

**UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA**

**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**

**Département des Sciences Biologiques**



**Mémoire**

**MASTER ACADEMIQUE**

**Domaine :** Science de la Nature et de la Vie

**Filière :** Sciences Biologiques

**Spécialité :** Microbiologie Appliquée

**Présenté par :**

BELADJAL Sara et DEBBACHI Samia

**Thème :**

**Isolement et identification des champignons phytopathogènes affectant le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) dans la région de Ouargla.**

Soutenu publiquement

**Le : 26/06/2024**

**Devant le jury :**

|                   |                  |                   |                      |
|-------------------|------------------|-------------------|----------------------|
| <b>SALHI N.</b>   | <b>Président</b> | <b>Professeur</b> | <b>Univ. Ouargla</b> |
| <b>BOUAZIZ S.</b> | <b>Examineur</b> | <b>MCB</b>        | <b>Univ. Ouargla</b> |
| <b>AZIB S.</b>    | <b>Encadreur</b> | <b>MCA</b>        | <b>Univ. Ouargla</b> |

**Année universitaire : 2023/2024**



# Remerciements

*Tout d'abord, nous remercions **DIEU** de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience de réaliser ce modeste travail.*

*Nous tenons à exprimer notre gratitude et nos remerciements pour toutes les personnes qui ont participé à l'accomplissement de ce travail, qui nous ont appris une infinité de choses et qui nous ont aidé, conseillé et soutenu à tout moment afin de réaliser ce travail.*

*Nous remercions plus particulièrement : Monsieur **AZIB Salim** pour l'encadrement, les efforts, les encouragements et les précieux conseils et la confiance qu'il nous a prouvée durant cette période, il ne nous a ménagé ni son temps ni ces efforts pour me faciliter la tâche.*

*Nous souhaitons adresser mes remerciements à professeure **SALHI Nesrine**, d'avoir accepté de présider le jury de soutenance.*

*Nous remercions également madame **BOUAZIZ Sabrina**, pour le temps qu'elle nous accorde en acceptant d'examiner ce modeste travail.*

*Un immense merci est adressé également à Monsieur **BOUZEGUAGUE I**, du laboratoire Bio Ressources Sahariennes (BRS), nous n'oublions pas toutes les équipes des laboratoires pédagogiques, FSNV, université KASDI Merbah-Ouargla, pour leur gentillesse, leurs précieux conseils, leur disponibilité et pour nous avoir fourni une aide matérielle et technique.*

*A travers ce modeste travail, nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à madame **Bouderhme A** et à monsieur **ben Saci M.** pour leur précieux conseils et pour toutes les orientations qu'ils nous ont données tout au long de nos études.*





## الإهداء

(وَأَجْزِ دَعْوَاهُمْ أَنْ الْخَفْذَ بِإِمْ رَبِّ الْعَالَمِينَ)

الحمد لله الذي ما ختم جهد إلا بعونه ولا تم سعي إلا بفضله

إلى من كلله الله بالهبة والوقار .. إلى من علمني العطاء بدون انتظار .. إلى  
من أحمل اسمه بكل إقتدار .. أرجو من الله برحمك ويتقبلك من الشهاد ومن يتقبل  
كلماتك نجوم أهدى بها اليوم وفي الغد وإلى الأبد

والذي العزيز \_رحمك الله

إلى ملاكي في الحياة ... إلى معني الحنان والتفاني إلى بسملة الحياة وسر  
الوجود

إلى من كان دعائها سر نجاحي

أمي الغالية

إلى كل عائلتي وإلى كل أصدقائي وإلى كل من ساعدني في إنجاز هذا العمل

SARA





## الإهداء

تقف حروفي عاجزة تمام العجز عن شكر خالقها الذي منَّ عليها بهذه المنة  
العظيمة وعن شكر الذين كانوا بعد الله عوناً لا ينضب

لقد تراحم في هذا المسير عديد القيم من صبر واجتهاد وعزم وتشجيع ودفع  
وتفاني، يتخلل كل ذلك حنو والد ووالدة وصبر أهل ومؤازرة أخت وأمل في عيون  
أخ وعون صديق صدوق

وإن كان لي إهداء فإني أهدي هذا العمل إلى من تُمنح لي الحياة ألف مرة فقط  
برؤيتهما والدائي،

إلى من علموني معنى مغايراً للحياة، المعنى الحقيقي لها، الذين لا أستطيع  
تجاوز ما علموني إياه لآخر رمق لي إخواننا في غزة

لمن يعلمونني معنى الأمل أخواتي وأخي وعمتي، إلى كل عائلتي وصديقاتي  
وأخص بالذكر صديقتي سارة إلى كل من علمني أو تعلمت منه، إلى كل من كان  
عونا لي

والحمد لله أولاً وآخراً

SAMIA



## Table des matières

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Remerciements .....          | 2 |
| Dédicaces .....              | 3 |
| Liste de figure .....        | 7 |
| Liste de photo .....         | 7 |
| Liste de tableaux.....       | 8 |
| Liste des abréviations ..... | 9 |
| Introduction.....            | 1 |

### Chapitre I : Synthèse bibliographique

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| I.1 Le quinoa ( <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.).....                         | 4  |
| I.1.1 Généralités.....                                                         | 4  |
| I.1.2 Origine et historique.....                                               | 4  |
| I.1.3 Taxonomie .....                                                          | 5  |
| I.1.4 Description de quinoa de la plante.....                                  | 6  |
| Racines .....                                                                  | 6  |
| Tige.....                                                                      | 6  |
| Ramifications .....                                                            | 6  |
| Les feuilles.....                                                              | 6  |
| L'inflorescence.....                                                           | 6  |
| Les fleurs.....                                                                | 7  |
| Fruits et graines.....                                                         | 7  |
| I.1.5 Intérêts du quinoa .....                                                 | 7  |
| I.1.5.1 Intérêt nutritionnel.....                                              | 7  |
| I.1.5.2 Intérêt écologique .....                                               | 8  |
| I.1.6 Répartition de la culture .....                                          | 9  |
| I.1.6.1 Dans le monde.....                                                     | 9  |
| I.1.6.2 En Algérie .....                                                       | 9  |
| I.2 Les maladies fongiques .....                                               | 10 |
| I.2.1 Les champignons phytopathogènes .....                                    | 10 |
| I.2.2 Les maladies fongiques du quinoa .....                                   | 12 |
| I.2.2.1 Le mildiou ( <i>Peronospora variabilis</i> , <i>P. farinosa</i> )..... | 12 |
| I.2.2.2 Maladies des feuilles.....                                             | 12 |
| A/ Tache des feuilles ( <i>Ascochyta hyalospora</i> ) .....                    | 12 |
| B/ Tache des feuilles ( <i>Heterosporicola beijingense</i> sp. nov.).....      | 13 |
| C/ Tache des feuilles ( <i>Cercospora</i> cf.).....                            | 14 |
| D/Tache des feuilles ( <i>Alternaria alternata</i> ).....                      | 15 |

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| I.2.2.3 Maladies des tiges .....                                                                 | 16 |
| A/Pourriture brune de la tige ( <i>Phoma exigua</i> var. <i>foveata</i> ).....                   | 16 |
| B/Tache oculaire la tige ( <i>Phoma</i> sp.).....                                                | 17 |
| C/ Tige noire ( <i>Ascochyta caulina</i> ).....                                                  | 18 |
| D/ Pourriture des tiges ( <i>Choanephora cucurbitarum</i> ).....                                 | 19 |
| I.2.2.4 Pourriture des racines et de la fonte de semis.....                                      | 19 |
| A/ Pourriture des graines et la fonte des semis <i>Sclerotium rolfsii</i> Sacc.....              | 19 |
| B/ Fonte des semis induite par <i>Pythium zingiberum</i> .....                                   | 19 |
| C/ Damping-off causé par <i>Rhizoctonia solani</i> et <i>Fusarium spp</i> .....                  | 20 |
| I.2.2.5 Moisissure grise ( <i>Botrytis cinerea</i> ).....                                        | 20 |
| I.2.2.6 Pourriture de la panicule du quinoa (QPR) .....                                          | 20 |
| I.2.2.7 Pourriture verte ( <i>Cladosporium</i> sp.).....                                         | 21 |
| I.3 Lutte biologique contre les maladies fongique .....                                          | 22 |
| I.3.1 Utilisation des microorganismes .....                                                      | 22 |
| I.3.2 Utilisation des extraites biologiques.....                                                 | 22 |
| I.3.2.1 Valorisation de la saponine dans la lutte contre les champignons<br>phytopathogènes..... | 23 |
| <b>Chapitre II : Matériel et méthodes</b>                                                        |    |
| II.1 Matériel biologique.....                                                                    | 26 |
| II.1.1 Matériel végétal.....                                                                     | 26 |
| II.2 Méthode d'étude .....                                                                       | 26 |
| II.2.1 Isolement et identification des champignons phytopathogènes .....                         | 26 |
| II.2.1.1 Préparation du milieu PDA .....                                                         | 26 |
| II.2.1.2 Collecte des échantillons de plantes.....                                               | 26 |
| II.2.1.3 Isolement des agents pathogènes .....                                                   | 27 |
| II.2.1.4 Repiquage et purification.....                                                          | 28 |
| II.2.1.5 Conservation .....                                                                      | 28 |
| II.2.2 Pré-identification des souches fongiques .....                                            | 28 |
| II.2.2.1 Identification macroscopique .....                                                      | 28 |
| II.2.2.2 Identification microscopique .....                                                      | 29 |
| II.3 Bio-contrôle in vitro des champignons par utilisation de la saponine du quinoa.....         | 29 |
| II.3.1 Extraction des saponines .....                                                            | 29 |
| II.3.2 Détermination de l'activité antifongique.....                                             | 30 |
| <b>Chapitre III : Résultats et discussion</b>                                                    |    |
| III.1 Isolement des agents pathogènes .....                                                      | 32 |
| III.2 Pré-identification des champignons phytopathogènes.....                                    | 32 |
| III.2.1 Isolat A.....                                                                            | 32 |
| III.2.1.1 Symptômes sur plantes.....                                                             | 32 |

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| III.2.1.2 Observations macroscopique et microscopique .....                           | 33 |
| III.2.2 Isolats B .....                                                               | 35 |
| III.2.2.1 Symptômes sur plantes.....                                                  | 35 |
| III.1.2.2 Observation macroscopique et microscopique.....                             | 35 |
| III.1.2.3 Isolat C .....                                                              | 36 |
| III.1.2.3.1 Symptômes sur plantes .....                                               | 36 |
| III.1.2.3.2 Observation macroscopique et microscopique.....                           | 36 |
| III.2 Etude de l'effet de l'extrait aqueux de saponine sur les souches isolées.....   | 38 |
| III 2.1 Effet des différentes concentrations de saponine sur la croissance mycélienne | 38 |
| III.2.2 Taux d'inhibition .....                                                       | 39 |
| Conclusion et Perspectives .....                                                      | 42 |
| Références bibliographiques .....                                                     | 44 |
| ANNEXES .....                                                                         | 52 |
| Résumé .....                                                                          | 55 |

## Liste des figures

|                                                                                                                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figure 01:</b> Forme de la panicule .....                                                                                                                                                                             | 7  |
| <b>Figure 02:</b> Répartition mondiale du quinoa sur quatre période (Alandia et al., 2021).....                                                                                                                          | 9  |
| <b>Figure 03:</b> Localisation des premiers essais de culture du quinoa en Algérie .....                                                                                                                                 | 10 |
| <b>Figure 04:</b> lecture de la croissance radiale des champignons.....                                                                                                                                                  | 30 |
| <b>Figure 05:</b> Croissance mycélienne (cm) des isolats S2F4, S8F01 et <i>Fusarium spp.</i> (S = symptôme ; F = feuille) en fonction du temps d'incubation et de la concentration de l'extrait aqueux de saponine. .... | 38 |
| <b>Figure 06:</b> Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de s2f4, s8f01 et <i>Fusarium spp.</i> en fonction d'extrait aqueux de saponine.....                                                                     | 39 |

## Liste des photos

|                                                                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Photo 01:</b> Plante de quinoa .....                                                                                                                                        | 05 |
| <b>Photo 02:</b> Des taches typiques causées par <i>Peronospora variabilis</i> .....                                                                                           | 12 |
| <b>Photo 03:</b> Feuilles présentant des symptômes d'infection causée par <i>A. hyalospora</i> .....                                                                           | 13 |
| <b>Photo 04:</b> Tache foliaires causée par <i>Heterosporicola beijingense sp. nov.</i> .....                                                                                  | 14 |
| <b>Photo 05:</b> Symptôme des taches feuilles causée par <i>Cercospora cf.</i> .....                                                                                           | 15 |
| <b>Photo 06:</b> Symptôme des taches foliaires alterariennes du quinoa.....                                                                                                    | 16 |
| <b>Photo 07:</b> pourriture brune de la tige causée par <i>Phoma exigua var. foveata</i> .....                                                                                 | 17 |
| <b>Photo 08:</b> Tache oculaire la tige causée par <i>Phoma sp.</i> .....                                                                                                      | 18 |
| <b>Photo 9:</b> Symptômes typiques de la tige noire du quinoa en Chine .....                                                                                                   | 18 |
| <b>Photo 10:</b> pourriture de la tige causée par <i>choanephora cucurbitarum</i> du quinoa.....                                                                               | 19 |
| <b>Photo 11:</b> Symptôme sur les panicules de quinoa induit par l'inoculation par: <i>Trichothecium roseum</i> , <i>Alternaria alternata</i> , et <i>Fusarium citri</i> ..... | 21 |
| <b>Photo 12:</b> Pourriture verte causée par <i>Cladosporium sp.</i> .....                                                                                                     | 22 |
| <b>Photo 13:</b> Symptômes des maladies fongiques sur feuilles de quinoa .....                                                                                                 | 27 |
| <b>Photo 14:</b> Désinfection des échantillons .....                                                                                                                           | 27 |
| <b>Photo 15:</b> Boites de Pétri contenant des fragments des échantillons cultivés sur PDA.....                                                                                | 28 |
| <b>Photo 16:</b> la filtration d'extrait aqueux de saponine par micro filtre.....                                                                                              | 29 |
| <b>Photo 17:</b> les souches fongiques à partir des différents organes de quinoa .....                                                                                         | 32 |
| <b>Photo 18:</b> Les symptômes de l'isolat A sur les feuilles .....                                                                                                            | 33 |
| <b>Photo 19:</b> Les symptômes de l'isolat A sur le collet. ....                                                                                                               | 33 |
| <b>Photo 20:</b> Caractères morphologiques de quelques isolats appartenant au genre <i>Alternaria</i> . 34                                                                     |    |
| <b>Photo 21:</b> Les symptômes de l'isolat B sur la plante.....                                                                                                                | 35 |

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Photo 22:</b> Caractères morphologiques d'isolat B appartenant au genre <i>Fusarium</i> .....    | 36 |
| <b>Photo 23:</b> Les symptômes de l'isolat C sur la plante .....                                    | 36 |
| <b>Photo 24:</b> Caractères morphologiques d'isolat C appartenant au genre <i>Rhizoctonia</i> ..... | 37 |

### ***Liste de tableaux***

|                                                                |   |
|----------------------------------------------------------------|---|
| <b>Tableau 1 :</b> Classification scientifique du quinoa ..... | 5 |
|----------------------------------------------------------------|---|

### ***Liste des abréviations***

|             |                                               |
|-------------|-----------------------------------------------|
| <b>%</b>    | Pourcentage                                   |
| <b>µm</b>   | Micromètre                                    |
| <b>A.</b>   | <i>Ascochyta</i>                              |
| <b>A.</b>   | <i>Alternaria</i>                             |
| <b>C</b>    | <i>Cochliobolus</i>                           |
| <b>C</b>    | <i>Chenopodium</i>                            |
| <b>C°</b>   | Degré Celsius                                 |
| <b>Cm</b>   | Centimètre                                    |
| <b>FAO</b>  | Food and agriculture organization             |
| <b>G</b>    | Gramme                                        |
| <b>Gr</b>   | Grossissement                                 |
| <b>M</b>    | Mètre                                         |
| <b>ml</b>   | Millilitre                                    |
| <b>mm</b>   | Millimètre                                    |
| <b>NASA</b> | National Aeronautics and Space Administration |
| <b>P</b>    | <i>Passalora</i>                              |
| <b>PDA</b>  | Potato dextrose agar                          |
| <b>QPR</b>  | Quinoa panicle rot                            |
| <b>R.</b>   | <i>Rhizoctonia</i>                            |
| <b>SNV</b>  | Sciences de la Nature et de la Vie            |
| <b>Sp.</b>  | Espèce                                        |
| <b>Spp.</b> | Espèces                                       |
| <b>Tm</b>   | Témoin                                        |



# ***INTRODUCTION***



Le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) est une plante dicotylédone annuelle produisant des graines appartenant à la famille des Amaranthacées (Vega-Gálvez et al., 2010). Cette espèce est originaire d'Amérique du Sud, où il a été domestiqué pour la première fois, il y a probablement plus de 7 000 ans, dans la région andine (Bazile et al., 2016).

En raison de la grande diversité génétique, la culture est très résiliente aux conditions agroécologiques extrêmes (sol, précipitations, température et altitude) et il est tolérant au gel, à la sécheresse et à la salinité du sol. Pour cette raison, le quinoa peut être cultivé sur des terres marginales impropres à d'autres cultures majeures (Maamri et al., 2022).

En effet, les graines de quinoa sont sans gluten (Ren et al., 2018), avec un faible indice glycémique et contiennent un excellent équilibre des neuf acides aminés essentiels. De plus, elles sont riches en fibres, lipides, glucides, vitamines, minéraux et composés bénéfiques pour la santé (Repo-Carrasco et al., 2003). En raison de son intérêt agricole et aspect nutritionnel, le quinoa a attiré l'attention internationale depuis la fin du 20<sup>e</sup> siècle (Alandia et al., 2021) à tel point que les Nations Unies ont déclaré 2013 « Année internationale de le quinoa » (Fathi et al., 2020 ).

En Algérie, le quinoa a été introduit en 2014 grâce à un projet régional de la FAO intitulé « Assistance technique pour le renforcement du système alimentaire associé au quinoa » pour évaluer ces géotypes dans des conditions semi-arides et arides (Bazile et al., 2016).

Cependant, le quinoa est sensible à plusieurs stress biotiques qui pourraient fortement altérer son rendement, tant dans la zone d'origine que dans celles où la culture s'est répandue. Les champignons phytopathogènes sont parmi les principaux facteurs de stress biotique affectant les cultures de quinoa. Les pertes de rendement causées par plusieurs champignons ont été bien documentées. Avec le rapide l'expansion des zones de culture du quinoa, les problèmes de l'impact négatif de certaines maladies ont été signalés dans les nouveaux pays (Haldar et al., 2021).

L'extension de la culture du quinoa se trouve menacer par la propagation des pathogènes traditionnels et/ou nouveaux. Par conséquent, comprendre les problèmes phytosanitaires liés à cette culture dans de nouvelles zones de culture est une étape clé pour les contrer et les gérer efficacement.

## ***Introduction***

---

Il s'agit pour nous de collecter un maximum d'échantillons de plant présentant des symptômes de maladies fongiques (feuilles, tiges, racines et panicules) pour identifier les champignons responsables et de proposer une méthode de bio-contrôle via l'utilisation des saponines extraites des graines du même plant.

Ce présent travail sera divisé en trois chapitres :

- ✓ Le premier chapitre de notre travail est consacré à une synthèse bibliographique comprenant des généralités sur le quinoa et ses maladies fongiques ;
- ✓ Le deuxième chapitre de ce mémoire sera consacré à la description matérielle biologique et l'ensemble des méthodes utilisées ;
- ✓ Le troisième chapitre portera sur les résultats obtenus ainsi que leur discussion ; et nous terminerons avec une conclusion et perspectives.



# *Chapitre I :*

## *Synthèse bibliographique*



### I.1 Le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)

#### I.1.1 Généralités

Le quinoa est une plante herbacée considérée comme une « pseudocéréale » (**Bhargava et al., 2006 ; Herbillon, 2015**). C'est une dicotylédone annuelle autogame, appartenant au genre *Chenopodium*. Son nom botanique est *Chenopodium quinoa* (**Li et al., 2017**). Il représente un aliment traditionnel important pour les Amérindiens d'Amérique du Sud (**Danielsen et al., 2004**).

Le quinoa pousse à de nombreuses altitudes, depuis le niveau de la mer à la hauteur de l'Altiplano Bolivien, à environ 4000m d'altitude et possède ainsi une grande diversité génétique, ce qui lui permet de s'adapter à divers environnements difficiles (**Haldar et al., 2021**).

Les graines de quinoa sont riches en nutriments, avec une teneur élevée en protéines, notamment les neuf acides aminés essentiels. Les graines manquent également de gluten et contiennent de grandes quantités de plusieurs minéraux (y compris le calcium, le magnésium et le fer) et des composés bénéfiques pour la santé tels que les flavonoïdes (**Brahmanage et al., 2020**).



**Photo 01** : plante de quinoa (**Beladjal et Debbachi, 2024**).

#### I.1.2 Origine et historique

Le quinoa est originaire de la région Andine de Bolivie et du Pérou et plus précisément des alentours du lac Titicaca (**Tapia et al., 1979**). Il est cultivé dans cette région depuis les

## Chapitre I : Synthèse bibliographique

dernières 5 000 à 7 000 années où il occupait une place de choix dans l'empire Inca juste après le maïs (Bhargava et al., 2006).

Il a été transmis par les migrations de bétail et commercialisé vers d'autres cultures anciennes vers le Nord (Venezuela, Colombie) et les extrémités méridionales de l'Amérique du Sud, à savoir en Argentine et le Chili (Tapia et al., 1979).

Cependant, après la conquête de la région par les Espagnols en 1532 (apr. J.-C.), d'autres cultures, ont reléguée le quinoa en arrière-plan, mais il a regagné en importance en raison de sa résilience aux conditions difficiles, notamment face à la sécheresse (Bhargava et al., 2006).

### I.1.3 Taxonomie

Le quinoa appartient au genre *Chenopodium* qui regroupe environ 250 espèces. On connaît environ 1800 variétés de quinoa (Foucault, 2012). Le quinoa est une plante dicotylédone angiosperme de la famille des *Amaranthaceae*, bien qu'il appartenait autrefois à la famille des *Chenopodiaceae* (Maughan et al., 2007). Depuis 2009, une nouvelle classification dite phylogénétique (APG III) range le quinoa dans la famille des *Amaranthaceae*, mais beaucoup de chercheurs se réfèrent à la classification de Cronquist (Tableau 1) (Herbillon, M., 2015).

**Tableau 1:** Classification scientifique du quinoa.

| Classification de Cronquist (1981)     |                       |
|----------------------------------------|-----------------------|
| Règne                                  | <i>Plantae</i>        |
| Division                               | <i>Magnoliophyta</i>  |
| Classe                                 | <i>Magnoliopsidae</i> |
| Sous-classe                            | <i>Caryophyllidae</i> |
| Ordre                                  | <i>Caryophyllales</i> |
| Famille                                | <i>Chenopodiaceae</i> |
| Genre                                  | <i>Chenopodium</i>    |
| Classification APG III (2009)          |                       |
| Ordre                                  | <i>Caryophyllales</i> |
| Famille                                | <i>Amaranthaceae</i>  |
| Nom binomial                           |                       |
| <i>Chenopodium quinoa</i> Willd., 1798 |                       |

### I.1.4 Description de quinoa de la plante

#### ➤ Racines

En raison de l'absence d'une période de dormance des graines, la germination du quinoa est extrêmement rapide. Elle s'initie en seulement quelques heures en présence d'une humidité de sol adéquate. La racicule s'allonge en première, puis continue de croître pour donner lieu à une racine pivotante pouvant atteindre 30cm de profondeur et à partir de laquelle vont se développer des racines secondaires et tertiaires, des quelles se forment des radicelles pouvant également se ramifier (**Tapia et al., 1979**).

#### ➤ Tige

La tige est cylindrique dans la couronne de la plante et anguleuse dans la ramification, de coloration variable du vert au rouge, avec souvent des stries et aussi aisselles pigmentées de couleur vert ou violet (**Apaza et al., 2013**).

#### ➤ Ramifications

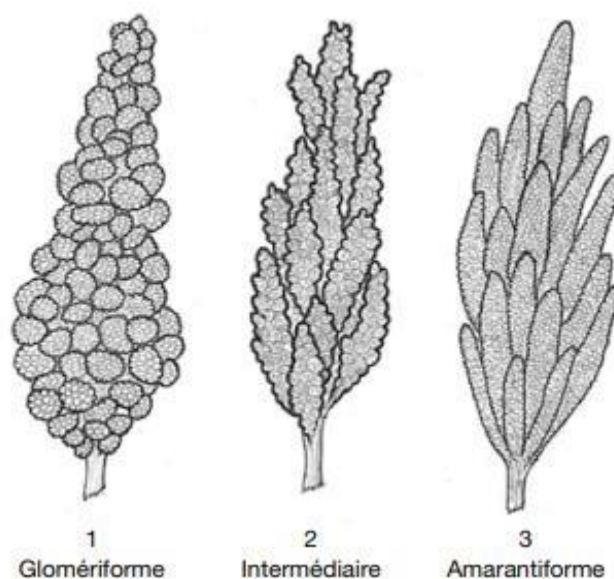
Les ramifications naissent sur la tige à l'aisselle de chaque feuille. Leur longueur varie selon les génotypes et les conditions environnementales (climat, type du sol...), allant de quelques centimètres jusqu'à une longueur équivalente à celle de la tige principale (**Jacobsen et al., 1993**).

#### ➤ Les feuilles

Les feuilles présentent un polymorphisme ; les feuilles supérieures sont lancéolées tandis que les feuilles inférieures sont rhomboïdales (**Bhargava et al., 2006**). Leur coloration est alterne, variant du vert au rouge. Elles peuvent être consommées comme légume pour sa haute valeur nutritive (**Calla, 2012**).

#### ➤ L'inflorescence

C'est une panicule typique, c'est-à-dire une inflorescence composée d'un axe central et de branches secondaires, tertiaires et pédicelles qui retiennent les glomérules. L'axe principal est plus développé que l'axe secondaire, il peut être relâché (amarantiforme) ou compact (glomérule), avec des formes intermédiaires entre eux (**Apaza et al., 2013**).



**Figure 01** : Forme de la panicule (FAO, 2013).

### ➤ Les fleurs

Le quinoa présente des fleurs hermaphrodites disposées en inflorescences en grappes, considérées comme de faux épis (panicules) (Del Castillo et al., 2008).

### ➤ Fruits et graines

Le fruit est un akène comprenant plusieurs couches, où chaque fruit contient une seule graine dont la couleur, la forme et la taille sont variables (Apaza et al., 2013).

Les grains de quinoa prennent des couleurs différentes blanche, jaune, rouge ou noir, selon les espèces (Yazar et al., 2014). Il existe quatre formes de graines : conique, cylindrique, ellipsoïdale et lenticulaire (FAO, 2013).

## I.1.5 Intérêts du quinoa

### I.1.5.1 Intérêt nutritionnel

Les graines de quinoa sont sans gluten, qui constituent une source nutritionnelle précieuse avec ses protéines, fibres, vitamines, et minéraux (Ren et al., 2018). Ces propriétés en font un aliment idéal pour divers groupes, y compris les enfants, les personnes âgées et les athlètes. De plus, il convient aux personnes souffrant de la maladie cœliaque et aux allergiques au blé (Nowak et al., 2016). Sa haute teneur protéines et ses minéraux, agissant comme cofacteurs dans les enzymes antioxydants, en font un choix optimal (Vega-Gálvez et al., 2010). Même la NASA l'a reconnu en l'utilisant pour nourrir les astronautes (Adetunji et al., 2021).

Son statut d' « aliment fonctionnel » promeut la santé et réduit le risque de maladies (Vega-Gálvez *et al.*, 2010).

Sur le plan médicinal, beaucoup d'étude sont menées sur les avantages de la plante vis-à-vis des problèmes de santé tels que : la prévention de l'ostéoporose, le maintien d'une bonne santé cardiovasculaire, et ses propriétés anti-inflammatoires, anti cancérigènes, anti oxydantes, cicatrisantes, anti-hypertensives et antidiabétiques. Avec ses multiples avantages médicaux documentés, le quinoa représente un potentiel de demande croissante (Adetunji *et al.*, 2021).

### I.1.5.2 Intérêt écologique

Le quinoa joue un rôle crucial dans le soutien de la biodiversité dans la région en fournissant un habitat et des moyens de subsistance à diverses espèces végétales et animales. Sa culture contribue au maintien de l'agrobiodiversité en préservant et en propageant les variétés traditionnelles (Bazile *et al.*, 2016).

La résilience du quinoa à divers climats et environnements difficiles en fait une aide efficace pour répondre à la demande alimentaire mondiale et lutter contre la pauvreté. Des études indiquent qu'il possède les qualités nécessaires pour relever les défis environnementaux mondiaux, comme l'atténuation du changement climatique, le dessalement des sols, la lutte contre les carences nutritionnelles et la réduction de la pauvreté (Jacobsen *et al.*, 1993 ; Zurita *et al.*, 2014).

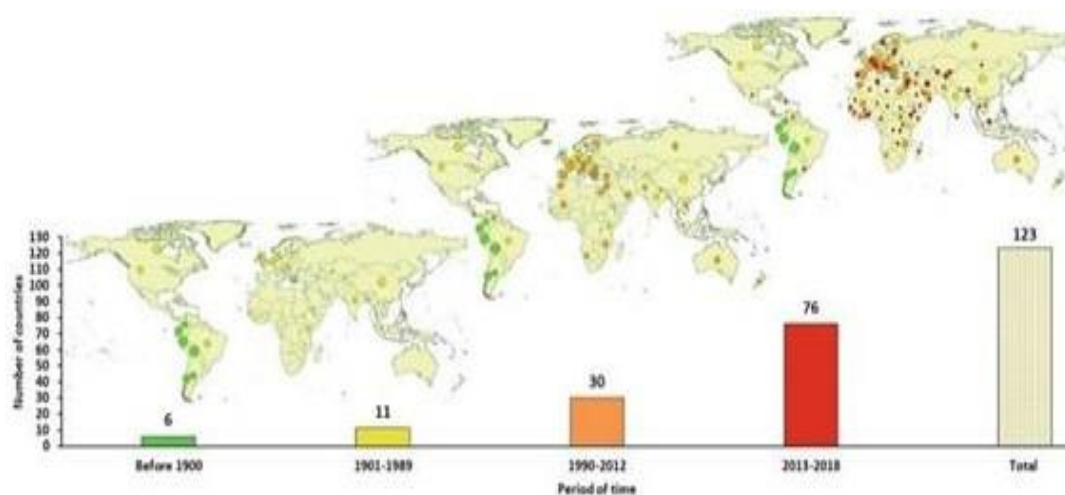
Selon l'étude de Hariadi *et al.* (2011), le quinoa pourrait offrir une solution efficace à la désalinisation dans les régions arides, tout en favorisant la croissance d'autres plantes résistantes au sel. Certaines variétés ont été remarquées pour leur forte capacité à absorber des métaux tels que le nickel, le chrome et le cadmium, les positionnant ainsi comme de bons candidats pour la dépollution des sols par phytoremédiation. Comparativement à d'autres plantes halophiles, le quinoa semble capable d'extraire une quantité plus importante de contaminants du sol, grâce à sa capacité à stocker des solutés organiques. Sa robustesse face à des conditions de sols contaminés en fait un choix pertinent pour les efforts de décontamination des sols.

### I.1.6 Répartition de la culture

#### I.1.6.1 Dans le monde

Pendant des millénaires, la production du quinoa était limitée aux Andes, son berceau d'origine, et seulement six pays la cultivaient avant le XXe siècle.

Cependant, l'intérêt croissant pour ses qualités agricoles et nutritionnelles a attiré l'attention mondiale à la fin du XXe siècle. Des initiatives de recherche et l'ouverture de nouveaux marchés ont conduit à sa diffusion dans plus de 120 pays, à des fins tant commerciales que de recherche. Au cours des trente dernières années (de 1990 à 2018), le quinoa a été introduit dans 106 pays en dehors de sa région d'origine. Des efforts de recherche européens dans les années 1990 et la désignation de l'Année Internationale du quinoa en 2013 par les Nations Unies ont largement contribué à cette diffusion (Figure 02). Bien qu'initialement considéré comme une culture majeure uniquement en Bolivie, au Pérou et en Équateur, le quinoa est désormais cultivé sur tous les continents (**Alandia et al., 2021**).



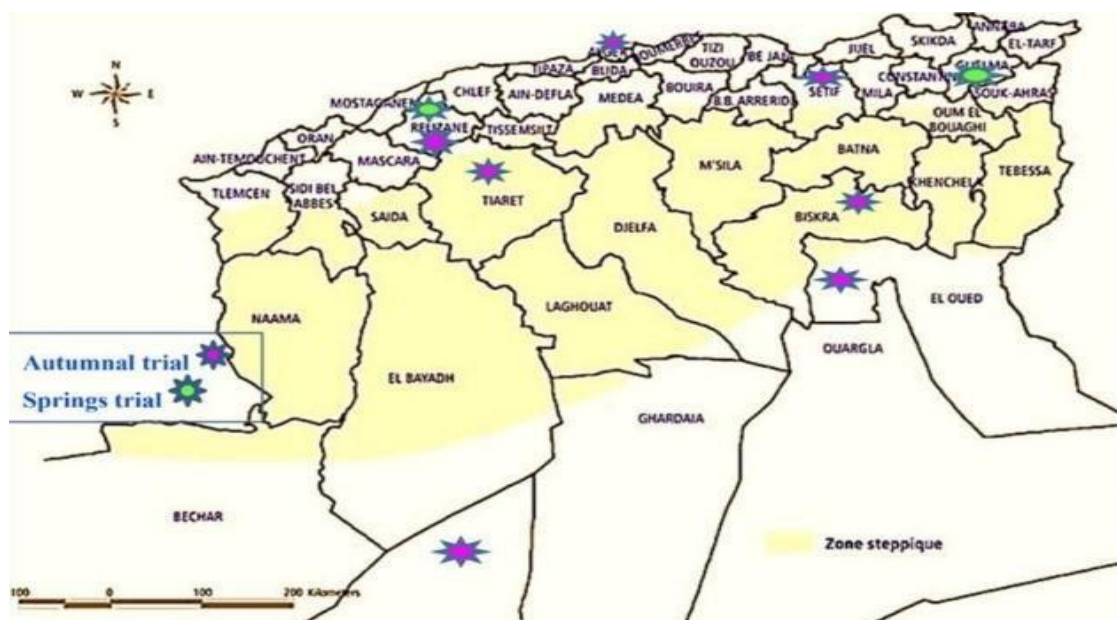
**Figure 02** : Répartition mondiale du quinoa sur quatre période (**Alandia et al., 2021**).

#### I.1.6.2 En Algérie

Suite à la déclaration de l'Année Internationale du quinoa en 2013, il a été introduit dans 76 pays du monde : 31 en Afrique, 24 en Asie et 15 en Europe. Un projet régional de la FAO intitulé « Techniques d'assistance au renforcement du système alimentaire associé au quinoa », a également été lancée entre 2013-2015, impliquant la distribution des accessions de quinoa

entre les centres de recherche nationaux et les institutions dans huit pays d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient (Algérie, Egypte, Irak, Iran, Liban, Mauritanie, Soudan et Yémen) pour évaluer ces génotypes sous des conditions semi-arides et arides (**Maamri et al., 2022**).

L'Algérie fait partie des pays qui ont bénéficié de l'expansion du quinoa grâce à l'expertise scientifique et technique fournie par la FAO pour évaluer le comportement de 16 génotypes lors de sa première introduction dans le pays en 2013-2014. Lors de cette première expérience, huit sites d'essais ont été choisis pour représenter les différentes régions agroécologiques du pays. Il s'agissait de Baïnem (Alger), Sétif, Tiaret, Relizane, Guelma, Biskra, El Oued et Adrar (**Maamri et al., 2022**).



**Figure 03:** Localisation des premiers essais de culture du quinoa en Algérie tel

que rapporté par l'ITDAS (**Maamri et al., 2022**).

## I.2 Les maladies fongiques

### I.2.1 Les champignons phytopathogènes

Les champignons pathogènes des végétaux sont les plus divers et les plus impactants économiquement. Ils utilisent diverses stratégies pour obtenir les éléments nutritifs des plantes, établissant à la fois des interactions bénéfiques et nuisibles. Ils sont largement classés en deux phyla : les *Ascomycota* et les *Basidiomycota*, et sont ensuite classés en trois groupes en fonction

## Chapitre I : Synthèse bibliographique

---

de leur mode de pathogenèse : les pathogènes biotrophes, nécrotrophes et hémibiotrophes (Haldar et al., 2021).

**A/ Les agents pathogènes biotrophes** : c'est un groupe fongique très dommageable sur le plan économique, provoquant souvent des symptômes légers et ont un cycle de vie obligatoire ou non obligatoire. Les biotrophes obligatoires provoquent des maladies comme l'oïdium et la rouille, tandis que les biotrophes facultatifs comprennent certaines espèces de charbons et de claviceps. Ils commencent généralement l'infection en germant sur une feuille et en pénétrant par les pores stomatiques ou, dans certains cas, en germant à la surface de la feuille et en pénétrant dans les cellules épidermiques à l'aide d'appressoria (Haldar et al., 2021).

**B/ Les agents pathogènes nécrotrophes** : se développent sur la matière végétale décédée. Ils sont généralement classés en deux types : l'un qui cible et détruit les plantes saines, et l'autre groupe connu sous le nom d'agents pathogènes secondaires de type nécrotrophe. Ces derniers se nourrissent de tissus végétaux morts mais peuvent occasionnellement infecter des plantes affaiblies. Ces champignons libèrent des toxines pour tuer et coloniser les plantes. En fonction des toxines libérées, elles sont ensuite classées en espèces à gamme d'hôtes étroite et à gamme d'hôtes large. Certains, comme *Cochliobolus carbonum*, *C. heterostrophus* et *C. victoriae*, produisent des toxines spécifiques à l'hôte, tandis que d'autres, comme *Botrytis cinerea* et *Sclerotinia sclerotiorum*, manquent d'une telle spécificité et peuvent infecter une grande variété d'espèces végétales (Haldar et al., 2021).

**C/Les agents pathogènes hémibiotrophes** : présentent des comportements à la fois biotrophes et nécrotrophes. Ils commencent généralement par une phase biotrophique, au cours de laquelle ils établissent des structures spécialisées comme des filaments et des haustoria, et sécrètent des effecteurs pour supprimer les défenses des plantes. Par la suite, ils passent à une phase nécrotrophe, marquée par des changements de développement importants. Les exemples incluent le champignon de la pyriculariose du riz *Magnaporthe oryzae* et les champignons responsables de l'anthracnose tels que *Colletotrichum graminicola*, qui affectent de nombreuses espèces de plantes dicotylédones et monocotylédones. D'autres agents pathogènes hémibiotrophes comprennent *Fusarium*, *Verticillium*, *Mycosphaerella*, entre autres (Haldar et al., 2021).

### I.2.2 Les maladies fongiques du quinoa

#### I.2.2.1 Le mildiou (*Peronospora variabilis*, *P. farinosa*)

Le mildiou, causé par l'oomycète *Peronospora variabilis*, est la principale maladie affectant le quinoa à l'échelle mondiale. Autrefois désigné sous le nom de *Peronospora farinosa* f. sp. *Chénopodii* (Fr.), il a été reclassé suite à des recherches en 2008 et 2010 par **Choi et al.** Détecté pour la première fois au Pérou en 1947, il s'est depuis propagé dans de nombreux pays. Les conditions favorables à son développement sont des températures modérées et très humides (**Rojas et al., 2015**).

Les symptômes sur les plantes de quinoa varient selon le cultivar, le stade de croissance et les conditions environnementales, mais comprennent généralement des lésions chlorotiques sur les feuilles, des zones de sporulation gris-violacé sur la face inférieure des feuilles et une défoliation précoce importante (**Alandia et al., 1979**). Bien que principalement affectant le feuillage, des symptômes peuvent également apparaître sur les tiges, branches, inflorescences et grains (**Danielsen et al., 2004**).



**Photo 02:** Des taches typiques causées par *Peronospora variabilis* qui varient selon la couleur de la plante de quinoa (**Bazile et al., 2015**).

#### I.2.2.2 Maladies des feuilles

##### A/ Tache des feuilles (*Ascochyta hyalospora*)

La tache foliaire du quinoa, causée par *Ascochyta hyalospora*, est une maladie transmise par les graines. Ses symptômes comprennent généralement des taches circulaires de couleur

claire (0,5 à 1,0 cm) avec une bordure brun clair, évoluant vers une nécrose, souvent avec des pycnides noires visibles. Des infections graves peuvent entraîner une perte de feuilles. Des études sur les graines de quinoa Bolivien ont révélé des taux d'infection allant de 7,8 à 26,3 %. Le champignon provoque un brunissement de la racine et de l'hypocotyle pendant la germination, entraînant parfois la mort de plants fortement infectés (Colque et al., 2021).



**Photo 03:** Feuilles présentant des symptômes d'infection causée par *A. hyalospora* (A) sur la face adaxiale de la feuille et (B) la face côté abaxial. (C) Tige montrant des pycnides et une tige brune. (D) Tige montrant des pycnides. (E) Conidies d'*A. hyalospora*. (F) *A. hyalospora* : (a) pycnide ( $\times 200$ ) ; (b) cellules conidiogènes de pycnide ( $\times 1000$ ) ; (c) des conidies de pycnide ( $\times 400$ ); (d) conidies bi et tri-septées provenant de pycnides sur une tige inoculée de *C. quinoa* ( $\times 400$ ); (e) les conidies de pycnide sur la tache foliaire d'une feuille inoculée de *C. quinoa* ( $\times 400$ ) (Colque et al., 2021).

### B/ Tache des feuilles (*Heterosporicola beijingense* sp. nov.)

*Heterosporicola beijingense* sp. nov. appartenant à la famille des *Leptosphaeriaceae* au sein de l'ordre des *Pleosporales*, a été identifiée en association avec la maladie des taches foliaires sur *Chenopodium quinoa* à Pékin, en Chine. Ce champignon coelomycète produit des conidies oblongues à ellipsoïdales, hyalines et aseptées. L'analyse phylogénétique basée sur les séquences LSU, SSU, ITS et TEF confirme son placement dans le genre *Heterosporicola* (Brahmanage et al., 2020).

Malgré des similitudes avec d'autres espèces d'*Heterosporicola*, ce nouveau taxon présente des caractéristiques génétiques distinctes, justifiant sa classification en tant que nouvelle espèce. Les symptômes de la maladie comprennent des taches circulaires sur les feuilles de quinoa, initialement jaunâtres-brunes à brun-rougeâtre, entourées de tissus plus

clairs, évoluant vers la formation de tourbillons de conidiomates noirs et de trous de tir sur les feuilles à des stades avancés (Brahmanage et al., 2020).

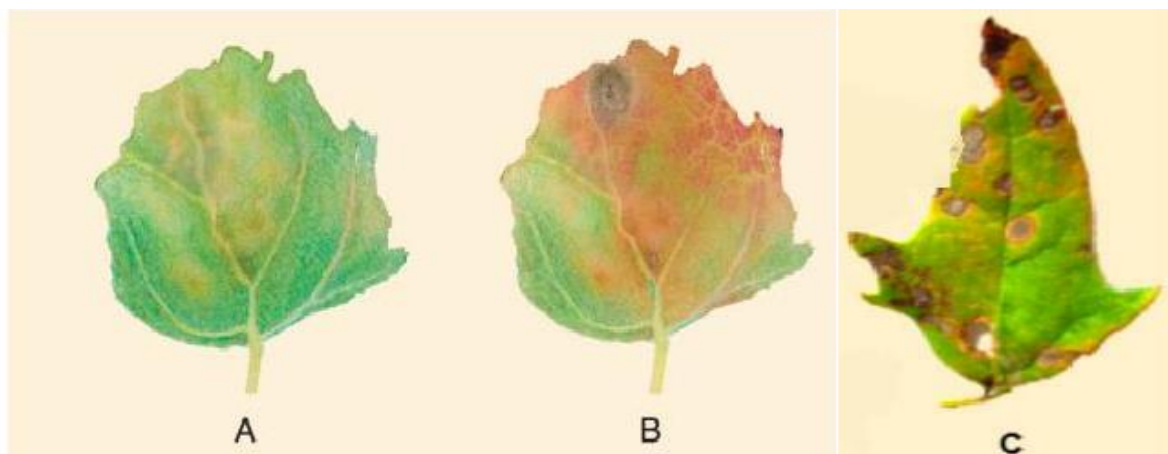


**Photo 04:** Tache foliaires causée par *Heterosporicola beijingense* sp. nov. Du quinoa (Brahmanage et al., 2020).

### C/ Tache des feuilles (*Cercospora* cf.)

La tache foliaire de *Cercospora*, trouvée sur le quinoa dans le Shanxi, en Chine, est causée par *Cercospora* cf. *chenopodii*. Cette identification a été établie suite à une analyse approfondie impliquant le séquençage multi-locus et l'évaluation phylogénétique, en mettant l'accent sur les gènes LSU rpb2 et ITS. La désignation provisoire "cf" indique une identification préliminaire, bien que la plupart des caractéristiques clés ressemblent à celles de *C. chenopodii*. Des analyses phylogénétiques suggèrent de reclasser plusieurs espèces de *Passalora* sous *Cercospora* Feresen sur la base de LSU, rpb2, ITS, cmdA et d'autres séquences génétiques. Au sein de ce groupe phylogénétique, *P. dubia* est considéré comme synonyme de *Cercospora* cf. *chenopodii* (Colque et al., 2021).

Initialement, les lésions présentent une forme presque ronde et varient du jaune pâle au brun clair. Au fur et à mesure de leur progression, les lésions deviennent brun grisâtre, avec une surface légèrement sur élevée, accompagnée d'un halo jaune, et un diamètre moyen de 5,4 mm (Colque et al., 2021).



**Photo 05:** Symptôme des taches feuilles causée par *Cercospora cf.* ; (A et B) Symptômes foliaires de la cercosporiose, (C) Symptômes de *P.dubia* sur les tissus des feuilles (**Colque et al., 2021**).

### **D/Tache des feuilles (*Alternaria alternata*).**

Les feuilles touchées par l'*Alternaria* développent généralement des taches de maladie qui se forment dès le stade dominant jusqu'au stade de remplissage du grain. Ces taches endommagent les feuilles en provoquant des lésions rondes ou presque rondes. Les premiers symptômes se manifestent par des lésions jaune clair ou vert clair sur la face avant des feuilles, évoluant ensuite vers des lésions jaune-vert ou jaune-brun clair avec une couche de moisissure jaune-vert à l'avant et à l'arrière de la lésion. Les lésions deviennent ensuite flétries et fissurées, conduisant éventuellement à la formation de grandes taches irrégulières, le jaunissement et la chute des feuilles. La maladie se développe rapidement lorsque la température oscille entre  $(25 \pm 3) ^\circ\text{C}$  et que l'humidité relative est d'environ  $60 \% \pm 10\%$  (**CHEN et al., 2022**).



**Photo 06:** Symptôme des taches foliaires alterariennes du quinoa. A : Symptômes à un stade précoce ; B-D : Symptômes au stade intermédiaire ; E-F : Symptômes à un stade avancé (CHEN et *al.*, 2022).

### I.2.2.3 Maladies des tiges

#### A/Pourriture brune de la tige (*Phoma exigua* var. *foveata*)

*Phoma exigua* var. *foveata*, un pathogène du sol, prospère dans des environnements caractérisés par des températures basses et une humidité élevée, comme c'est le cas dans les hauts plateaux Andins pendant la saison de croissance (Nolen, H. (2019)). *Phoma exigua* var. *foveata*, est apparu pour la première fois sur le plateau Péruvien en 1974-1975. La tige et l'inflorescence sont principalement touchées par ce champignon, qui cause des lésions brun foncé avec un bord vitreux (Li et *al.*, 2017).

Les premiers symptômes se manifestent par de petits points humides sur la partie supérieure de la tige, qui s'étendent progressivement et affaiblissent la tige, la rendant sujette à la rupture (Danielsen et *al.*, 2003).



**Photo 07:** pourriture brune de la tige causée par *Phoma exigua* var. *foveata* (**Huaman Estofanero, 2021**)

### **B/Tache oculaire la tige (*Phoma* sp.)**

Le champignon *Phoma* sp. affecte principalement les tiges, et dans une moindre mesure, les feuilles, les branches, les pétioles et les pédoncules floraux, entraînant leur étranglement et leur mort. Les tiges présentent des lésions ogivales de couleur gris clair au centre avec des bords bruns, entourées d'un halo vitreux. Des points noirs visibles à l'intérieur des lésions correspondent aux pycnides du champignon, pouvant mesurer jusqu'à 2 à 3 cm. En cas d'attaques sévères, ces lésions peuvent se rejoindre pour couvrir toute la circonférence de la tige (**Tapia et al., 1979**).

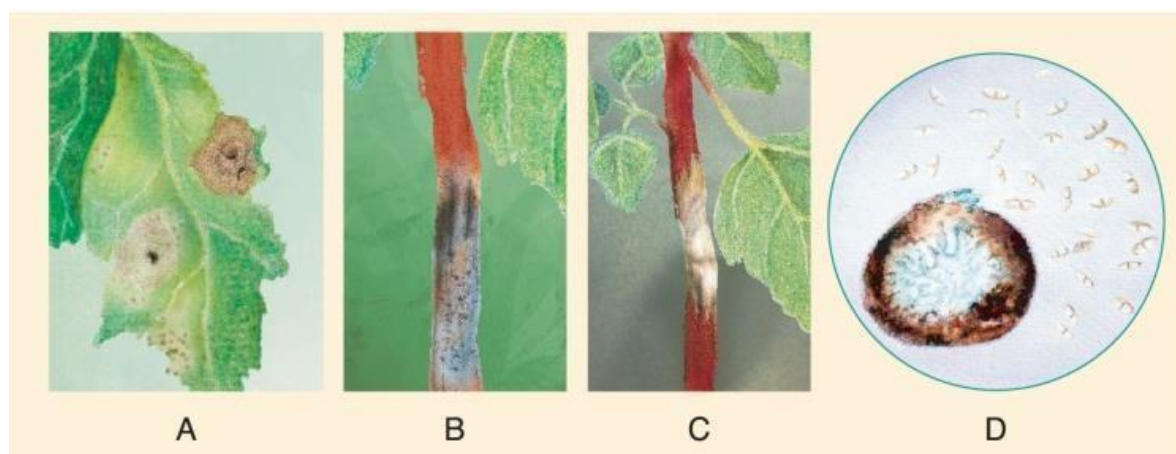
Sous des conditions d'humidité continue, les feuilles peuvent également être touchées, entraînant des taches et une défoliation importante. Contrairement à d'autres champignons, *Phoma* sp. ne nécessite pas de blessures mécaniques pour pénétrer. Les pycnides sont rarement observées sur les feuilles dans des conditions naturelles (**Tapia et al., 1979**).



**Photo 08:** Tache oculaire la tige causée par *Phoma* sp. (Huaman Estofanero., 2021).

### C/ Tige noire (*Ascochyta caulina*)

*Ascochyta caulina* est le pathogène de la maladie de la tige noire du quinoa. Il infecte principalement les tiges et en produisant de nombreuses pycnides, mais rarement les feuilles. Selon les tests de pathogénicité, la température idéale pour l'émergence de la maladie est située entre 15 et 25°C. Les symptômes se manifestent principalement par des lésions en forme de losange sur les tiges, débutant dans les parties moyennes et basses des tiges et s'étendant progressivement vers le haut. Les premiers stades montrent des lésions pâles ou brunâtres, avec des marges distinctes et des dépressions légères, tandis que les stades avancés présentent des lésions noires accompagnées de nombreuses petites taches noires (pycnides) (Yin et al., 2020).



**Photo 09:** Symptômes typiques de la tige noire du quinoa en Chine. (A) Symptômes induits par *A. caulina* sur *C. quinoa*. (B) Lésion en forme de losange de 10 dpi sur la tige de quinoa avec présence de pycnides. (C) Tige de quinoa nécrotique avant la verse ; (D) caractéristiques morphologiques des conidies et des pycnides de *A. caulina* (Colque et al., 2021).

### D/ La pourriture des tiges (*Choanephora cucurbitarum*)

Initialement, les signes de la maladie sont des taches humides sur la tige qui se transforment en lésions brunes à brun foncé qui s'étendent sur toute la tige et qui entraînent souvent la rupture de la partie infectée du reste de la plante. En cas d'humidité élevée, des infections graves entraînent fréquemment le flétrissement et la mort de la plante (Sun et al., 2018 ).



**Photo 10:** pourriture de la tige causée par *choanephora cucurbitarum* du quinoa (Sun et al., 2018 ).

#### I.2.2.4 Pourriture des racines et de la fonte de semis

Le symptôme de la maladie est la pourriture noire de la racine de quinoa, fournissant moins d'eau et de nutriments aux tiges et aux feuilles, ce qui entraîne le jaunissement des feuilles ou la mort par flétrissement. Les agents pathogènes de la pourriture des racines du quinoa n'ont pas été clairement identifiés. Il est considéré, généralement, que la pourriture des racines est une maladie transmise par le sol et provoquée par des champignons (Li et al., 2017).

#### A/ Pourriture des graines et la fonte des semis *Sclerotium rolfsii* Sacc.

Ont été observées pour la première fois en Californie en 1980. Ce problème s'est manifesté par une fonte des semis avant et après la levée des graines de quinoa dans les champs, caractérisée par un annelage des tiges et un effondrement inégal (Danielsen et al., 2003).

#### B/ Fonte des semis induite par *Pythium zingiberum*

Une autre menace potentielle pour la culture du quinoa est la fonte des semis induite par le *Pythium zingiberum*, connu pour provoquer la pourriture des rhizomes du gingembre. Les expériences d'inoculation ont montré la grande vulnérabilité du quinoa au *Pythium*

*zingiberum*, identifié morphologiquement comme *Whetzelinia* sp., précédemment classé comme *Sclerotinia*. L'inoculation d'ascospores a entraîné une croissance mycélienne, le développement de sclérotés foncés et des symptômes de pourriture sèche, de flétrissement et de progression vers la panicule (Colque-Little et al., 2021).

### C/ Damping-off causé par *Rhizoctonia solani* et *Fusarium* spp.

La fonte due au damping-off et le flétrissement du quinoa a été signalée pour la première fois en 1998 au Centre International de la Pomme de terre. *Rhizoctonia solani* et *Fusarium* spp. ont été isolés des champs de quinoa pendant cette saison, causant des maladies des racines et des semis. Les tests de pathogénicité sur les semis infectés par *Rhizoctonia solani* et *Fusarium* spp. ont révélé que *R. solani*, isolé des champs péruviens, inhibait la germination des graines et provoquait des lésions enfoncées sur les tiges des vieilles plantes au niveau du sol. *Fusarium* spp. induisait le flétrissement chez les vieilles plantes surtout dans des conditions de forte humidité du sol (Danielsen et al., 2003).

#### I.2.2.5 Moisissure grise (*Botrytis cinerea*)

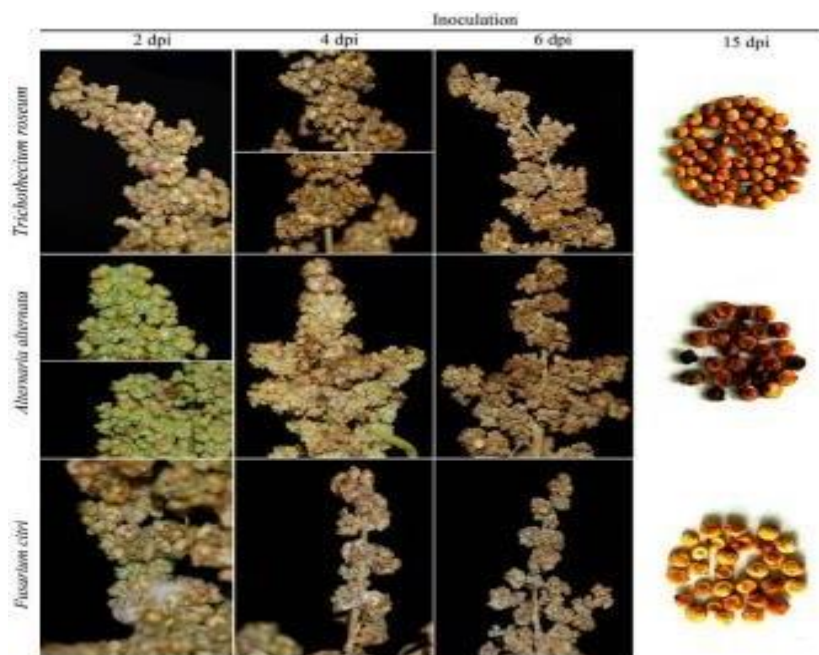
La pourriture grise du quinoa a été observée pour la première fois à Cambridge. Dans les années 1980, lors de son introduction en Grande-Bretagne, la variété Baer de quinoa a été infectée par le champignon nécrotrophe. *Botrytis cinerea* infecte les tiges et les inflorescences du quinoa mature. Lorsque l'axe central de l'inflorescence est affaibli et ramolli par l'infection, les axes secondaires sont susceptibles de s'effondrer (Haldar et al., 2021).

#### I.2.2.6 Pourriture de la panicule du quinoa

Le flétrissement de la panicule de quinoa est une maladie récemment identifiée qui constitue une menace significative pour la production de quinoa en Chine. Cette maladie se caractérise par la présence d'un film de moisissure rose pâle, gris-blanc ou brun foncé sur les grains pendant la phase de remplissage, ce qui entraîne une décoloration, un sous-remplissage et une malformation des grains. Étant une maladie économiquement significative qui a un impact sur la qualité et la quantité du quinoa, son origine reste à définir (Yin et al., 2021).

D'après Yin et al. (2021), les agents responsables sont *Trichothecium roseum*, *Alternaria alternata* et *Fusarium citri*, chacun ayant des préférences différentes pour les conditions environnementales. La prévalence de la maladie est liée à une hausse de la température, notamment dans les zones humides. Il est essentiel de saisir ces pathogènes et leurs

exigences environnementales afin de concevoir des stratégies de contrôle efficaces pour diminuer l'influence du QPR sur la production de quinoa.



**Photo 11:** Symptôme sur les panicules de quinoa induit par l'inoculation par: *Trichothecium roseum*, *Alternaria alternata*, and *Fusarium citri*. Pathogénicité sur les panicules à différents jours après l'inoculation (Yin et al., 2021).

### I.2.2.7 Pourriture verte (*Cladosporium sp.*)

Egalement appelée pourriture des oreilles, causée par *Cladosporium sp.*, présente des symptômes distincts. Sur les feuilles, une sporulation verte indique son apparition pouvant s'étendre selon le taux d'humidité, accélérant la chute des feuilles. En cas d'humidité excessive, le pathogène peut se propager jusqu'à la panicule, augmentant ainsi les pertes économiques de 5% supplémentaires en plus de celles causées par le mildiou, si la panicule est endommagée (Alcon et al., 2014).



**Photo 12:** Pourriture verte causée par *Cladosporium sp.* (Alcon et al., 2014).

### I.3 Lutte biologique contre les maladies fongique

Le biofongicide est le nom général donné aux micro-organismes (pesticides microbiens) et aux composés naturels qui possèdent la capacité de contrôler les maladies des plantes (pesticides biochimiques) (Abbey et al., 2019).

#### I.3.1 Utilisation des microorganismes

Les biofongicides microbiens sont hautement appréciés dans la gestion intégrée des pathogènes en raison de leurs caractéristiques diverses et uniques. Ces biofongicides agissent principalement par des mécanismes tels que la compétition pour les ressources, la production de sidérophores et d'enzymes, l'antibiose, la formation de biofilms et l'induction de la résistance des plantes. En revanche, les fongicides conventionnels ciblent généralement la respiration fongique ou la biosynthèse des stérols. Les bactéries et les champignons sont les deux principaux types de micro-organismes utilisés comme biofongicides, avec des genres bactériens tels que *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Yersinia*, et des champignons tels que *Trichoderma spp.*, jouant un rôle important dans l'inhibition de divers champignons telluriques responsables de la décomposition des plantes (Fenta et al., 2024).

#### I.3.2 Utilisation des extraits biologiques

Depuis l'Antiquité, les plantes sont utilisées pour leurs composés bioactifs, souvent dans la médecine traditionnelle et dans la conservation des aliments. Les plantes aromatiques et médicinales, classées comme herbes et épices, sont particulièrement riches en composés biologiquement actifs. Les extraits et les huiles essentielles dérivés de divers tissus et espèces

végétales possèdent un potentiel important en tant qu'agents antifongiques efficaces (**Deres et al., 2023**).

Ces composés fonctionnent en inhibant la production de cutinases et de laccases, des enzymes que les agents pathogènes utilisent pour dégrader les parois cellulaires des plantes, protégeant ainsi les cultures des dommages fongiques. Ces composés bioactifs organiques, caractérisés par leur faible poids moléculaire, sont considérés comme non essentiels au maintien de la vie végétale. Mais essentiels à la survie des organismes qui les produisent. Ils englobent une variété de substances telles que les alcaloïdes de type indole, la malicine, les nemaazals, les tanins, les flavonoïdes, les coumarines, les anthraquinones, les lectines, les polypeptides monoterpéniques, le citral, les résines, les glycosides, les saponines, les gommes, les composés phénoliques et les huiles essentielles comme le thymol (un phénol monoterpénoïde avec une odeur) présent dans l'origan (**Deres et al., 2023**).

De nombreuses études mettent en évidence l'efficacité de ces produits végétaux bioactifs dans la gestion de la croissance fongique et de la production de mycotoxines. Les exemples incluent les huiles de cannelle, de clou de girofle, d'origan, de palma rosa, de citronnelle, l'huile d'arbre à thé, thym commun, feuilles de cannelle et huiles de graines, ainsi que des extraits de basilic, de neem, d'eucalyptus, de dalura, d'ail et de laurier-rose (**Deres et al., 2023**).

### **I.3.2.1 Valorisation de la saponine dans la lutte contre les champignons phytopathogènes**

Les activités biologiques des saponines de quinoa, connues pour leur goût amer et leur toxicité potentielle à des concentrations élevées, sont distribuées dans toute la plante de quinoa. Bien que les études n'aient pas encore étayé les rôles spécifiques et les facteurs limitants de la production de saponines de quinoa, leur présence est généralement reconnue comme un mécanisme de défense contre les menaces naturelles pesant sur la plante. Ces composés démontrent diverses propriétés physicochimiques et biologiques, englobant des effets antioxydants, analgésiques, immunostimulants, antimicrobiens, antiviraux, cytotoxiques, anti-inflammatoires et hémolytiques. De plus, ils influencent l'absorption de certains minéraux et vitamines, ainsi que la croissance des organismes consommateurs (**El Hazzam et al., 2020**).

**Woldemichael et Wink (2001)**, ont mis en évidence les propriétés antifongiques d'un extrait brut de saponine de *C. quinoa*, inhibant la croissance de *Candida albicans* à une

concentration de 50 µg/ml. Cependant, les saponines isolées (formes mono-, bi- et tridesmosidiques) ont montré une activité antifongique plus faible, les saponines mono- et bidesmosidiques présentant des concentrations inhibitrices minimales (CMI) de 100 et 500 µg/ml, respectivement.

L'activité supérieure de l'extrait brut est attribuée aux interactions synergiques entre ses composants, affectant potentiellement plusieurs cibles moléculaires simultanément. De plus, la chaîne glucidique au sein des saponines influence la perméabilité membranaire en raison de leur nature amphiphile (**El Hazzam et al., 2020**).



## ***Chapitre II :***

### ***Matériel et méthodes***



### **II.1 Matériel biologique**

#### **II.1.1 Matériel végétal**

Les échantillons provenaient de plantes de quinoa représentant des symptômes fongiques sur les différents organes récoltés, provenant de deux stations de la région de Ouargla.

Les cultures correspondent à deux parcelles expérimentales, le premier site est situé au niveau de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Kasdi Merbah. Le deuxième site se situe dans la région à Ain El Beida, Ouargla.

### **II.2 Méthode d'étude**

#### **II.2.1 Isolement et identification des champignons phytopathogènes**

##### **II.2.1.1 Préparation du milieu PDA**

Les champignons sont cultivés sur un milieu de culture gélosé à base de pomme de terre (PDA). Le milieu PDA est un milieu peu sélectif, permettant l'isolement d'un grand nombre de moisissure (**botton et al., 1990**).

##### **Préparation**

Dissoudre 40g de poudre PDA (Potato Dextrose Agar) dans 1 litre d'eau distillée sous chauffage et agitation. Le milieu est porté à l'autoclave pour une stérilisation à 120°C pendant de 20min (**Mondo et al., 2016**).

##### **II.2.1.2 Collecte des échantillons de plantes**

Les plantes de quinoa ont été prélevées des trois stations retenues durant le mois de février 2024, sous une température d'ambiante. L'échantillonnage est effectué de façon ciblée sur des plantes malades qui présentaient des symptômes de maladies fongiques est recueillis dans des sacs stériles et non transparent. Une fois la collecte terminée, les plantes sont transportées au laboratoire pédagogique de microbiologie de la Faculté SNV pour l'isolement des agents pathogène.



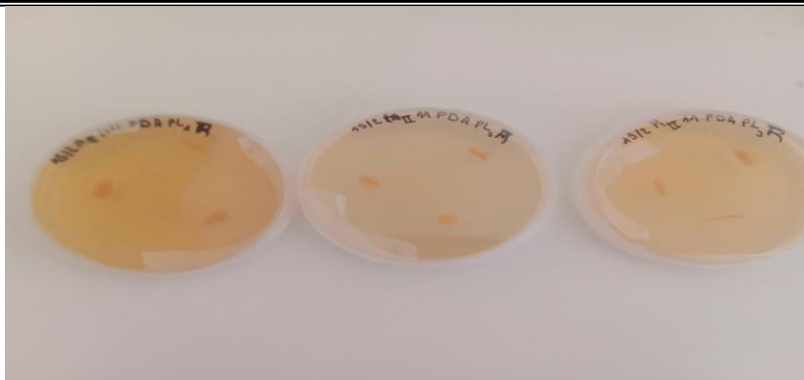
**Photo 13:** Symptômes des maladies fongiques sur feuilles de quinoa

### II.2.1.3 Isolement des agents pathogènes

La méthode d'isolement à partir des tissus a été utilisée pour tenter d'isoler les champignons des organes malades. De petits morceaux des organes ( $0,5 \times 0,5$  cm) ont été stérilisés en surface pour éliminer les microorganismes épiphytes tel que décrit par **Brahmanage et al. (2020)**, par immersion dans une solution d'hypochlorite de sodium à 5 % pendant deux minutes et dans l'éthanol à 70 % pendant cinq minutes ; Un triple lavage avec de l'eau distillée stérile a été effectuée à la fin de chaque désinfection. Les fragments ont été déposés sur des boîtes de Pétri contenant le milieu PDA, puis incubés pendant sept jours à 25 °C (**Fonseca-Guerra et al., 2023**).



**Photo 14:** Désinfection des échantillons



**Photo 15:** Boîtes de Pétri contenant des fragments des échantillons cultivés sur milieu PDA

### II.2.1.4 Repiquage et purification

La purification des isolats fongiques a été effectuée sur de nouvelles boîtes de Pétri, contenant toujours le milieu PDA et incubées pendant 7 jours à 25 °C, par repiquages successifs en points pour l'épuisement des champignons poussés. Les dernières colonies poussées sur les points de repiquages successifs par épuisement ont constitué les isolats purs, trois repiquages sont nécessaires pour obtenir des colonies pures (**Compaore et al., 2016**).

### II.2.1.5 Conservation

Après purification et identification, les souches sont conservées au froid (4°C), dans des tubes contenant le milieu PDA incliné (**Saxena et Gupta, 2019**).

## II.2.2 Pré-identification des souches fongiques

L'identification d'une espèce fongique repose sur l'analyse de critères cultureux (température et vitesse de croissance, milieux favorables) et morphologiques. Ces derniers sont constitués des paramètres macroscopiques (aspect des colonies, de leur revers) et microscopique (aspect du mycélium, des spores, des phialides, des conidiophores... etc.) (**Tabuc, 2007**).

### II.2.2.1 Identification macroscopique

D'après **Guiraud (1998)**, pour faire une identification macroscopique, les caractères cultureux étudiés sont : la vitesse de croissance des colonies, la couleur des colonies et sa variation en fonction du temps, la texture de la surface, éventuellement présence de gouttes de transpiration sur le mycélium aérien, la couleur de l'envers des boîtes, l'odeur des colonies et le changement de la couleur du milieu utilisé, l'aspect des colonies

## ***Chapitre II : Matériels et méthodes***

---

### **II.2.2 Identification microscopique**

A partir des cultures pures, nous avons réalisé des montages entre lame et lamelle pour des observations microscopiques concernant l'aspect, la forme et la couleur du mycélium, la présence ou l'absence de fructifications, les modalités de regroupement des fructifications (solitaire ou en grappes) et les conidiospores (couleur, ramification, groupé, solitaire) (Tabuc, 2007).

Généralement, un examen à l'objectif 40 est suffisant pour mettre en évidence la plupart d'éléments importants. Les caractères ainsi observés et photographiés sont comparés à ceux décrits dans les clés de détermination (Tabuc, 2007).

### **II.3 Bio-contrôle *in vitro* des champignons par utilisation de la saponine du quinoa**

#### **II.3.1 Extraction des saponines**

La poudre de saponine de quinoa a été extraite en utilisant 10g de saponine dans 100 ml d'eau distillée stérile pendant 30 minutes à température ambiante et sous agitation, suivie d'une filtration avec des filtres Whatman (Stuardo *et al.*, 2008).

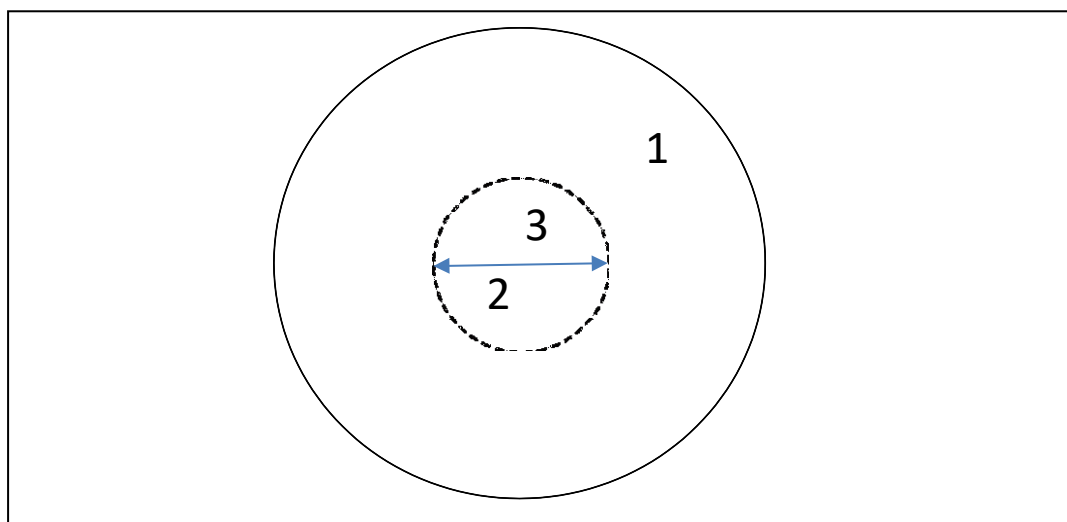
Cet extrait, non purifié, est ensuite stérilisé par micro-filtration. La stérilisation par filtration est utilisée pour les milieux sensibles à la chaleur lorsque la viscosité est faible. Elle implique l'utilisation de membranes filtrantes à usage unique, généralement en acétate de cellulose avec des pores de 0,45 µm. Cette méthode est pratique pour filtrer de petits volumes de milieu (Guiraud *et al.*, 1998).



**Photo 16:** la filtration d'extrait aqueux de saponine par micro filtre.

### II.3.2 Détermination de l'activité antifongique

Les extraits de saponine, à différentes concentrations (1, 3 et 5 %), ont été testés contre trois champignons isolés (S2F4, S8F01, S14R01 ; S=symptôme, F=feuille ; R=racine). L'activité antifongique des extraits a été évaluée à l'aide du test de croissance radiale sur milieu PDA. La croissance radiale a été mesurée selon deux axes perpendiculaires tracés à la base de chaque boîte de Pétri et qui se coupent au milieu de l'explant (Koné *et al.*, 2009).



**Figure 04:** lecture de la croissance radiale des champignons; milieu PDA contient extrait aqueux à différentes concentrations (1); colonies des champignons (2); diamètre de colonie (3).

Les extraits ont été ajoutés à différentes concentrations de saponine (1, 3 et 5 %) dans des boîtes de Pétri contenant 20 ml de PDA.

Pour chaque concentration testée, deux répétitions ont été utilisées. Le milieu de culture a été inoculé avec des fragments mycéliens provenant d'une culture en croissance active des souches testées. Les témoins consistent à inoculer les souches fongiques en l'absence de saponine. Après 8 jours d'incubation à 25°C, le diamètre des colonies a été enregistré (Stuardo *et al.*, 2008).

L'efficacité de chaque extrait a été déterminée à partir du taux d'inhibition calculé par rapport au diamètre moyen du témoin selon la formule suivante :

$$\text{Taux d'inhibition} = \frac{T-E}{T} \times 100$$

T = valeur moyenne de croissance radiale chez les traitements témoins.

E = valeur moyenne de croissance radiale chez les traitements essais (Koné *et al.*, 2009).



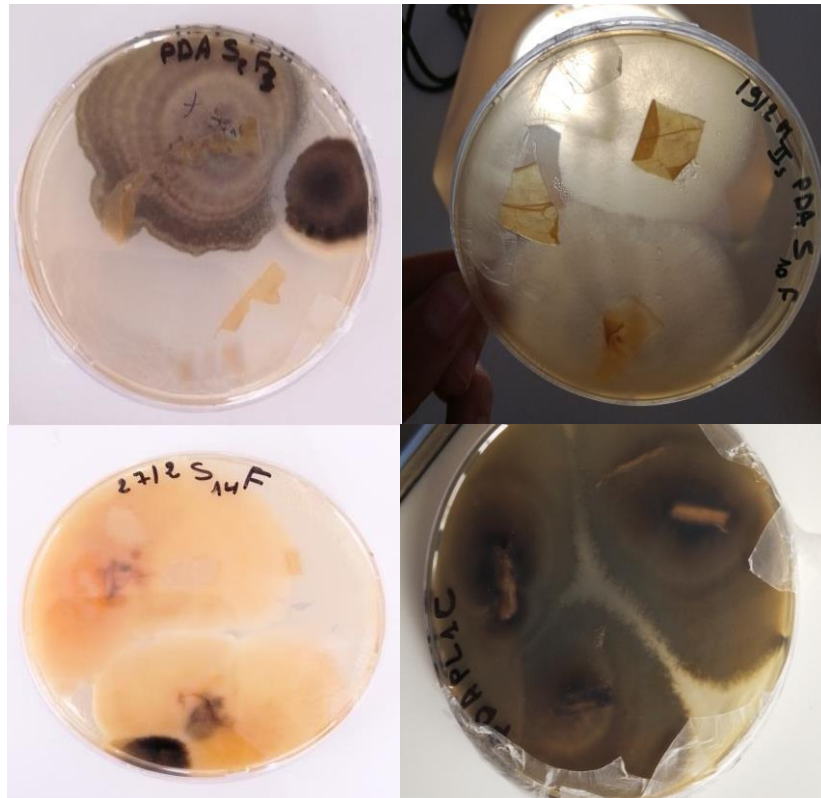
### ***Chapitre III :***

### ***Résultats et discussion***



### III.1 Isolement des agents pathogènes

Après 7 jours d'incubation, les premiers champignons commençaient à pousser à partir des fragments de plantes malades. Dans chaque boîte, nous avons obtenus plusieurs colonies avec de différents aspects morphologiques (photo18). Ces dernières ont été repiquées et purifiées dans d'autres boîtes de Pétri.



**Photo 17:** les souches fongiques à partir des différents organes de quinoa.

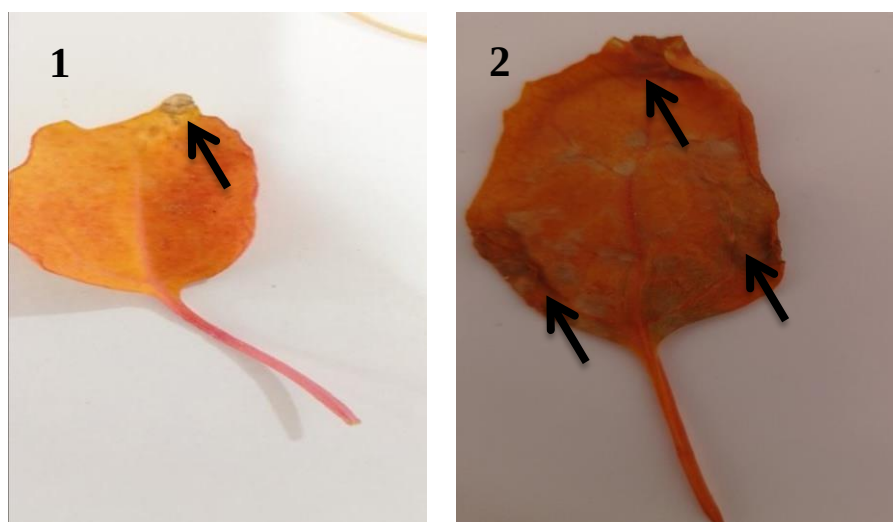
### III.2 Pré-identification des champignons phytopathogènes

#### III.2.1 Isolat A

##### III.2.1.1 Symptômes sur plantes

Sur les feuilles, les lésions apparaissent jaune-brun clair sur le devant et l'arrière de la lésion entouré par un halo jaune-vert et une nécrose. Elles ont un aspect flétri et cassant.

Aux stades avancés de la maladie, des lésions multiples se relient les unes des autres pour former une grande tache irrégulière et les feuilles tombent facilement.



**Photo 18:** Les symptômes de l'isolat A sur les feuilles; (1) : station de l'université ; (2): station de Ain El Beida.

Sur le collet, une sorte pourriture se manifeste par des lésions noires et enfoncées. Les feuilles deviennent généralement desséchées, cassantes et décolorées avec une teinte jaune brunâtre, certaines présentant un enroulement et tombent.



**Photo 19:** Les symptômes de l'isolat A sur le collet.

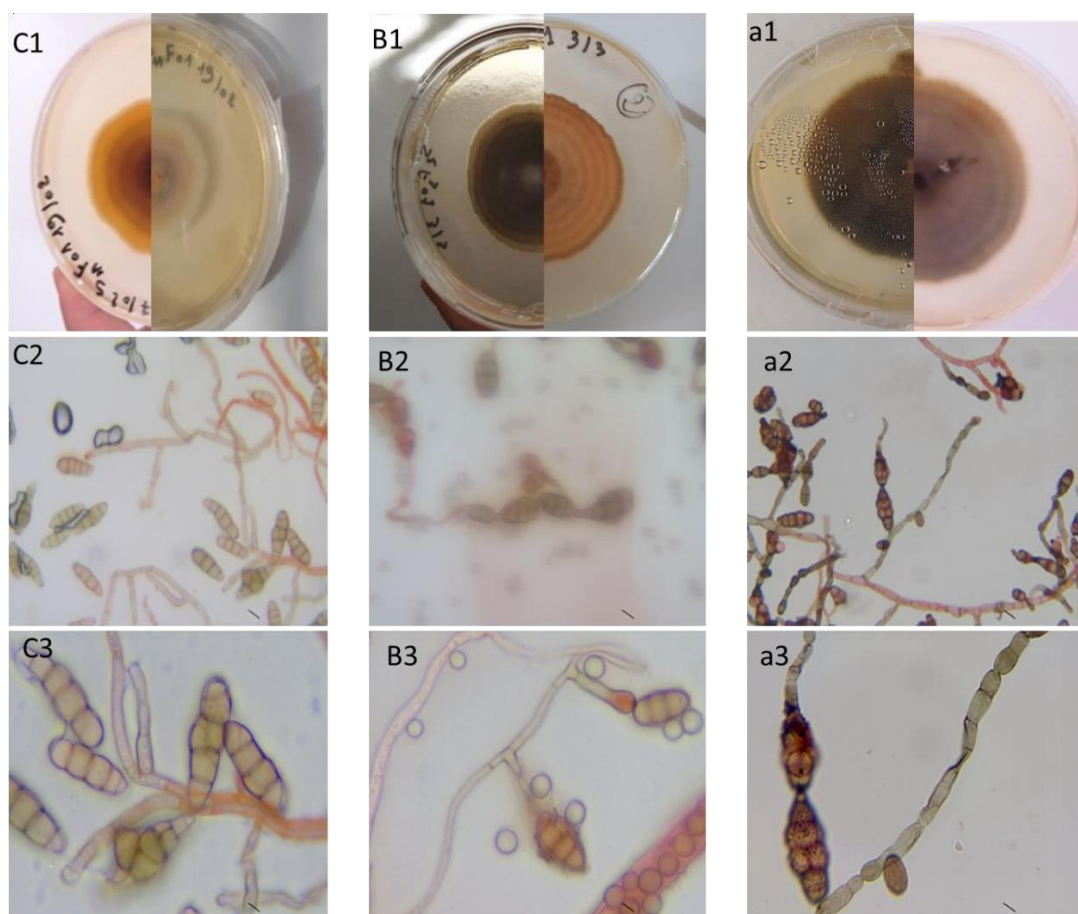
#### III.2.1.2 Observations macroscopique et microscopique

Les colonies purifiées de l'isolat A présentent un diamètre de 4 cm avec de nombreuses paires d'anneaux concentriques, poudreuse, orange (1a), olivacées foncées (2a et 3a) et au revers orange, gris, olivacées foncée respectivement, plane et de croissance rapide.

Le modèle de sporulation est un conidiophore subérigé unique et un groupe apical de chaînes ramifiées de petites conidies séparées par un court conidiophore secondaire. Les 1 à 2 premières conidies d'une chaîne restent généralement longues-elliptiques, ovoïdes, ellipsoïdes ou subsphaéroïdes. Les conidies elliptiques mesurent environ  $\mu\text{m}$  (40 $\times$ ) avec 3 à 5 sept transversales et quelques ou pas de septa longitudinale.

### Chapitre III: Résultats et discussion

Selon la description donnée par **Lawrance et al. (2016)**, nous pouvons déduire qu'il s'agit du genre *Alternaria*.



**Photo 20:** Caractères morphologiques de quelques isolats appartenant au genre *Alternaria*.

A1, B1 et C1 : Colonies fongiques sur PDA ; A2, B2, C2 : Observations microscopiques (Gr  $\times 40$ ); et A3, B3, C3 : (Gr  $\times 100$ )

#### Discussion

Nous pouvons ainsi attester la présence de l'alternariose associée aux cultures quinoa à Ouargla, démontrant que les isolats induisent des taches nécrotiques et chlorotiques sur collets et feuilles. Ce genre a déjà été signalé dans les graines de quinoa d'origine Argentine, Péruvienne (**Pappier et al., 2008**) et Brésilienne (**Lourenco et al., 2009**), dans la rhizosphère (**González et al., 2017**) comme endophyte et parasite secondaire associé à une humidité élevée. **Yin et al. (2021)** ont signalé une pourriture de la panicule de quinoa (QPR) causée *A. alternata* en tant que nouvelle maladie qui représente une menace importante pour cette culture. **Colque-Little et al. (2021)** ont publié le premier rapport d'*Alternaria spp.* Comme pathogènes foliaires

## Chapitre III: Résultats et discussion

---

du quinoa provoquant la maladie des taches jaunes, ce qui est en accord avec les résultats obtenus dans cette étude.

Concernant la répartition de l'*Alternaria spp.*, notre enquête a révélé sa présence dans les deux stations où le quinoa a été échantillonné.

### III.2.2 Isolats B

#### III.2.2.1 Symptômes sur plantes

Les plantes infectées par le flétrissement de la levée présentent un étranglement de la tige au niveau du sol. Les plantes qui survivent deviennent faibles et ont un système racinaire peu développé.



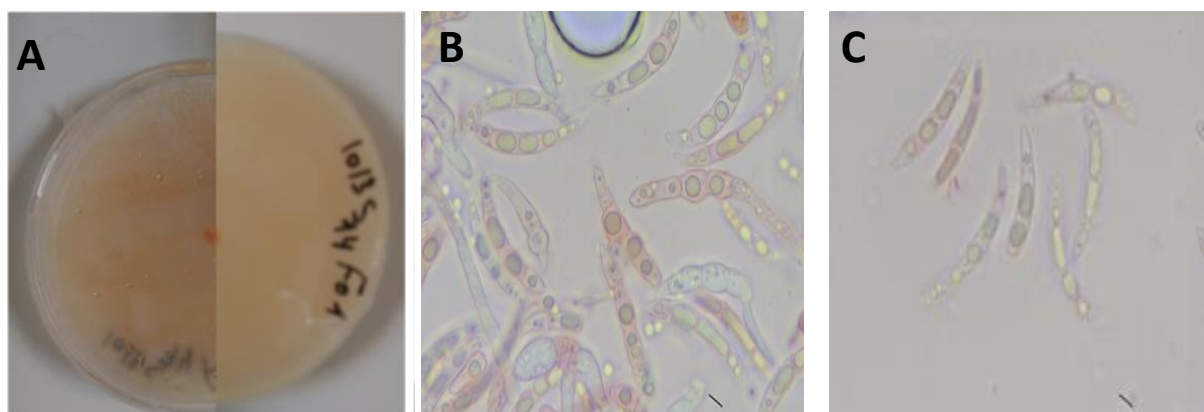
**Photo 21 :** Les symptômes de l'isolat B sur la plante.

#### III.1.2.2 Observation macroscopique et microscopique

Dans des cultures pures, les champignons filamenteux forment des colonies cotonneuses à croissance rapide, mycélium aérien blanc dense et diffus sur le devant, mais avec pigmentation rose au dos de la boîte.

Le caractère morphologique le plus abondant c'est la présence des scolécospores fusiformes et cloisonnées, d'extrémité distale pointue. Alors que les microconidies sont abondantes ovoïdes elliptiques ou réniformes.

Selon la clé d'identification du genre *Fusarium* décrit par **Botton et al (1991)** Nous pouvons déduire qu'il s'agit du genre *Fusarium*.



**Photo 22:** Caractères morphologiques d'isolat B appartenant au genre *Fusarium*. A : Colonies fongiques sur PDA ; B et C : Observations microscopiques (G  $\times 100$ );

#### III.1.2.3 Isolât C

##### III.1.2.3.1 Symptômes sur plantes

Les plantes infectées par le flétrissement de la levée présentent un étranglement de la tige au niveau du sol. Les plantes qui survivent deviennent faibles et ont un système racinaire peu développé.



**Photo 23:** Les symptômes de l'isolat C sur la plante.

##### III.1.2.3.2 Observation macroscopique et microscopique

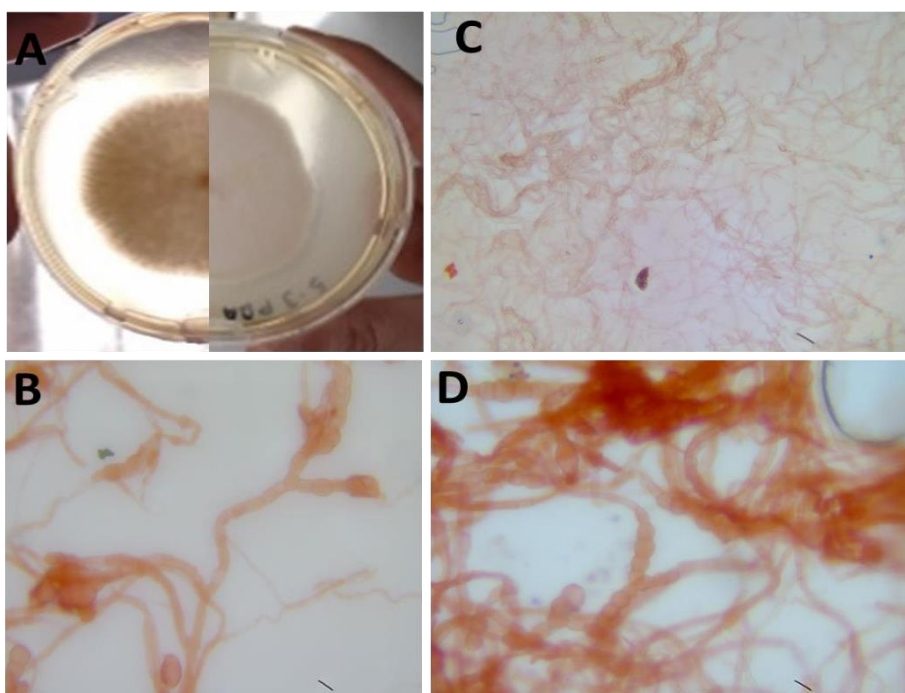
Les colonies purifiées de l'isolat C sur le milieu PDA présentent des champignons filamenteux forment des colonies cotonneuses, blanches et planes.

### Chapitre III: Résultats et discussion

---

Le mycélium est ramifié avec un angle droit, qui contient des spécialités à l'origine des branches et la formation de barrières dans les branches près des zones de développement et la non-configuration de spores sexuées car certains isolats ont montré la formation de cellules en forme de baril appelées cellules monilioides.

Solen la clé d'identification du genre *Rhizoctonia* décrite par **Parmeter et al. (1970)**, nous pouvons déduire qu'il s'agit de *Rhizoctonia*.



**Photo 24:** Caractères morphologiques d'isolat C appartenant au genre *Rhizoctonia* A : Colonies fongiques sur PDA ; B : Observations microscopiques (Gr × 40); C et D : Observations microscopiques (Gr × 100).

#### Discussion

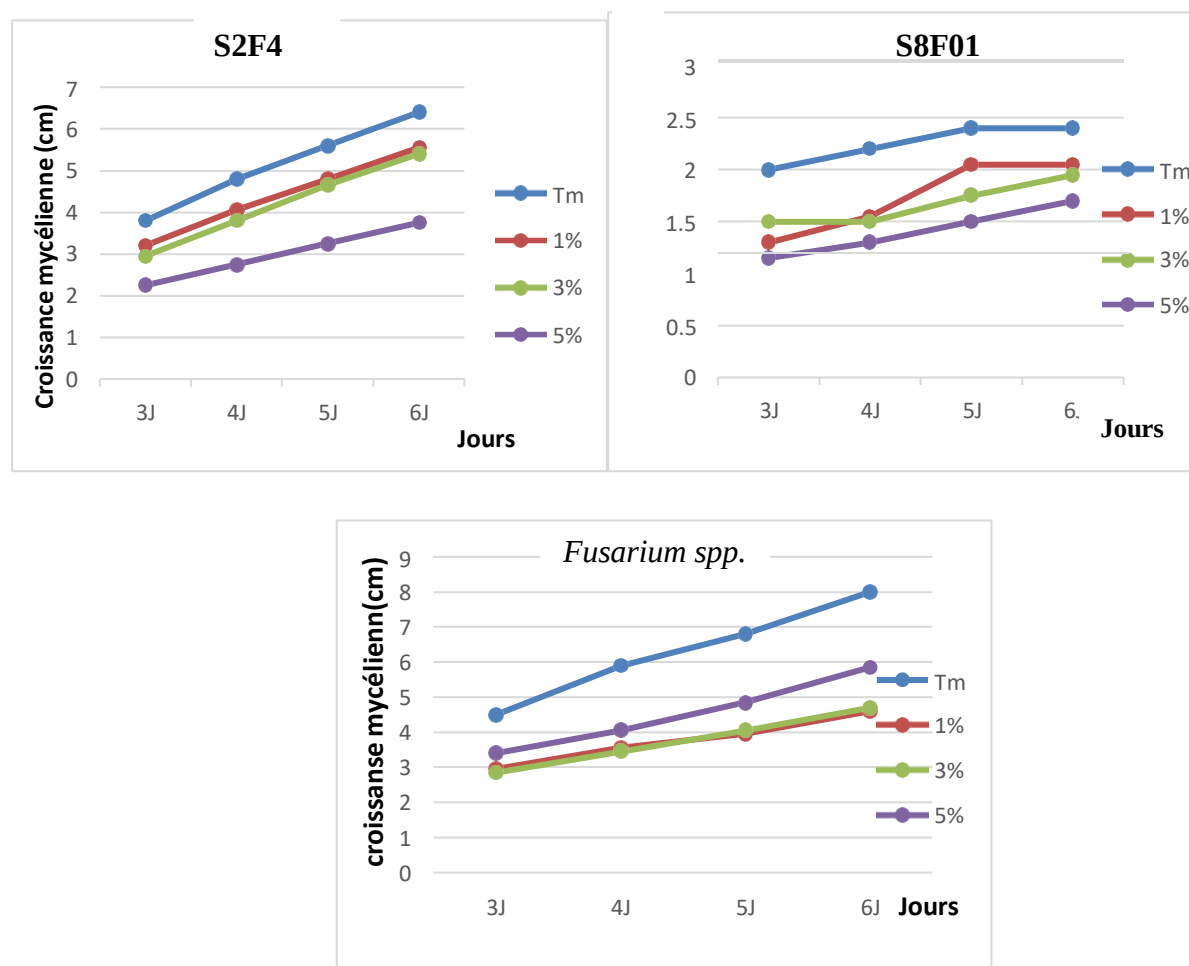
Le flétrissement des plantes a été observé dans l'exploitation de l'Université dans des conditions sous serre, et nous avons pu isoler *Rhizoctonia spp.* et *Fusarium spp.* à partir des racines des plantes malades. Cette maladie avait été précédemment observée au Centre International de la Pomme de Terre (Peru) (**Danielsen et al., 2003**), et leur étude des tests de pathogénicité a prouvé que les symptômes de flétrissement et de pourrissement des plantes étaient causés par *Rhizoctonia spp.* et *Fusarium spp.*, ce qui est cohérent avec les résultats de notre étude.

Étant donné que les deux champignons sont des agents pathogènes du sol qui affectent également plusieurs autres hôtes, provoquant des symptômes similaires, le potentiel d'inoculum dans le sol pourrait être un facteur important permettant à la maladie de causer des dommages (Danielsen *et al.*, 2003).

### III.2 Etude de l'effet de l'extrait aqueux de saponine sur les souches isolées

#### III.2.1 Effet des différentes concentrations de saponine sur la croissance mycélienne

L'activité antifongique est révélée pour trois souches (S2F4 et S8F01 et *Fusarium spp.*) isolées à partir des feuilles montrant des symptômes de maladies, en mesurant la croissance mycélienne de ces souches en fonction de la concentration de l'extrait aqueux pendant 6 jours. Les résultats obtenus sont présentés dans les figures suivantes.



**Figure 05:** Croissance mycélienne (cm) des isolats S2F4, S8F01 et *Fusarium spp.* (S = symptôme ; F = feuille) en fonction du temps d'incubation et de la concentration de l'extrait aqueux.

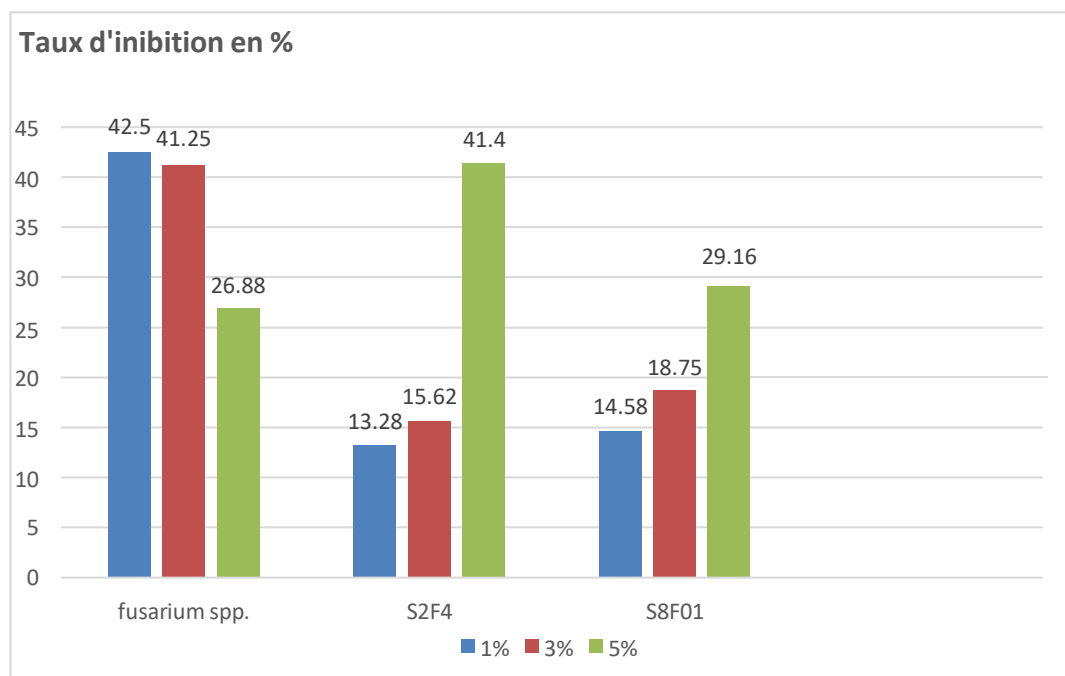
Nous avons observé, pendant 6 jours d'incubation, que la croissance fongique diminue avec l'augmentation des concentrations des extraits testés. En l'absence d'extrait aqueux, nous observons une l'évolution de la croissance mycélienne remarquable pour toutes les souches fongique s2f4, s8f01et *Fusarium spp.* Elle atteint 6,4 cm, 2,4 cm et 8cm respectivement.

En présence de l'extrait aqueuses avec une concentration on observe une évolution mycélienne moins que l'évolution dans le témoin tandis que chez s2f4 avec une concentration de (1%,3% et 5%) il atteint : 3,75 et chez s8f01 avec une concentration de (1%, 3% et 5%) il atteint : 1,7cm.

Contrairement à s8f01 et s2f4 où la croissance mycélienne diminue avec l'augmentation de la concentration, nous observons chez *Fusarium spp.* que la croissance mycélienne à des concentrations de (1% et 3%) atteint respectivement (4,6cm et 4,7cm), tandis qu'à 5% de concentration, la croissance mycélienne est supérieure à celle à 1% et 3%, atteignant 5,85 cm.

#### III.2.2 Le taux d'inhibition

Les taux d'inhibitions des souches fongiques testées en fonction de la concentration en extraits aqueux sont présentés dans la figure suivante :



**Figure 06:**Le taux d'inhibition de la croissance mycélienne de s2f4, s8f01 et *Fusarium spp.* en fonction d'extrait aqueux.

### Chapitre III: Résultats et discussion

---

La concentration 5% enregistre la plus forte inhibition de la croissance mycélienne chez S2F4 (41,4%), S8F01 (29,16%), comparé à *Fusarium spp.* qui montre une inhibition plus forte à 1% (42,5%) et 3% (41,25%).

L'indice antifongique pour les concentrations 3% des 02 souches S2F4 et S8F0 est 15.62%, et 18,75% respectivement.

A une concentration de 1% d'extrait aqueux, l'inhibition est moins faible pour la croissance mycélienne telle qu'a été enregistrée pour S2F4 et S8F01 avec des indices antifongiques de 13,28% et 14,58%.

En ce qui concerne *Fusarium spp.*, le taux d'inhibition le plus bas a été enregistré à une concentration de 5% d'extrait aqueuses, équivalant à 26,88%.

L'analyse de variance montre que la différence entre les souches très hautement significatif et aussi concentrations très hautement significatives.

#### Discussion

Nous avons constaté que l'activité antifongique des extraits de saponine de quinoa dépend de la concentration des extraits et de la souche fongique. L'extrait aqueux des graines de quinoa a montré une inhibition significative de la croissance mycélienne, cette inhibition augmentant avec la concentration. Ces résultats ont été confirmés par les travaux de **Stuardo et al., (2008)**, qui ont rapporté que l'extrait de quinoa supprimait la croissance mycélienne de *Botrytis cinerea*. De plus, l'activité antifongique de l'extrait a été renforcée par un traitement alcalin, comme l'a également constaté **Glen-Karolczyk et al (2016)** avec des extraits aqueux de différentes parties de quinoa contre divers champignons phytopathogènes tels que *Sclerotinia sclerotiorum*, *Rhizoctonia solani*, *Botrytis cinerea* et *Fusarium poae*. Cette activité antifongique du quinoa pourrait être attribuée à la présence de divers phénols, flavonoïdes et saponines (**Stuardo et al., 2008**).

L'extrait aqueux de quinoa à une concentration de 5% a montré une meilleure activité antifongique contre les deux souches s8f1 et s2f4 : 29,16% et 41,4% respectivement. Ainsi, la souche s2f4 s'est révélée être plus sensible que la souche fongique s8f1.

Il a été montré que l'inhibition de la croissance du *Fusarium spp.*, avec l'extrait aqueux de quinoa était plus efficace à une concentration de 1%, contrairement aux concentrations de 3% et 5% qui ont enregistré une inhibition moindre, contrairement aux

### ***Chapitre III: Résultats et discussion***

---

résultats des études menées par **Glen-Karolczyk et al (2016)** et **Zhou et al (2023)**, qui ont trouvé que l'extrait de saponines avait un effet spécifique sur la croissance du *Fusarium spp.* et que l'activité antifongique augmentait avec la concentration. Les différences d'activité des extraits aqueuses de quinoa peuvent être partiellement expliquées par les variations des facteurs biologiques actifs dans l'extrait et la sensibilité des souches, ainsi que la possibilité d'enzymes extracellulaires produites par les champignons pathogènes des plantes pour détoxifier les saponines. Ces facteurs semblent jouer un rôle crucial dans la détermination de la capacité pathogène fongique des plantes (**Roldán-Arjona et al., 1999**).



# *Conclusion et Perspectives*



## Conclusion et perspectives

---

La culture du quinoa est une pratique agricole qui commence à avoir lieu dans les régions sahariennes en général et dans la région de Ouargla en particulier, ce qui la rend vulnérable à la propagation des agents pathogènes traditionnels et nouveaux. Cette étude a comme objectif principal l'isolement et l'identification des espèces fongiques responsables des maladies des plantes (feuilles, tiges et racines).

Les résultats de l'observation macroscopique et microscopique de ces champignons ont pu identifier trois souches appartenant à des genres différents : *Alternaria*, *Fusarium sp.* et *Rhizoctonia*. Des tentatives de biocontrôle de certaines souches isolées ont été effectuées en utilisant un extrait de saponine des graines de quinoa. Les résultats ont montré l'efficacité de l'extrait sur trois souches et l'activité antifongique augmente progressivement avec l'augmentation des concentrations en saponine. Nos résultats suggèrent que l'extrait étudié montre une activité prometteuse contre certaines souches.

Nous estimons que nos résultats restent partiels et devraient être complétés par l'identification moléculaire des champignons isolés, des tests de pathogénicité pour confirmer les symptômes typiques causés par les champignons, l'isolement et l'identification d'autres genres et l'expansion de l'espace de nos recherches à d'autres stations agricoles. Tester également l'effet des extraits de saponines sur d'autres espèces fongiques pathogènes des autres cultures est souhaitable.



# *Références bibliographiques*



**Abbey, J. A., Percival, D., Abbey, L., Asiedu, S. K., Prithiviraj, B., & Schilder, A. (2019).** Biofungicides as alternative to synthetic fungicide control of grey mould (*Botrytis cinerea*)—prospects and challenges. *Biocontrol science and technology*, 29(3), 207-228.

**Adetunji, C. O., Michael, O. S., Nwankwo, W., Ukhurebor, K. E., Anani, O. A., Olo ke, J. K., ... & Adetunji, J. B. (2021).** Quinoa, the next biotech plant: food security and environmental and health hot spots. *Biology and Biotechnology of Quinoa: Super Grain for Food Security*, 419-438.

**Alandia, G., Rodríguez, J. P., Palmgren, M., Condori, B., & López-Marqués, R. L. (2021).** Advances of biotechnology in quinoa production: a global perspective. *Biology and Biotechnology of Quinoa: Super Grain for Food Security*, 79-111.

**Alandia, S., Otazu, V., Salas, B., 1979.** Quinoa y Kaniwa. Cultivos Andinos. In: Tapia, M.E. (Ed.), Serie Libros y Materiales Educativos, vol. 49. Instituto Interamericano de ciencias Agrícolas, Bogotá, Colombia, pp. 137–148.

**Alcon, M., Gandarillas, A., Aroni, G., Claros, M., Gutiérrez, C., Angulo, M., ... & Rojas, W. (2014).** REVISTA DE AGRICULTURA REVISTA DE AGRICULTURA.

**Angeli, V., Miguel Silva, P., Crispim Massuela, D., Khan, M. W., Hamar, A., Khajehei, F., ... & Piatti, C. (2020).** Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An overview of the potentials of the “golden grain” and socio-economic and environmental aspects of its cultivation and marketization. *Foods*, 9(2), 216.

**Apaza Mamani, V., Cáceres Sanizo, G., Estrada Zúniga, R., & Pinedo Taco, R. E. (2013).** Catálogo de variedades comerciales de quinoa en el Perú.

**Bazile, D., Bertero, H. D., & Nieto, C. (2015).** State of the Art Report on Quinoa around the World in 2013.

**Bazile, D., Jacobsen, S. E., & Verniau, A. (2016).** The global expansion of quinoa: trends and limits. *Frontiers in plant science*, 7, 184730.

**Bazile, D., Pulvento, C., Verniau, A., Al-Nusairi, M. S., Ba, D., Breidy, J., ... & Padulosi, S. (2016).** Worldwide evaluations of quinoa: preliminary results from post international year of quinoa FAO projects in nine countries. *Frontiers in plant science*, 7, 850.

## Références bibliographique

---

**Bhargava, A., Shukla, S., & Ohri, D. (2006).** *Chenopodium quinoa*—an Indian perspective. *Industrial crops and products*, 23(1), 73-87.

**Botton, B., A. Breton, & Fèvre, M. (1990).** *Moisissures utiles et nuisibles: importance industrielle* (p. 426). Paris: Masson.

**Brahmanage, R. S., Liu, M., Wanasinghe, D. N., Dayarathne, M. C., Mei, L., Jeewon, R., ... & Hyde, K. D. (2020).** *Heterosporicola beijingense* sp. nov. *Leptosphaeriaceae, Pleosporales*, 219-227.

**Calla, J. A. E. L. (2012).** Manejo agronómico del cultivo de la quinua. *Agrobanco, Oficina Académica de Extensión y Proyección Social, UNALAM. Ayacucho, Perú*. 98p.

**CHEN Yalei, TIAN Miao, SUN Jiangwei, ZHOU Jianbo, REN Lu, QIN Nan, YIN Hui, ZHAO Xiaojun. (2022).** Biological characteristics of the pathogen causing *Alternaria* leaf spot on quinoa[J]. *Mycosystema*, 2022, 41(5): 713-729  
<https://doi.org/10.13346/j.mycosystema.210455>

**Choi, Y.J., Danielsen, S., Lubeck, M., Hong, S.B., Delhey, R. & Shin, H.D. 2010.** Morphological and molecular characterization of the causal agent of downy mildew on quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Mycopathology*, 169: 403-412

**Choi, Y.J., Denchev, C.M. & Shin, H.D. 2008.** Morphological and molecular analyses support existence of host-specific *Peronospora* species infecting *Chenopodium*. *Mycopathology*, 165: 155-164.

**Colque-Little, C., Amby, D. B., & Andreasen, C. (2021).** A review of *Chenopodium quinoa* (Willd.) diseases—An updated perspective. *Plants*, 10(6), 1228.

**Compaore, H., Sawadogo-Lingani, H., Savadogo, A., Dianou, D., & Traore, A. S. (2016).** Isolement et caractérisation morphologique de moisissures productrices de substances antibactériennes à partir d'aliments locaux au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(1), 198-210.

**Danielsen, S., & Munk, L. (2004).** Evaluation of disease assessment methods in quinoa for their ability to predict yield loss caused by downy mildew. *Crop Protection*, 23(3), 219-228.

**Danielsen, S., Bonifacio, A., & Ames, T. (2003).** Diseases of quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Food Reviews International*, 19(1-2), 43-59.

## Références bibliographique

---

**Del Castillo C., Gregory M., Winkel T., 2008.** Le Quinoa en Bolivie : une culture ancestrale devenue culture de rente « bio-équitable ». *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 12(4) : 421-435

**Deresa, E. M., & Diriba, T. F. (2023).** Phytochemicals as alternative fungicides for controlling plant diseases: A comprehensive review of their efficacy, commercial representatives, advantages, challenges for adoption, and possible solutions. *Heliyon*, 9(3).

**El Hazzam, K., Hafsa, J., Sobeh, M., Mhada, M., Taourirte, M., El Kacimi, K., & Yasri, A. (2020).** An insight into saponins from Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd): A review. *Molecules*, 25(5), 1059.

**FAO., (2013)** . Quinoa et ses espèces sauvages apparentées. Bolivie. N°

**Fathi, A., & Kardoni, F. (2020).** The importance of Quinoa (*Quinoa Chenopodium* Willd.) cultivation in developing countries: a review.

**Fenta, L., & Mekonnen, H. (2024).** Microbial Biofungicides as a Substitute for Chemical Fungicides in the Control of Phytopathogens: Current Perspectives and Research Directions. *Scientifica*, 2024(1), 5322696.

**Fonseca-Guerra, I. R., Beltrán Pineda, M. E., & Benavides Rozo, M. E. (2023).** Characterization of *Alternaria alternata* and *Alternaria scrophulariae* Brown Spot in Colombian quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Journal of Fungi*, 9(9), 947.

**Foucault, A. S. (2012).** *Effets d'un extrait de quinoa enrichi en 20-hydroxyecdysone dans un modèle d'obésité nutritionnelle: application clinique* (Doctoral dissertation, AgroParisTech).

**Gleń-Karolczyk, K., Witkowicz, R., & Boligłowa, E. (2016).** In vitro study on the use of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) extracts from to limit the development of phytopathogenic fungi. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 61(3), 132-138.

**González-Teuber, M., Vilo, C., & Bascuñán-Godoy, L. (2017).** Molecular characterization of endophytic fungi associated with the roots of *Chenopodium quinoa* inhabiting the Atacama Desert, Chile. *Genomics data*, 11, 109-112.

**Guiraud J., 1998.** Microbiologie alimentaire. Dunod. Paris, 651p

## Références bibliographique

---

**Haldar, S., Kumari, A., Ghosh, A., &. (2021).** Influence of Biotic and Abiotic Stresses on Quinoa Cultivation: Insights into Microbe-Assisted Stress Tolerance. *Biology and Biotechnology of Quinoa: Super Grain for Food Security*, 167-193.

**Hariadi, Y., Marandon, K., Tian, Y., Jacobsen, S. E., & Shabala, S. (2011).** Ionic and osmotic relations in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plants grown at various salinity levels. *Journal of experimental botany*, 62(1), 185-193. <https://doi.org/10.1093/jxb/erq257>

**Herbillon M., 2015.** Le Quinoa: Intérêt nutritionnel et perspectives pharmaceutiques. Thèse Doctorat en pharmacie. Université de Rouen u.f.r de médecine et de pharmacie. France.

**Huaman Estofanero, E. E. (2021).** Control biológico in vitro por *Trichoderma* sp., sobre hongos fitopatógenos de la quinua *Rhizoctonia* sp., *Fusarium* sp. y *Phoma* sp.

**Jacobsen, S. E., & Stølen, O. (1993).** Quinoa-morphology, phenology and prospects for its production as a new crop in Europe. *European Journal of Agronomy*, 2(1), 19-29.

**Koné, D., Badou, O. J., Bomisso, E. L., Camara, B., & Ake, S. (2009).** Activités in vitro de différents fongicides sur la croissance chez *mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* stover et dickson, *cladosporium musae* morelet et *deightonella torulosa* (Syd.) ellis, parasites isolés de la phyllosphère des bananiers en Côte-d'Ivoire. *Comptes Rendus. Biologies*, 332(5), 448-455.

**Lawrence, D. P., Rotondo, F., & Gannibal, P. B. (2016).** Biodiversity and taxonomy of the pleomorphic genus *Alternaria*. *Mycological progress*, 15, 1-22.

**Li, J., Zhou, X., Huang, H., & Li, G. (2017, June).** Diseases characteristic and control measurements for *Chenopodium quinoa* Willd. In *2017 6th International Conference on Energy and Environmental Protection (ICEEP 2017)* (pp. 305-308). Atlantis Press.

**Lourenço Jr, V., & da Silva, A. P. (2009).** Ocorrência de fungos em sementes de cinco linhagens brasileiras de quinoa. *Revista Campo Digital*, 4(1).

**Maamri, K., Zidane, O. D., Chaabena, A., Fiene, G., & Bazile, D. (2022).** Adaptation of some quinoa genotypes (*Chenopodium quinoa* Willd.), grown in a saharan climate in Algeria. *Life*, 12(11), 1854.

**Maughan, P. J., Bonifacio, A., Coleman, C. E., Jellen, E. N., Stevens, M. R., & Fairbanks, D. J. (2007).** Quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Pulses, Sugar and Tuber Crops*, 147-158.

**Mondo, J., Balezi, A., Mugomoka, V., Zigashane, L., Bagula, E., Kashosi, T., ... &**

## **Références bibliographique**

---

**Mushagalusa, G. (2016).** Effets des milieux de culture (PDA, SDA, SPDA, blé et maïs) sur la productivité in vitro de la souche P969 du *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. *Afrique Science*, 12(4), 374-381.

**Nolen, H. (2019).** *Assessing disease concerns on quinoa and evaluating sources of disease resistance in Chenopodium species in New England* (Doctoral dissertation, University of New Hampshire).

**Nowak, V., Du, J., & Charrondière, U. R. (2016).** Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food chemistry*, 193, 47-54.

**Pappier, U., Pinto, V. F., Larumbe, G., & Vaamonde, G. (2008).** Effect of processing for saponin removal on fungal contamination of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.). *International journal of food microbiology*, 125(2), 153-157.

**Park, J. H., Lee, Y. J., Kim, Y. H., & Yoon, K. S. (2017).** Antioxidant and antimicrobial activities of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds cultivated in Korea. *Preventive nutrition and food science*, 22(3), 195.

**Parmeter, J., & Whitney, H. S. (1970).** Taxonomy and nomenclature of the imperfect state *Rhizoctonia solani*, biology and pathology. ed) JR Parmeter. University of California Barkely. LosAngeless, 7-19.

**Ren, Y., Mei, L., Yang, Y., Wang, Z., Zhao, P., & Gao, Y. (2018).** Effects of sowing time on agronomic characteristics and yield of quinoa. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 26(5), 643-656.

**Repo-Carrasco, R., Espinoza, C., & Jacobsen, S. E. (2003).** Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food reviews international*, 19(1-2), 179-189.

**Rojas, W., Pinto, M., Alanoca, C., Gomez Pando, L., Leon-Lobos, P., Alercia, A., ... & Bazile, D. (2015).** State of the Art Report on Quinoa around the World in 2013. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 56-82.

**Roldán-Arjona, T., Pérez-Espinosa, A., & Ruiz-Rubio, M. (1999).** Tomatinase from *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* defines a new class of saponinases. *Molecular plant-microbe interactions*, 12(10), 852-861.

## Références bibliographique

---

**Saxena, A., & Gupta, S. (2019).** Experimental comparison: Methods for the preservation of fungal cultures. *Current Research in Environmental & Applied Mycology (Journal of Fungal Biology)*, 9(1), 208-212.

**Stuardo, M., & San Martín, R. (2008).** Antifungal properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) alkali treated saponins against *Botrytis cinerea*. *Industrial crops and products*, 27(3), 296-302.

**Sun, S. L., Zhu, Z. D., Zhang, J. L., & Mei, L. (2018).** Outbreak of *Choanephora* stem rot caused by *Choanephora cucurbitarum* on quinoa (*Chenopodium quinoa*) in China. *Plant disease*, 102(11), 2379-2379.

**Tabuc, C. (2007).** *Flore fongique de différents substrats et conditions optimales de production des mycotoxines* (Doctoral dissertation).

**Tapia, M., Gandarillas, H., Alandia, S., Cardozo, A., Otazú, V., Ortiz, R., Rea, J., Salas, B., Zanabria, E., Mujica, A. 1979.** La Quinoa y la Kañiwa: Cultivos Andinos. IICA/CIID, Oficina Regional para América Latina. Bogotá, Colombia. pp. 142-147.

**Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., & Martínez, E. A. (2010).** Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.), an ancient Andean grain: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(15), 2541-2547.

**Woldemichael, G. M., & Wink, M. (2001).** Identification and biological activities of triterpenoid saponins from *Chenopodium quinoa*. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49(5), 2327-2332.

**YAZAR, A., & KAYA, Ç. İ. (2014).** A new crop for salt affected and dry agricultural areas of Turkey: quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(Özel Sayı-2), 1440-1446.

**Yin, H., Zhou, J. B., Chen, Y. L., Ren, L., Qin, N., Xing, Y. L., & Zhao, X. J. (2021).** Morphology, phylogeny, and pathogenicity of *Trichothecium*, *Alternaria*, and *Fusarium* species associated with panicle rot on *Chenopodium quinoa* in Shanxi Province, China. *Plant Pathology*, 71(2), 344-360.

## ***Références bibliographique***

---

**Yin, H., Zhou, J., Lv, H., Qin, N., Chang, F. J., & Zhao, X. (2020).** Identification, pathogenicity, and fungicide sensitivity of *Ascochyta caulina* (Teleomorph: *Neocamarosporium calvescens*) associated with black stem on quinoa in China. *Plant disease*, 104(10), 2585-2597.

**Zhou, X., Guo, H., Zhang, L., Yang, L., Wei, Z., Zhang, X., & Niu, Y. (2023).** Crude Saponins from *Chenopodium quinoa* Willd. Reduce *Fusarium* Wilt Infection in Tomato Seedlings. *Horticulturae*, 9(12), 1340.

**Zurita-Silva, A., Fuentes, F., Zamora, P., Jacobsen, S. E., & Schwember, A. R. (2014).** Breeding quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): potential and perspectives. *Molecular Breeding*, 34, 13



# ***ANNEXES***



## Annexes

---

**Annexe 01 :** genre *Alternaria* Colonies épanouies, généralement grises, verdâtres, olivacées foncées, brun noirâtre foncé ou noir. Mycélium immergé et généralement en surface ; hyphes incolores, brun olivacé ou brun. Un stroma se forme rarement. Soies et hypopodes absents. Conidiophores macronémateux, mononémateux, simples ou irrégulièrement et faiblement ramifiés, brun pâle ou bruns, solitaires ou en fascicules. Cellules conidiogènes intégrées, terminales devenant intercalaires, polytrétique, sympodial, ou parfois monotrétique, cicatrisé. Conidies solitaires ou en chaînes, sèches, essentiellement ovoïdes, obovoïde, cylindriques, étroitement ellipsoïdes ou obclavés, avec ou sans bec, brun olivacé pâle ou moyen à brun, lisses ou verruqueux, avec septa transversaux et avec ou sans obliques ou longitudinaux. Les septa peuvent être épais, sombres et rigides et avoir une structure interne semblable à celle d'une cellule. peuvent être formés. Des espèces à croissance méristématique sont connues. Ascomates petites, solitaires à groupées, érumantes à (presque) superficielles à maturité, globuleuses à ovoïdes, brun foncé, lisses ou sétose, papillaire apicalement, ostiolée. Papille courte, émoussée. Périidium fin. Hamathécie des pseudoparaphyses cellulaires. Asques peu à nombreux par ascome, (4–6–)8 spores, basales, bituniquées, fissitunifié, cylindrique à cylindro-clavé, droit ou quelque peu quoi courbé, avec un pédicelle court et furqué. Ascospores muriformes, ellipsoïde à fusioïde, légèrement resserré au niveau des septa, jaune-brun, sans gutules, lisses, 3–7 septa transversaux, 1–2 séries de septa longitudinaux traversant les deux segments centraux d'origine, cellules terminales sans septa, ou avec un septum longitudinal ou oblique, ou avec une paire de septa en forme de Y. Solen la clé d'identification du genre *Alternaria* décrite par **Lawerance et al. (2016)**.

**Annexe 02 :** Le mycélium est ramifié avec un angle droit, qui contient des spécialités à l'origine des branches et la formation de barrières dans les branches près des zones de développement et la non-configuration de spores sexuées car certains isolats ont montré la formation de cellules en forme de baril appelées cellules monilioides. Solen la clé d'identification du genre *Rhizoctonia* décrite par **Parmeter et al. (1970)**

**Annexe 03 :** Dans des cultures pures, les champignons filamenteux forment des colonies cotonneuses à croissance rapide, mycélium aérien blanc dense et diffus sur le devant, mais avec pigmentation rose au dos de la boîte. Le caractère morphologique le plus abondant c'est la présence des scolécospores fusiformes et cloisonnées, d'extrémité distale pointue. Alors que les microconidies sont abondantes ovoïdes elliptiques ou réniformes. Solen la clé d'identification du genre *Fusarium* décrit par **Botton et al (1991)**



**Annexe 04:** Collecte les feuilles malades du quinoa.



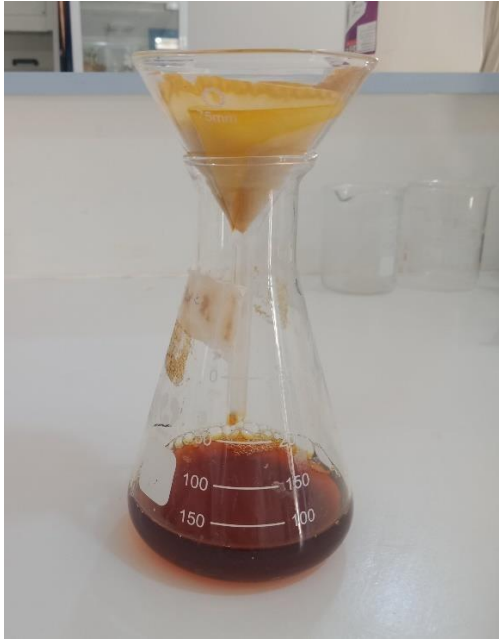
**Annexe 05:** préparation de milieu de culture



**Annexe 06:** La purification des isolats fongiques



**Annexe 07:** poudre de saponine



**Annexe 08:** la filtration à l'aide de papier filtre Whatman.



**Annexe 09:** méthode de la microfiltration à l'aide de microfiltre.

### **Isolement et identification des champignons phytopathogènes affectant le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) dans la région de Ouargla**

#### **Résumé**

L'expansion de la culture du quinoa est menacée par divers stress biotiques, notamment les maladies fongiques. Cette étude se concentre sur l'isolement et l'identification des champignons phytopathogènes responsables des maladies du quinoa dans la région de Ouargla, ainsi que sur l'évaluation de l'efficacité d'un extrait de saponine des graines de quinoa dans leur lutte contre ses pathogènes.

L'étude inclut l'isolement et l'identification des souches fongiques à partir d'échantillons prélevés dans trois stations de la région de Ouargla. Les souches sont identifiées macroscopiquement et microscopiquement, et des tests d'activité antifongique sont réalisés avec l'extrait de saponine.

Les résultats obtenus montrent que les champignons isolés à partir de différents organes des plantes appartiennent à trois genres différents : *Alternaria*, *Fusarium* et *Rhizoctonia*. Les résultats démontrent une efficacité de l'extrait sur certaines souches fongiques, suggérant son potentiel comme agent antifongique. Cependant, des recherches supplémentaires sont nécessaires, notamment sur l'identification moléculaire des champignons isolés, afin de lutter efficacement contre ces maladies.

**Mots clés :** Quinoa, champignons phytopathogènes, identification, saponine, biocontrôle, Ouargla.

### **Isolation and identification of phytopathogenic fungi affecting quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in Ouargla region.**

#### **Abstract**

The expansion of quinoa cultivation is threatened by various biotic stresses, particularly fungal diseases. This study focuses on isolating and identifying phytopathogenic fungi responsible for quinoa diseases in the Ouargla region, as well as evaluating the efficacy of a saponin extract from quinoa seeds in combating these pathogens.

The study involves isolating and identifying fungal strains from samples collected at three stations of Ouargla's region. The strains are identified macroscopically and microscopically, and antifungal activity tests are conducted using the saponin extract.

Results indicate that fungi isolated from different plant organs belong to three different genera: *Alternaria*, *Fusarium*, and *Rhizoctonia*. The findings demonstrate effectiveness of the extract against certain fungal strains, suggesting its potential as an antifungal agent. However, further research, particularly molecular identification of the isolated fungi, is needed to effectively combat these diseases.

**Keywords:** Quinoa, phytopathogenic fungi, identification, saponin, biocontrol, Ouargla.

### الموضوع : عزل وتحديد الفطريات الممرضة لنبات الكينوا (*quinoa Chenopodium Willd.*) بمنطقة ورقلة

يواجه توسع زراعة الكينوا تهديدات من مجموعة متنوعة من الاجهاد الحيوي، بما في ذلك الأمراض الفطرية. تركز هذه الدراسة على عزل وتحديد الفطريات المسؤولة عن هذه الأمراض في منطقة ورقلة، بالإضافة إلى تقييم فعالية مستخلص الصابونين من بذور الكينوا في مكافحتها.

تشمل لدراسة عمليات عزل وتحديد السلالات الفطرية من عينات مأخوذة من ثالث محطات في منطقة ورقلة. يتم تحديد السلالات على أساس تشكل المستعمرات والفحص المجهرى، ويتم إجراء اختبارات النشاط المضاد للفطريات باستخدام مستخلص الصابونين.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن الفطريات المعزولة من أعضاء نباتية مختلفة تنتمي إلى ثلاثة أجناس وهي *Alternaria* و *Fusarium* و *Rhizoctonia*.

وتظهر النتائج فعالية المستخلص على سلالات فطرية معينة، مما يشير إلى فعاليته كعامل مضاد للفطريات. ومع ذلك، هناك حاجة إلى المزيد من البحوث، وخاصة بشأن التحديد الجزيئي للفطريات المعزولة، من أجل مكافحة هذه الأمراض بشكل فعال.

**الكلمات المفتاحية:** الكينوا، الفطريات الممرضة للنباتات، تحديد، صابونين، مكافحة الحيوية، ورقلة