T., & Stepanić, V. (2021). Comprehensive machine learning based study of the chemical space of herbicides. *Scientific reports*, *11*(1), 1-12.
- Oufensou, S., Ul Hassan, Z., Balmas, V., Jaoua, S., & Migheli, Q. (2023). Perfume Guns: Potential of Yeast Volatile Organic Compounds in the Biological Control of Mycotoxin-Producing Fungi. *Toxins*, *15*(1), 45.
- Oza, K., Jain, B. K., & Maitreya, B. (2021). Spoilage of fruits and vegetables due to fungal infection and its post-harvest control: A review. *International Journal of Botanical Studies*, *5*, 694-697.
- Pandey, C., Prabha, D., & Negi, Y. K. (2018). Mycoremediation of common agricultural pesticides. *Mycoremediation and Environmental Sustainability*, *2*, 155-179.
- Perez de Albuquerque, N. C. P., Carrão, D. B., Habenschus, M. D., & Moraes de Oliveira, A. R. M. (2018). Metabolism studies of chiral pesticides: A critical review. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, *147*, 89-109.

- Petkova, M., Naydenov, M., Mitkov, A., Neshev, N., Yanev, M., & Tonev, T. (2020). Isolation and characterization of soil microorganisms degrading the herbicide isoxaflutol. *Scientific Papers Series a. Agronomy*, 63(1), 709-714.
- Pilo, P., Tiley, A.M.M., Colleen Lawless, C., Karki, S.J., Burke, J., Feechan, A. (2022). A rapid fungal DNA extraction method suitable for PCR screening fungal mutants, infected plant tissue and spore trap samples. *Physiological and molecular plant pathology*, 117, 101758.
- Pitt, J. I. (1973). An appraisal of identification methods for *Penicillium* species: novel taxonomic criteria based on temperature and water relations. *Mycologia*, 65(5), 1135-1157.
- Podbielska, M., Kus-Liśkiewicz, M., Jagusztyn, B., & Szpyrka, E. (2023). Effect of microorganisms on degradation of fluopyram and tebuconazole in laboratory and field studies. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(16), 47727-47741.
- Potshangbam, M., Devi, S. I., Sahoo, D., & Strobel, G. A. (2017). Functional characterization of endophytic fungal community associated with *Oryza sativa* L. and *Zea mays* L. *Frontiers in microbiology*, 8, 325.
- Raffa, C. M., & Chiampo, F. (2021). Bioremediation of agricultural soils polluted with pesticides: A review. *Bioengineering*, 8(7), 92.
- Rajmohan, K. S., Chandrasekaran, R., & Varjani, S. (2020). A review on occurrence of pesticides in environment and current technologies for their remediation and management. *Indian journal of microbiology*, 60, 125-138.
- Rakitskiy, V. N., Fedorova, N. E., Bayusheva, V. V., & Chistova, Z. A. (2017). Insecticides of neonicotinoides class: determining exposure via workers' urine. *Meditsina truda i promyshlennaia ekologiia*, 2, 1–6.
- Rao, KS. (2018). Toxicity of pesticides. *BEMS Rep* 4(2) :31–36.
- Rigolin, F. R. (2019). Biodegradação do pesticida piretroide gama-cialotrina por fungos da Gruta do Catao.
- Sales da Silva, I. G., Gomes de Almeida, F. C., Padilha da Rocha e Silva, N. M., Casazza, A. A., Converti, A., & Asfora Sarubbo, L. (2020). Soil bioremediation: Overview of technologies and trends. *Energies*, 13(18), 4664.
- Sandoval, A. N., Sánchez, L. J., Saavedra, Y. M., Calla, K. M., Alba, R. A., & Lloclla, H. (2021). Reduction of imidacloprid and tebuconazole in *Oryza sativa* plantation applying strains of *Trichoderma* spp. *Chemical Engineering Transactions*, 87, 631-636.

- Sarkar, B., Mukhopadhyay, R., Mandal, A., Mandal, S., Vithanage, M., & Biswas, J. K. (2020). Sorption and desorption of agro-pesticides in soils. In *Agrochemicals detection, treatment and remediation*, 189-205. Butterworth-Heinemann.
- Selim, M. T., Almutari, M. M., Shehab, H. I., & El-Saeid, M. H. (2023). Risk Assessment of Pesticide Residues by GC-MSMS and UPLC-MSMS in Edible Vegetables. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 28(3), 1343.
- Sharma, A., Kumar, V., Shahzad, B., Tanveer, M., Sidhu, G. P. S., Handa, N., Thukral, A. K. (2019). Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. *SN Applied Sciences*, 1, 1-16.
- Singh, N. S., Sharma, R., Parween, T., & Patanjali, P. K. (2018). Pesticide contamination and human health risk factor. *Modern age environmental problems and their remediation*, 49-68.
- Singh, Y., & Saxena, M. K. (2022). Insights into the recent advances in nano-bioremediation of pesticides from the contaminated soil. *Frontiers in Microbiology*, 13, 982611.
- Sjerps, R. M., Kooij, P. J., van Loon, A., & Van Wezel, A. P. (2019). Occurrence of pesticides in Dutch drinking water sources. *Chemosphere*, 235, 510-518.
- Sujatha, H. S., Murali, M., & Amruthesh, K. N. (2021). Fungal Endophytes as Growth Promoters and Inducers of Resistance in Tomato (*Lycopersicon esculentum Mill.*) against *Alternaria Solani*. (2021). *Int. J. Life Sci. Pharma Res*, 11(2), L227-235.
- Sulaiman, N. S., Rovina, K., & Joseph, V. M. (2019). Classification, extraction and current analytical approaches for detection of pesticides in various food products. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, 14, 209-221.
- Swe, T. M., Nandar, W., Ei, H. H., Win, N. N., Swe, K. K., Ko, T. K., & Win, T. T. (2020). Bio-removal efficiency of glyphosate by using indigenous laccase producing fungi. *International Journal for Research in Applied Sciences and Biotechnology (IJRASB)*, 7(5), 249-256.
- Tudi, M., Daniel Ruan, H., Wang, L., Lyu, J., Sadler, R., Connell, D., & Phung, D. T. (2021). Agriculture development, pesticide application and its impact on the environment. *International journal of environmental research and public health*, 18(3), 1112.

- Vagi, M. C., & Petsas, A. S. (2022). Sorption/Desorption, Leaching, and Transport Behavior of Pesticides in Soils: A Review on Recent Advances and Published Scientific Research. *Pesticides in Soils: Occurrence, Fate, Control and Remediation*, 137-195.
- Visagie, C. M., Houbraken, J., Frisvad, J. C., Hong, S. B., Klaassen, C. H., Perrone, G., Seifert, K. A., Varga, J., Yaguchi, T., & Samson, R. A. (2014). Identification and nomenclature of the genus *Penicillium*. *Studies in mycology*, 78(1), 343–371.
- Win, T. T., Bo, B., Malec, P., & Fu, P. (2021). The effect of a consortium of *Penicillium* sp. and *Bacillus* spp. in suppressing banana fungal diseases caused by *Fusarium* sp. and *Alternaria* sp. *Journal of Applied Microbiology*, 131(4), 1890-1908.
- Woudenberg, J. H. C., Groenewald, J. Z., Binder, M., & Crous, P. W. (2013). *Alternaria* redefined. *Studies in mycology*, 75(1), 171-212.
- Yadav, I. C., & Devi, N. L. (2017). Pesticides classification and its impact on human and environment. *Environmental science and engineering*, 6, 140-158.
- Zaborowska, M., Wyszowska, J., Borowik, A., & Kucharski, J. (2021). Bisphenol A-A Dangerous Pollutant Distorting the Biological Properties of Soil. *International journal of molecular sciences*, 22(23), 12753.

Annexe I

Composition de milieu Sabouraud Chloramphénicol déshydratée :

Peptone		10 g
Glucose massé		20 g
Agar-agar	q.s.p.	15 g
Vitamines et facteurs de croissance		
Chloramphénicol		0,5 g/l

Ph= $5,6 \pm 0,2$ à 25°C.

Préparation de milieu Sabouraud Chloramphénicol déshydratée :

Afin de préparer un litre de milieu déshydraté de Sabouraud Chloramphénicol, une quantité de 65,5 g a été mis en suspension dans un litre d'eau distillée stérile. Puis, il a été porté à l'ébullition dans un bécher de 1000 ml sous agitation constante pendant au moins une minute. Puis, il a été versé dans des flacons pour autoclaver. Ces derniers ont été autoclavés à 121°C pendant 15 minutes.

Annexe II

Dosage des pesticides utilisés :

Afin de préparer un volume de 100 ml des pesticides à utilisés, les dilutions suivantes ont été effectués selon les instructions de chaque pesticide.

Amir ®	7ml	→	15000ml
	X	→	100ml
X = 0.04ml			

Rivasate ®	1000ml	→	100000ml
	X	→	100ml
X = 1ml			

Hilac ®	60ml	→	300ml
	X	→	100ml
X = 2ml			

Imidor ®	50ml	→	100000ml
	X	→	100ml
X = 0.05ml			

Luna Sensation®	1ml	→	125ml
	X	→	100ml
X = 0.8ml			

Résumé

Contexte : Les moisissures du sol sont très connues pour leur diversité métabolique. Elles sont capables de dégrader différents types de matières organiques, y compris les pesticides.

Ceci offre l'avantage d'assainir les sols et de protéger les plantes contre une forte toxicité qui peut être causée par les pesticides. Dans cette étude, nous avons isolé des moisissures à partir de différents sols de la Wilaya de Jijel, puis nous les avons identifiées et testé leur activité antifongique contre des moisissures pathogènes isolées des plantes infectées. Les espèces isolées du sol ont été aussi cultivées sur des milieux contenant de pesticides afin de tester leur capacité à croître et à lutter contre ces molécules.

Cinq moisissures ont été isolées du sol et identifiées comme étant *Aspergillus versicolor*, *Trichoderma harzianum*, *Aspergillus ustus*, *Penicillium armarii* et *Penicillium griseofulvum*. Ces espèces ont toutes démontré une activité antifongique sur les phytopathogènes testés.

Trichoderma harzianum était l'espèce la plus actives, les autres espèces avaient par contre une activité spécifique contre des pathogènes bien déterminés. Le test de la résistance aux pesticides a démontré que ces composés n'ont pas pu inhiber la croissance des moisissures du sol. Ceci indiquait que les champignons isolés étaient capables de tolérer la présence des pesticides et même de se développer en leur présence.

Mots clés : Moisissures, sol, isolement, identification, phytopathogènes, antagonisme, pesticides.

Abstract :

Context: Soil molds are well-known for their metabolic diversity. They have the ability to degrade various types of organic matter, including pesticides. This offers the advantage of soil remediation and protection of plants against the high toxicity that pesticides can cause. In this study, we isolated molds from different soils in the Wilaya of Jijel, identified them, and tested their antifungal activity against pathogenic molds isolated from infected plants. Mold species isolated from the soil were also cultivated on media containing pesticides to assess their ability to grow and combat these molecules.

Five molds were isolated from the soil and identified as *Aspergillus versicolor*, *Trichoderma harzianum*, *Aspergillus ustus*, *Penicillium armarii*, and *Penicillium griseofulvum*. All of these species demonstrated antifungal activity against the tested phytopathogens. *Trichoderma harzianum* was the most active species, while the other species showed specific activity against particular pathogens. The pesticide resistance test demonstrated that these compounds could not inhibit the growth of soil molds. This indicated that the isolated fungi were capable of tolerating the presence of pesticides and even growing in their presence.

Keywords : Molds, soil, isolation, identification, phytopathogens, antagonism, pesticides.

ملخص:

السياق: إن أعفان التربة جد معروفة بتنوعها الأيضي حيث تمتلك القدرة على تفكيك مختلف أنواع المواد العضوية، بما في ذلك المبيدات. وهذا يوفر ميزة تنقية التربة وحماية النباتات من السمية العالية التي قد تسببها المبيدات. في هذه الدراسة، عزلنا العفن من التربة من مناطق بولاية جيجل، ثم قمنا بتعريفها واختبار نشاطها المضاد للفطريات ضد الأعفان المسببة للأمراض النباتية التي تم عزلها من نباتات مصابة. تم أيضاً زراعة أنواع العفن المعزولة من التربة على وسائط تحتوي على مبيدات لتقييم قدرتها على النمو ومقاومتها لهذه المركبات الكيميائي.

تم عزل خمسة أنواع من الأعفان من التربة وتحديدتها على أنها *Aspergillus versicolor*, *Trichoderma harzianum*, *Aspergillus ustus*, *Penicillium armarii*, *Penicillium griseofulvum*.

كان *Trichoderma harzianum* أكثر الأنواع نشاطاً، لكن الأنواع الأخرى كان لها نشاط متخصص ضد مسببات أمراض معينة. أظهر اختبار مقاومة المبيدات أن هذه المركبات لا تستطيع منع نمو العفن في التربة، مما يشير إلى قدرة الفطريات المعزولة على تحمل وجود المبيدات ونموها حتى في وجودها.

الكلمات المفتاحية: عفن، تربة، عزل، تحديد، مسببات الأمراض النباتية، التنافس، المبيدات.

BUSINESS MODEL CANEVAS

Partenaires clés	Activités clés	Proposition de valeur	Relations clients	Segments de marché
<ul style="list-style-type: none"> -Les grossistes - Des contrats avec les grossistes et les agents de ventes. - Les fournisseurs d'emballage. - Société de livraison. - Laboratoire de contrôle de qualité pour vérifier la quantité du produit. - Les influenceurs et les agences de publicité. 	<ul style="list-style-type: none"> -Isolement et multiplication des agents biologique désirées. -Production et conservation du produit en suspension sporale. -Conditionnement de produit biologique. -Gestion des stocks. -Publicité et sensibilisation de la société. -Vente de produit. -Livraison de produit. 	<ul style="list-style-type: none"> -Un produit capable d'assainir le sol des pesticides -Un produit est potentiellement fonctionnel au bout de quelques jours. -Un nouvel produit au marché mondial. -Un produit BIO : fabriqué par des agents biologiques exemptes des adjuvants chimiques ou synthétiques polluantes. -Il protège la plante vis à vis les autres pathogènes. -Un alternatif BIO des engrais chimiques. -Il améliore la qualité et le rendement des cultures -Moins cher par rapport les autres produits phytosanitaires importés. 	<ul style="list-style-type: none"> -Des points de vente à proximités des clients cibles pour le contact direct avec le produit. -Participation au des événements pour exposer les produits. -De récompenses et des promotions régulières pour les clients fidèles. -Le service après-vente. -Un site web pour guider les acheteurs en cas de besoin. -Plateformes des réseaux sociaux. -Téléphone. 	<p>Marché cible (target market) :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Tous les agriculteurs et les agronomes locaux et nationaux -Fournisseurs et les points de ventes des produits phytosanitaires. -Tous les jardiniers à domicile qui cultivent par les fruits & légumes « BIO » Ou bien des plantes de décoration. -Le marché des produits phytosanitaires. <p>Marché possible (possible market) :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Les entreprises internationales qui occupent le marché international des produits phytosanitaires (B to B).
	<p>Ressources clés</p> <ul style="list-style-type: none"> -Financières : Algérien Startup fond, les banques et les actionnaires, Aide de l'état. -Ressources Humaines : (cadre supérieur, un laborantin, un comptable, etc...). -Intellectuelles : brevet, marque et logo. -Matériel du laboratoire 		<p>Distribution</p> <ul style="list-style-type: none"> -Vente en ligne via des pages sur les réseaux sociaux. -Les points de ventes des produits phytosanitaires. -Marketing indirect via la diffusion d'information : création du contenu scientifique et éducatif sur les plateformes et au même temps présentation du produit indirectement. -Des partenariats avec des experts. -Les affiches publicitaires et les panneaux publicitaires dans les régions rurales. 	
<p>Structure de coûts</p> <ul style="list-style-type: none"> - Outils pour la collecte de l'agent biologique (15000 DA). - Matériel du laboratoire 60000 DA / année. - Appareils de laboratoire PRIX. - Salaire des employés PRIX DA / année. - Achat et aménagement d'un local (PRIX DA). - Commissions versées aux partenaires et aux agences de marketing et de communication (500000 DA / année). -Location d'engare 20 000 Da / mois. 		<p>Sours de revenu</p> <ul style="list-style-type: none"> -Faire des conventions avec des entreprises non concurrentes en échange de la promotion de leurs produits moyennant une marge bénéficiaire à (SOMME). -La vente du produit estimée à (somme) / année : (prix et quantité de vente en gros et en détail). -Les abonnements (somme / année) : vente aux sociétés et clients abonnés à des prix spéciaux pour assurer leur fidélité (quantité et prix). 		

BUSINESS MODEL CANEVAS

1. Les segments de marché

- Tous les agriculteurs et les agronomes locaux et nationaux qui produisent des végétaux comestibles.
- Tous les fournisseurs et les points de ventes des produits phytosanitaires.
- Les jardiniers à domicile qui s'occupent des forêts, ceux qui sont intéressés par les fruits et légumes « BIO », ou bien ceux qui cultivent des plantes de décoration.
- Les fonctionnaires publiques responsables de la qualité des environnements dans les parcs zoologiques en fournissant des plantes saines et en assurant la sécurité du sol pour le bien-être des animaux et des visiteurs.
- Les entreprises internationales qui occupent le marché international des produits phytosanitaires.
- Les agriculteurs qui exportent leurs produits à l'échelle internationale.

2. Relations clients

Directes :

- Offrir un service pour recevoir les appels pour les besoins particuliers (demandes de conseils, d'explication sur les démarches de vente, etc.).
- Mise en place des points de vente dans des zones facilement accessibles aux clients cibles.
- Au niveau des points de ventes : le feedback sera direct et spontané, de plus l'opération de vente directe crée une relation spécifique entre le produit et le client.
- L'acceptation des critiques constructives : les feedbacks négatifs encouragent le développement du produit.
- Créer et /ou participer à des événements pour exposer les échantillons du produit et augmenter les ventes.
- Proposer des remises spéciales lors d'occasions particulières, telles que des journées spéciales d'agriculteurs, ainsi que des avantages d'achat en gros. En outre, mettre en place un programme de félicitations et de récompenses pour les clients fidèles, en complément des promotions régulières.
- Analyser les exigences individuelles de chaque client en anticipant les quantités demandées, en respectant leurs préférences de livraison (en magasin ou en utilisant un

service de livraison). Lors d'utilisation un service de livraison, le paiement sera après le recevoir du produit.

Indirectes :

- Le service après-vente pour assurer la satisfaction du client et sa fidélité.
- Créer un site web qui facilite les transactions officielles avec les entreprises et les fournisseurs ainsi, pour guider et accompagner les acheteurs en cas de besoin.
- Création des comptes sur les différentes plateformes des réseaux sociaux : pour être proche des clients et surtout pour faciliter le contact avec eux. A travers ces plateformes, nous pouvons répondre aux questions, messages et les critiques. Un service rapide chargé de cette tâche sera mis en place.
- Publier des vidéos sur les réseaux sociaux présentant des témoignages de personnes qui ont réussi à utiliser le produit dans le but de montrer l'efficacité de nos produits et fidéliser les clients.

3. Les canaux de distribution

La stratégie de commercialisation que nous adopterons sera basée sur plusieurs méthodes innovantes directes et indirectes :

- Nous optons pour la vente via les plateformes des réseaux sociaux, une approche moderne et interactive qui nous permettra d'atteindre de manière efficace notre public cible. La vente en ligne est le nouveau marché de cette époque surtout la disponibilité de livraison dans tout le pays.
- La distribution de notre produit sur les points de ventes des produits phytosanitaires.
- Le marketing indirect via la diffusion d'information : création du contenu scientifique et éducatif sur les plateformes et en même temps, la présentation du produit indirectement.
- Faire des partenariats avec des influenceurs célèbres dans le domaine.
- Publier des affiches et des panneaux publicitaires dans les points de ventes et surtout dans les régions rurales et culturelles.
- La participation aux journées nationales et locales spécialisées dans l'agriculture pour présenter le produit et sensibiliser les agriculteurs des dangers causés par une utilisation excessive des pesticides.

4. Valeur proposée

- Le produit proposé est capable de dégrader et nettoyer le sol des pesticides.
- La rapidité et l'efficacité du processus : le produit est potentiellement fonctionnel au bout de quelques jours.

- Le produit fait partie des nouveaux produits mis sur le marché mondial : le concept de l'utilisation des organismes vivants pour dépolluer le sol des pesticides et leurs résidus est encore nouveau et est en plein essor de développement mondial.
- C'est un produit BIO : il est fabriqué par des microorganismes vivants et est exempt des adjuvants chimiques ou synthétiques.
- Eco-friendly : ne produit aucune substance polluante pour l'environnement et ne change pas l'écosystème.
- Non pathogène pour l'homme, les animaux, les plantes et la microflore du sol.
- Il protège la plante vis à vis les autres pathogènes tels que les insectes et les microorganismes.
- Selon sa composition, il est fonctionnel sur les différents types des sols et sur les différents climats.
- C'est un alternatif BIO des engrais chimiques : les microorganismes sont connus pour leur capacité à stimuler la croissance des plantes et à enrichir de sol en minéraux qui sont indispensables pour la croissance et le développement des plantes.
- Il améliore la qualité et le rendement des cultures : donne un meilleur aspect et une qualité nutritionnelle plus avantageuse des végétaux et de leurs fruits, surtout ceux consommés par l'être humain.
- Le produit est moins cher par rapport aux autres produits phytosanitaires locaux et importés.

5. Sources de revenu

- Faire des conventions avec des entreprises non concurrentes en échange de la promotion de leurs produits moyennant une marge bénéficiaire.
- Le paiement peut être effectué classiquement ou via un compte postal ou bancaire.
- La vente du produit estimée à 1000000 DA / année : sachets de 50 g à 3000 DA, et produit sous forme liquide : 1 litre à 6000 DA.
- Les abonnements (1000000 DA / année) : vente aux sociétés et clients abonnés à des prix spéciaux pour assurer leur fidélité (50 g à 2000 DA ou 1 litre à 5000 DA).

Après une période de cinq ans consacrés au projet, nous pouvons récupérer le capital investi, dans le but de rendre les futures étapes du projet autonomes et dépendantes uniquement des profits générés.

6. Structure de coût

- La collecte de l'agent biologique est estimée à 7000 DA : l'agent est obtenu une seule fois et est réutilisé par la suite autant de fois que nécessaire.
- Matériel du laboratoire 100000 DA / année : les tubes à essai, eau physiologique, la verrerie (boîtes de Pétri, pipettes Pasteur, pipettes graduées, béchers, erlenmeyers), dextrose, agar, lames /lamelles, anses de platine).
- Appareils de laboratoire 2000000 DA : distillateur, balance, plaque de chauffage et d'agitation, vortex, étuve, réfrigérateur, microscope optique.
- Salaire des employés 2000000 DA / année : cadre supérieur, laborantins, un comptable, un gestionnaire de stock, une femme de ménage, des employés multiservices.
- Achat et aménagement d'un local 7500000 DA.
- Commissions versées aux partenaires et aux agences de marketing et de communication : 500000 DA / année.

7. Activités clés

- Isolement des agents biologiques à partir du sol local par échantillonnage, culture dans des boîtes de Pétri, puis isolement et purification.
- Identification de ces derniers.
- S'assurer de leur purification et conformité.
- Multiplication des agents biologiques : fournir les conditions nécessaires pour la croissance et la production d'une grande quantité de produit.
- Stabilisation de l'agent biologique sous forme de poudre ou de liquide (suspension homogène).
- Conditionnement : emballage du produit dans des bouteilles à pulvérisateur (forme liquide), des sachets ou des boîtes (forme poudreuse).
- Gestion des stocks : aménager un endroit spécial pour stocker les quantités prêtes du produit.
- Vente du produit : marketing (canaux de distribution, gestion des commandes).
- Assurer la livraison réussie du produit en travaillant en collaboration avec les prestataires des services de livraison. Ceci afin de garantir que le client reçoive son produit correctement (respect du temps et intégrité du produit).
- Autres activités comme les sorties de sensibilisation, la participation aux foires et aux expositions.

8. Ressources clés

- Financières : Algérien Startup fond, ASF, ANAD, les banques et les actionnaires. Propres agents de propriétaires. Aide de l'état.
- Humaines : cadre supérieur, un laborantin, un comptable, un gestionnaire de stock, une femme de ménage, employés multiservices.
- Intellectuelles : brevet, marque et logo.
- Matérielles : outils pour la collecte de l'agent, distillateur, les tubes à essai, balance, eau physiologique, eau distillée, vortex, verrerie (consommables de laboratoire), boîtes de Pétri, dextrose, agar, étuve, espace de stockage, lames, lamelles, anses de platine, réfrigérateur et microscope optique. Aussi, un ordinateur pour le traitement des résultats obtenus en laboratoire et pour le contact avec les agents extérieurs (boutiques de vente, livreurs et clients).

9. Les principaux partenaires

- Les grossistes
- Des contrats avec les agents de ventes (en détail et en gros) : personnes qui assurent la distribution du produit dans des show-room jusqu'à ce que le produit devienne connu.
- Les fournisseurs d'emballage.
- Les sociétés de livraison : pour assurer la distribution du produit au consommateur dans la wilaya de Jijel et les 57 autres.
- Laboratoire de contrôle de qualité : pour vérifier la qualité du produit et attester sa conformité aux normes sanitaires appliquées pour les plantes, l'environnement et le manipulateur (agriculteur).
- Les influenceurs et les agences de publicité.

FICHE TECHNIQUE

Prénoms et noms des membres du projet	Mlle HAMILOUD Roumaïssa ; Mlle HALIM Rayane ; Mme CHIBOUT Imene
Intitulé de projet	Recherche des moisissures du sol capables de dégrader les pesticides utilisés dans la région de Jijel et sélection des meilleures espèces de dépollution.
Numéro de téléphone	0541769936 ; 0668531615 ; 0558941542
Email	roumaïssahamioud@gmail.com ; rayanehalim2000@gmail.com ; imenchbt@gmail.com
Nature du produit	<p>Notre produit est un agent biologique microscopique, isolé à partir de des échantillons du sol dans les environs de la wilaya de Jijel. Notre objectif est de l'exploiter, le reproduire et le commercialiser. Les recherches scientifiques ont montré que cet agent était capable de dégrader les pesticides dans le sol et les rendre ainsi moins toxiques. Il permettait aussi d'enrichir le sol par les minéraux et les nutriments nécessaires aux plantes. De plus, il était capable de protéger ces derniers vis-à-vis les phyto-pathogènes et de stimuler la croissance des végétaux.</p> <p>Le but de notre étude était donc de rechercher des agents biologiques bénéfiques qui dégradent les pesticides dans des sols pollués. Puis de sélectionner les espèces qui avaient un pouvoir important de biodégradation et de protection contre les phyto-pathogènes.</p>

<p>Le problème à résoudre argumenter par des données (statistiques)</p>	<p>Le sol est une source vitale de l'alimentation des hommes, des animaux, des plantes et des microorganismes. De ce fait, la pollution des sols est un problème sérieux et une préoccupation mondiale car elle agit directement sur la santé des êtres vivants. L'utilisation massive des pesticides entre dans ce registre. Bien que ces produits apportent plusieurs bénéfices pour garantir l'approvisionnement alimentaire, leur accumulation dans les sols et les plantes cause des intoxications mortelles chez l'homme et les animaux.</p> <p>La dépollution des sols est donc devenue indispensable. Les chercheurs développent constamment des méthodes d'assainissement qui tendent à être moins coûteuses, privilégiant souvent les approches biologiques, telles que la dégradation microbienne. Selon les recherches, la myco-remédiation des pesticides est une technique très efficace et prometteuse.</p> <p>Notre produit rejoint le principe de la myco-remédiation.</p> <p>Le concept étant d'extraire des agents biologiques, plus précisément des moisissures à partir de différents sols pollués par des pesticides, puis de développer la croissance de ces microorganismes. Dans notre travail, nous avons testé certains des bénéfices qu'ils apportent aux plantes, comme la protection contre les phyto-pathogènes. Puis nous avons étudié leur capacité à lutter contre les pesticides.</p> <p>Le produit obtenu offre des solutions aux des problèmes majeurs que rencontrent les agriculteurs et/ou les consommateurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'accumulation des pesticides dans le sol et les plantes. - La mauvaise qualité nutritionnelle des fruits et légumes. - Les phyto-pathogènes qui altèrent les plantes et provoquent de grands dégâts économiques.
--	--