



RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE

LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université des Frères Mentouri Constantine

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département : Biologie et Ecologie Végétale

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine :

Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biologie et physiologie de la reproduction

Intitulé :

**Contribution à l'étude du pouvoir antifongique des saponine du
Chenopodium quinoa Willd vis-à-vis à une souche de champignon
phytopathogène .**

Présenté et soutenu par :

-ZAITER NADA

-SMARA RAYENE

Jury d'évaluation :

Encadrant : Dr. BOUCHAREB RADIA (MCA-UFU, Constantine1).

Président : Pr. BOUSBA RATIBA (MCA-UFU, Constantine1).

Examineur : Dr. ZEGHBIB NASSIM (MCA-UFU, Constantine1)

Année universitaire : 2022/2023

Remerciements

Nous voudrions dans un premier temps remercier, notre encadrant de mémoire madame Bouchareb Radia, enseignante chercheur et maitre de conférence classe A à l'université des frères mentouri de Constantine, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion.

Nous remercions également toute l'équipe pédagogique de l'université de mentouri Constantine 1 et les intervenants professionnels responsables de notre formation, pour avoir assuré la partie théorique de celle-ci.

Nous tenons à témoigner toute notre reconnaissance aux personnes suivantes, pour leur aide dans la réalisation de ce mémoire :

Madame Bousba Ratiba, qui a partagé ses connaissances et expériences dans ce milieu, tout en nous accordant sa confiance et une large indépendance dans l'exécution de missions valorisantes.

Aussi monsieur Zeghib Nassim, pour nous avoir accordé des entretiens et avoir répondu à nos questions sur notre spécialité, ainsi que leur expérience personnelle.

Ils ont été d'un grand soutien dans l'élaboration de ce mémoire.

Mademoiselle Semmar Narimene Rania, pour avoir relu et corrigé notre mémoire.

Ses conseils de rédaction ont été très précieux.

Nos parents, pour leur soutien constant et leurs encouragements.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

À ma chère mère qui m'a soutenu tout au
long de ma vie.

À mon cher père qui s'est sacrifié pour moi.

À ma chère sœur et mon cher frère.

À ma chère grand-mère.

À mon futur mari.

À mon deuxième frère (le mari de ma sœur).

À toute la famille.

À mes amies qui m'ont aidé : Nourhane,
Rayenne Mezli, Rania, Dorsaf et Rania.

À tous les autres amis.

Zaiter Nada

Dédicace

Je remercie le grand dieu qui m'a permis et m'a aidé à terminer ce mémoire.

Avec tous mes sentiments de respect, avec l'expérience de ma reconnaissance, je
dédie ma remise de diplôme et ma joie

À mon paradis, à la prunelle de mes yeux à la source de ma joie et mon bonheur,
ma lune et le fil d'espoir qui allumer mon chemin, ma moitié, maman.

Celui qui m'a fait une femme. Ma source de vie, d'amour et d'affection, à mon
support qui était toujours à mes côtés pour me soutenir et m'encourager, à mon
prince papa.

À mes frères : Morad, Khaled, Oualid, Tarek pour l'amour qu'ils me réservent.

À mon cher fiancé, je le remercie pour ces encouragements et son soutien.

À mes amies : Manel, Hanene, Bouchra, Safia, Rayene, Kaouter, Housna, Nada
avec qui j'ai passé de très bon moment, je leurs souhaite plein de bonheur et
beaucoup de succès.

Je dédie également ce travail à tous ceux qui m'ont encouragée et aidée à réaliser
ce travail de près ou de loin et qui ont participé à ma réussite.

Rayene

Resumé :

Le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) est une plante annuelle originaire des Andes. Son intérêt nutritionnel repose sur la présence de protéines (tous les acides aminés essentiels), de minéraux, de vitamines, d'acide linoléique (omega-3) ainsi que des métabolites secondaires comme les saponines dont le rôle important de protéger les plantes aux attaques de champignons et plus précisément les Champignons phytopathogènes.

Ce travail consiste à étudier le pouvoir antifongique des saponine du *Chenopodium quinoa* Wild contre une souche de champignon phytopatogene « *Fusarium culmorum* (FC) » en considérant que l'activité antifongique est assumée selon la présence ou l'absence de croissance mycélienne de « *Fusarium culmorum* » sous les effets des deux différentes concentrations (6 mg et 25 mg) de l'extrait de saponine de *Chenopodium quinoa* Willd.

Les résultats obtenus ont montré que le test antifongique de saponine de quinoa sur le champignon « *Fusarium culmorum* » est positif avec une activité inhibitrice, plus grand pouvoir 68.75% à la concentration 25mg, tandis qu'il exerce une inhibition moins sensible 57.5% à la concentration 6mg, donc une efficacité remarquable et hautement significative aux extraits de saponine de quinoa contre des champignons phytopatogène *Fusarium culmorum*.

Enfin, nous concluons que les saponines du *Chenopodium quinoa* Wild ont un pouvoir antifongique des vis-à-vis a une souche de champignon phytopatogene.

Mots- clés: *Chenopodium quinoa* Wild, saponines, Activité antifongique, Champignons phytopathogènes, *Fusarium culmorum* (FC).

Abstract :

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) is an annual plant native to the Andes. Its nutritional value is based on the presence of proteins (all essential amino acids), minerals, vitamins, linoleic acid (omega-3) as well as secondary metabolites such as saponins whose important role is to protect plants from fungal attacks and more precisely phytopathogenic fungi.

This work consists in studying the antifungal power of saponin of *Chenopodium quinoa* Wild against a strain of phytopathogenic fungus «*Fusarium culmorum* (FC)» considering that the antifungal activity is assumed according to the presence or absence of mycelial growth of «*Fusarium culmorum*» under the effects of the two different concentrations (6 mg and 25 mg) of *Chenopodium quinoa* Willd saponin extract.

The results obtained showed that the antifungal test of quinoa saponin on the fungus «*Fusarium culmorum*» is positive with an inhibitory activity, greater power 68.75% at the concentration 25mg, while it exerts a less sensitive inhibition 57.5% at the 6mg concentration, thus a remarkable and highly significant effectiveness to extracts of quinoa saponin against phytopathogenic fungi *Fusarium culmorum*.

Finally, we conclude that the saponins of the *Chenopodium quinoa* Wild have an antifungal power vis-à-vis a phytopathogenic mushroom strain.

Keywords: *Chenopodium quinoa* Wild, saponins, Antifungal activity, Phytopathogenic fungi, *Fusarium culmorum* (FC).

الملخص :

الكينوا هو نبات سنوي موطنه جبال الأنديز. تعتمد قيمته الغذائية على وجود البروتينات (جميع الأحماض الأمينية الأساسية) والمعادن والفيتامينات وحمض اللينوليك (أوميغا 3) وكذلك المستقلبات الثانوية مثل saponins التي يتمثل دورها المهم في حماية النباتات من الهجمات الفطرية والفطريات الممرضة النباتية بدقة أكبر.

يتكون هذا العمل من دراسة القوة المضادة للفطريات saponins ضد سلالة من الفطريات النباتية

« *Fusarium culmorum* » مع الأخذ في الاعتبار أن النشاط المضاد للفطريات يفترض وفقاً لوجود أو عدم وجود نمو فطري لـ « *Fusarium culmorum* » تحت تأثير التركيزات المختلفة (6 مجم و 25 مجم) لمستخلص *Chenopodium quinoa* Willd saponin.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن الاختبار المضاد للفطريات للكينوا سابونين على فطر « *Fusarium culmorum* » إيجابي بنشاط مثبط، وقوة أكبر 68.75% بتركيز 25 مجم، بينما يمارس تثبيطاً أقل حساسية بنسبة 57.5% بتركيز 6 مجم، وبالتالي فعالية فطرية ملحوظة ومهمة للغاية لمستخلصات *Culinoa saphonum*.

أخيراً، نستنتج أن *Chenopodium quinoa* Wild spanins لها قوة مضادة للفطريات مقابل سلالة الفطر النباتي.

الكلمات الرئيسية: الكينوا, saponins , نشاط مضاد, الفطريات المسببة للأمراض النباتية , *Fusarium culmorum*.

Sommaire

Remerciements	I
Dédécasse.....	II
Resumé	III
 Introduction générale.....	 2

Chapitre I: Revues bibliographiques.

I. Présentations d'espèce	6
1. Origine du quinoa.....	6
2. Historique du quinoa	6
3. La classification scientifique du quinoa	7
4. Description botanique du quinoa.....	7
4.1. Racine	8
4.2. Tige.....	8
4.3. Feuilles	8
4.4. Panicule	8
4.5. Fleur.....	9
4.6. Fruit	9
5. Composition chimique et valeur nutritionnelle des graines du quinoa	10
6. Importance nutritionnelle du quinoa	11
7. Valeur antinutritionnelle	12
8. Classification sur saponés	13
II. Les activités biologiques	14
1. Activité antimicrobienne	14
2. Activité anti-inflammatoire	14
3. Activité antifongique.....	15
III. Champignons phytopathogènes.....	16
1. Définition	16
2. Définition de la souche fongique << Fusarium culmorum (FC)>>	16

Chapitre II: Matériel et method.

I. Matériel	19
1. Matériel vegetal.....	19
2. Méthodes	19
2.1. Extraction des saponines	19
2.1.1. Extraction alcaline.....	19
2.1.2. Extraction éthanolique.....	20
2.2. Dosage des saponines totaux.....	20
2.2.1. Evaluation de l'activité antifongique	21

Chapitre III : Résultats et discussion.

1. L'effet antifongique.....	25
Conclusion générale	28
Références bibliographique.....	30
Annexes	33

Liste des tableaux :

Tableau 1: classification de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.	7
Tableau 2 : Composition chimique et valeur nutritionnelle des graines du quinoa	10
Tableau 3 : Croissance mycélienne de <i>Fusarium culmorum</i> le 5eme jour en présence de saponine de Quinoa	25

Liste des figures :

Figure 1: la plante de Quinoa.	6
Figure 2 : Morphologie du <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.....	8
Figure 3 : Forme des panicules.....	9
Figure 4 : Forme des grains	9
Figure 5 : Structure de l'acide 3-O- β -D-glucopyranosyl oléanolique (C ₃₆ H ₅₈ O ₈)	15
Figure 6 : <i>Fusarium culmorum</i> : agent causal de la pourriture des pieds et des racines et de la brûlure de la tête sur le blé	17
Figure 7 : Photographies la poudre des saponines de quinoa.....	19
Figure 8 : Extraction des saponines.....	20
Figure 09 : La zone d'inhibition sur <i>Fusarium culmorum</i> sous l'effet de différentes concentrations de l'extrait en (cm).....	26

Introduction Générale

Introduction générale

Le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) est également reconnu pour ses qualités nutritionnelles. Elle est considérée comme une alternative aux céréales traditionnelles (riz, blé, maïs...) pour des populations en situation d'insécurité alimentaire. Le quinoa sera testé en vue de son introduction en tant que culture importante dans l'amélioration du niveau de sécurité alimentaire. Les essais d'introduction de cette espèce seront réalisés au niveau des stations expérimentales de l'institut technique des grandes cultures, en vue d'étudier son comportement phénologique et ses potentiels de production dans différentes zones agro-écologiques.

Un grand nombre d'études ont récemment vu le jour sur les composants chimiques contenus dans les graines de quinoa et leurs propriétés thérapeutiques, suggérant que cette culture constitue une ressource importante pour le développement d'aliments fonctionnels. Outre les bienfaits de la consommation de graines sur la santé humaine, certains composés bioactifs présentent des propriétés pharmacologiques intéressantes, indiquant des applications potentielles dans le domaine pharmaceutique. De plus, comme il ne contient pas de gluten et peut être consommé par les personnes allergiques à cette protéine, le quinoa constitue une alternative alimentaire précieuse pour les personnes atteintes de la maladie coeliaque.

Cependant, l'utilisation plus répandue des graines de quinoa dans l'alimentation humaine soulève des questions liées à des facteurs dits « anti-nutritionnels ». Ces substances ont souvent des effets négatifs sur la croissance, la digestion et l'utilisation des nutriments. Il faut donc développer des solutions pour les éliminer, ou au moins atténuer leurs effets néfastes. Les plus connus sont les saponines, composés toxiques et amers concentrés dans l'enveloppe de la graine qui doivent être éliminés par abrasion mécanique ou lavage avant consommation (**Herbillon., 2015**).

En effet, les saponines du quinoa sont avant tout des métabolites secondaires dont la fonction principale est de protéger les plantes des attaques naturelles en s'accumulant dans les zones les plus sensibles aux attaques de champignons, d'insectes ou d'oiseaux. Par conséquent, ils sont détectés dans toutes les parties de la plante de quinoa, dans les feuilles, les fleurs, les fruits et les téguments.

Des études sur les activités biologiques et pharmacologiques des saponines du quinoa ont montré qu'elles ont des effets inhibiteurs sur la croissance des champignons et des virus. Ses extraits sont utilisés en agriculture pour contrôler et prévenir les maladies fongiques et virales affectant les plantes. Des concentrations plus élevées lysent complètement les champignons et les bactéries (**Wink., 2015**).

Ainsi, Les saponines peuvent détendre les intestins, augmenter la sécrétion de mucus bronchique et désinfecter l'urètre. Ils agissent comme diurétiques et possèdent des propriétés cytotoxiques et antitumorales. Les saponines sont également connues pour leur activité antifongique, comme la diosgénine présente dans certains légumes. Les fongicides contenant des lignines stéroïdiennes sont plus efficaces que ceux contenant des lignines triterpénoïdales.

Plusieurs auteurs biologiques qui ont déclaré que les saponines contenues dans la semence du quinoa sont à l'origine du pouvoir antifongique doté pour cette espèce. A titre d'exemple, **Woldemichael et Wink (2001)** montrent que les saponines du quinoa présentent une activité antifongique importante puisqu'elles inhibent la croissance d'un champignon microscopique s'appelle *Candida albicans* à 50 µg/ml. Plus récemment, les saponines contenues dans l'enveloppe des graines de quinoa ont également montré une activité contre un champignon phytopathogène « *Botrytis cinerea* », les extraits de saponines inhibent significativement la croissance mycélienne et la germination des conidies (**Stuardo M., 2008**).

Les champignons phytopathogènes sont des mycètes appelés aussi Fonges responsables d'infections fongiques. Les agents pathogènes fongiques, principalement les microchampignons, sont des parasites obligatoires ou facultatifs (parasites primaires ou parasites secondaires affaiblis ou endommagés) qui provoquent des maladies chez les animaux (champignons zoopathogènes), les plantes (champignons phytopathogènes) ou chez d'autres organismes.

L'étude des champignons phytopathogènes relève de la phytopathologie ou pathologie végétale. Des agents antifongiques à effet fongicide ou fongistatique sont utilisés pour lutter contre ces organismes nuisibles aux plantes. 10 000 espèces de champignons sont considérées comme phytopathogènes. Ces ravageurs sont une cause majeure de maladies des plantes, représentant environ 70 % des maladies des plantes cultivées et réduisant les rendements agricoles de plus de 20 %.

Dans cette optique, notre étude a pour objectifs d'étudier le pouvoir antifongique des saponine du *Chenopodium quinoa* Willd vis-à-vis a une souche de champignon phytopatogene

Ce travail de recherche est divisé en deux grandes parties: partie bibliographie et partie expérimentale. La partie bibliographie de ce manuscrit inclue un chapitre :

Chapitres I: Généralités sur le quinoa et en particulier les saponines du quinoa. Dans le premier chapitre nous nous sommes intéressés à cités des connaissances bibliographiques concernant le *Chenopodium quinoa* Willd ainsi les champignons phytopathogènes.

La deuxième partie on s'intéresse à l'étude expérimentale comportant deux chapitres:

Chapitres II: Le premier chapitre expérimental, est consacré aux matériel et méthodes utilisés. Il a pour but la présentation du matériel et méthodes, décrire la démarche suivie.

Chapitres III: Le deuxième chapitre expérimental regroupe tous les résultats obtenus dans cette étude et leurs interprétations.

Finalement une conclusion.

Chapitre I:

Revue bibliographique.

I. Présentations d'espèce :

1. Origine du quinoa :

Le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) est un aliment de base latino-américain disponible en grandes quantités au Pérou, en Bolivie et en Équateur (**Stuardo M et San Martin R., 2008**).

Cette espèce est très adaptable et peut être cultivée depuis le niveau de la mer du Chili jusqu'à plus de 4 000 mètres d'altitude sur le plateau Bolivie-Pérou, et depuis les climats froids arides jusqu'aux climats tropicaux humides (**Bruno et Whitehead., 2003**).

2. Historique du quinoa :

Le mot « Quinoa » vient de la langue quechua et fait référence à une plante annuelle aux feuilles triangulaires et aux panicules composées. Selon des traces archéologiques trouvées dans les grottes d'Ayacucho au Pérou, cette plante Chénopodiacée aurait été domestiquée il y a entre 6 400 et 7 800 ans (**Brack Egg., 2003**). Il est cultivé et consommé par les peuples autochtones de Colombie, d'Équateur, du Pérou, de Bolivie et du Chili depuis des siècles (**Gandarillas., 1979**).

Suite à une proposition de la Bolivie à la FAO, l'Assemblée générale des Nations Unies a déclaré 2013 Année internationale du quinoa en reconnaissance de l'utilisation du quinoa par les peuples andins comme aliment pour les générations actuelles et futures.

A la seconde moitié du XXe siècle, le quinoa est devenu un produit alimentaire populaire notamment dans l'Europe et en Amérique du Nord ; le nombre de pays cultivant cette espèce a augmenté de 8 en 1980 à 95 en 2015. De même, les recherches se sont accentuées à travers les centres de recherche (**Da cunha veloso., 2016**).



Figure 1 : la plante de Quinoa.

3. La classification scientifique du quinoa :

Le quinoa appartient au genre *Chenopodium* et il en existe environ 250 espèces. Il existe environ 1800 variétés connues de quinoa. Depuis 2009, une nouvelle classification phylogénétique (APG III) place le quinoa dans la famille des Amaranthaceae.

Tableau 1 : classification de *Chenopodium quinoa* Willd.

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

4. Description botanique du quinoa :

Le quinoa est une plante herbacée annuelle dicotylédone dont la longueur varie de 50 cm à 2 m. La couleur principale de la plante est le vert, mais chez les plantes adultes, les couleurs de base sont le rouge, le violet et le vert, selon le génotype.



Figure 2 : Morphologie du *Chenopodium quinoa* Willd.

4.1 Racine :

Le système racinaire est très fort. La profondeur des racines peut atteindre 30 cm. La racine s'étend en premier, à partir de laquelle se développent des racines secondaires et tertiaires et forment des racelles qui peuvent également se ramifier.

4.2 Tige :

La taille des tiges varie de 0,5 à 1,5 m, selon la variété et les conditions de croissance. Il existe deux formes de sections transversales de la tige principale dans le tiers inférieur de la plante au stade de maturité physiologique.

4.3 Feuilles :

La même plante a des feuilles bien définies avec de grandes feuilles basales qui peuvent être en losange ou triangulaires. Les feuilles alternes sont en forme de losange, triangulaires ou lancéolées, plates ou ondulées, et la chair est tendre. Ils sont dentés, avec jusqu'à 43 dents sur les bords. La couleur des feuilles va du vert au rouge, en passant par le jaune et le violet, selon la nature et l'importance des pigments.

4.4 Panicule :

La panicule composée est considérée comme une fausse panicule. 15 à 70 cm de long, 5 à 30 cm de diamètre. Les panicules se présentent sous trois formes :

- Glomériforme
- Intermédiaire
- Amarantiforme

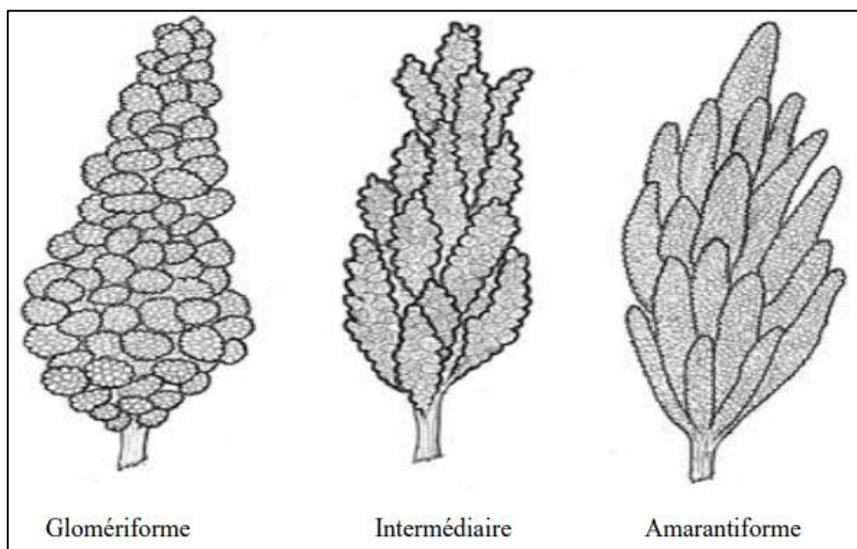


Figure 3 : Forme des panicules.

4.5 Fleur :

Les fleurs sont petites, incomplètes (pas de pétales) et sessiles, de la même couleur que les sépales. Il se compose de cinq courtes étamines filamenteuses retenant les anthères sur une base de support ; le style porte deux ou trois stigmates plumeux. Il se compose des sépales en forme de sépales (cinq sépales), du pistil (ou pistil) et de l'ovaire de forme ovale. Les fleurs femelles sont constituées uniquement de pistil et de pistil. La première dimension varie entre 2 et 5 mm, tandis que la deuxième dimension varie entre 2 et 3 mm.

4.6 Fruit :

Le fruit est un akène. Selon la variété, le diamètre des particules peut aller jusqu'à 2,66 mm. Les couleurs sont blanc, jaune, rouge, violet, marron ou noir. L'embryon périphérique entoure l'endosperme central (tissu de réserve) et est recouvert par le péricarpe et deux couches de cortex externe. C'est la combinaison du péricarpe et du tégument de couleur de la graine. cela donne à la panicule ce qu'elle peut présenter plusieurs couleurs. Il existe quatre formes de grain (Figure 4).

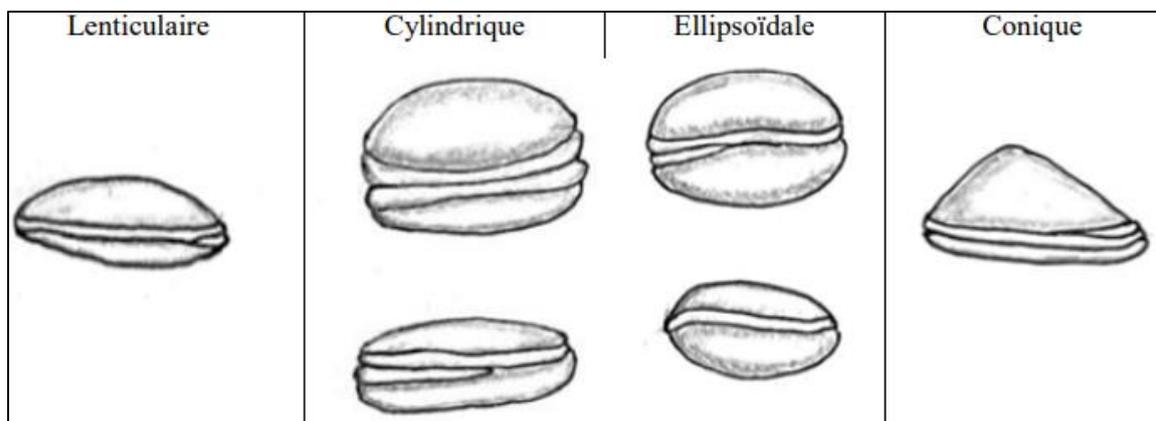


Figure 4 : Forme des grains.

5. Composition chimique et valeur nutritionnelle des graines du quinoa :

Tableau 2 : Composition chimique et valeur nutritionnelle des graines du quinoa .

Composants	Description	Compositions
Protéines	Quinoa se caractérise par une teneur élevée en protéines : 14 à 21%, contre 7 à 12% chez la plupart des autres céréales (blé, riz, maïs, orge, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> - Les protéines de stockage. - Inhibiteurs de protéase. - Lectines
Glucides	Les glucides sont les composants majeurs, leur teneur variant entre 67% et 74% de la matière sèche. On trouve majoritairement de l'amidon, mais aussi des fibres alimentaires et des sucres simples.	<ul style="list-style-type: none"> - Amidon - Fibres alimentaires - Sucres simples
Lipides et composés lipidiques	Les lipides sont localisés dans des corps lipidiques qui sont les éléments de stockage des cellules de l'endosperme et des tissus embryonnaires de la graine de quinoa	<ul style="list-style-type: none"> - Triglycérides, Diglycérides, Phosphatidyl, Acide phosphatidique...etc
Minéraux	Quinoa offre un contenu en minéraux très supérieur à celui des céréales classiques, en particulier en phosphore, magnésium, potassium et fer	<ul style="list-style-type: none"> - Minéraux simples. - Oxalates. - Acide phytique.

<p>Vitamines</p>	<p>Les graines de quinoa présentent des quantités significatives de vitamines. Les niveaux de riboflavine et de folates sont plus élevés que dans les céréales conventionnelles telles que le blé, le riz, le maïs ou l'orge.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Thiamine (B1), Riboflavine (B2), Niacine (B3), Vitamine B6, Folate, Vitamine E...etc
<p>Terpènes et stéroïdes</p>	<p>Les terpènes et stéroïdes sont des métabolites secondaires.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Saponines - Squalène et phytostérols. - Phytoecdystéroïdes
<p>Composés phénoliques</p>	<p>Les composés phénoliques, également appelés polyphénols, sont des métabolites secondaires bioactifs largement présents dans les aliments d'origine végétale couramment consommés.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Acides phénoliques - Flavonoïdes - Tanins
<p>Pigments</p>	<p>Responsables de la coloration naturelle des graines, des fruits et ont un rôle essentiel dans le processus de photosynthèse.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Caroténoïdes - Bétacyanines

6. Importance nutritionnelle du quinoa :

La particularité du quinoa tient au fait qu'il s'agit d'une graine consommée comme une céréale. En général, cet aliment est cuit et ajouté aux soupes, ou transformé en farine et utilisé pour faire du pain, des boissons et de la bouillie (**Derradji., 2020**).

D'un point de vue nutritionnel, le quinoa fournit autant d'énergie que les aliments utilisés de manière similaire, comme les haricots, le maïs, le riz ou le blé. Le quinoa est également une source importante de protéines de haute qualité, de fibres alimentaires, d'acides

gras polyinsaturés et de sels minéraux. Cependant, bien qu'il fournisse de grandes quantités de nombreux nutriments, il doit être incorporé dans un repas équilibré comprenant de nombreux autres types d'aliments afin d'être consommé correctement (**BOUAZZA., 2020**).

Le quinoa est riche en protéines, acides aminés essentiels, fibres alimentaires, graisses, minéraux, vitamines et antioxydants naturels. Etant une excellente source de fer. Le quinoa est donc un aliment intéressant, surtout pour les végétariens. Un très grand avantage pour les personnes atteintes du syndrome du côlon irritable ou de la maladie cœliaque est que le quinoa est sans gluten(**Dalila_ATIET_ALLAH., 2019**).

7. Valeur antinutritionnelle :

Les composés et substances produits dans les aliments d'origine naturelle qui ont pour effet de réduire l'apport en éléments nutritifs, de nuire à la digestion, l'absorption et à l'utilisation métabolique de ces nutriments et pouvant produire d'autres effets indésirables, comme compromettre la croissance et le fonctionnement normal du corps des consommateurs quotidiens, sont appelés anti nutriments ou facteurs antinutritionnels(**Akande, Doma et al., 2010**).

Ces facteurs interféreront avec les nutriments alimentaires de différentes manières, tels que la réduction de la digestion des protéines protéiques, reliant les parois de la connexion avec divers nutriments ou dommages à la paroi. Afin de réduire l'efficacité de la digestion (**Herbillon ,2015**).

Les principaux facteurs antinutritionnels sont la saponine, les composés polyphénols (principalement des tanins condensés), des phytates, des oxalates, des lectines (phytohémagglutinines), des inhibiteurs de protéase, des glycosides cyanogéniques, des flavonoïdes, le gossypol (polyphénol contenu en abondance dans les graines de certains cotonniers du genre *Gossypium*)... mais la liste est inépuisable(**CHENINE et SAHLI., 2020**).

Bien que les inhibiteurs de la protéase et les lectines constituent les principaux facteurs antinutritionnels rencontrés dans les graines des légumineuses, les saponines et l'acide phytique sont les plus représentatifs de la graine de quinoa. D'autres facteurs antinutritionnels, tels que les inhibiteurs de trypsine et les tanins, sont également présents en plus faibles quantités(**Herbillon,2015**).

La saponine est deux groupes de composés glycosides. Selon la nature des fragments de sapogénine, ils sont conjugués à des hexoses, des pentoses ou des acides uroniques. Les sapogénines sont des stéroïdes (C27) ou des triterpénoïdes (C30), ce sont les principaux facteurs antinutritionnels présents dans les couches extérieures du grain (épisperme) de quinoa. La teneur

en saponine dans les graines des génotypes sucrés varie de 0,2 à 0,4 g / kg de matière sèche et dans les génotypes amers de 4,7 à 11,3 g / kg de matière sèche(DJEDEI et MERABET., 2019).

La teneur en saponine est affectée par le déficit en eau du sol et la déshydratation de l'eau plus élevée réduit la teneur en saponine. Le contenu de la saponine est également différent en fonction du stade de croissance. Pendant le stade de ramification, une faible saponine a été trouvée et pendant la période de floraison (DJEDEI et MERABET., 2019).

8. Classification sur saponés :

Les saponines sont un large groupe de glycosides trouvés dans les plantes. Qui se présentent en deux groupes. Selon la nature de la fraction sapogénine, ils sont conjugués avec des hexoses, des pentoses ou des acides uroniques. Les sapogénines sont des stéroïdes (C27) ou des triterpénoïdes (C30). Le péricarpe de la graine de quinoa contient des saponines (Rima., 2022).

Les saponines du quinoa sont exclusivement triterpéniques. Ce sont des composés très polarisés et leurs poids moléculaires sont relativement grands et apparaissent sous la forme de mélanges complexes. Bien que depuis longtemps, il y a eu des saponines dans les graines de quinoa, mais peu d'études pour déterminer leur structure chimique, et les progrès réalisés dans ce domaine sont relativement récents(Eddine., 2020).

Elles sont responsables des caractéristiques de l'amertume des graines de quinoa,et sont considérées comme toxiques en grandes quantités(Zahra et Lamia., 2022).

Les variétés de quinoa peuvent être classées en « amères » et « douces » en fonction de leur teneur en saponines on parle de :

- ✓ Variétés « normales » ou « amères » pour les plus concentrées en saponines,
- ✓ Variétés « douces » avec des teneurs en saponines environ 50 fois inférieure à la normale(Zahra etLamia., 2022).

De ce faire, la plante choisie est *Chenopodium quinoa* Willd. Une plante très riche en métabolites secondaires, et surtout en saponines qui en font la majorité.

L'objectif majeur de ce travail s'articule autour de la détermination de quelques actions de ces saponines par leur dosage et le test de leurs activités biologiques -in vitro-.

II. Les activités biologiques :

Les feuilles, tiges et graines de quinoa servent à diverses applications médicinales grâce à leurs propriétés cicatrisantes, anti-inflammatoires, analgésiques (mal de dents) et désinfectantes des voies urinaires. Elles servent également dans les cas de fractures, d'hémorragies internes et comme insectifuge. Aujourd'hui, les graines de quinoa sont considérées comme une très bonne source de Composés phénoliques (le composé phénolique, également connu sous le nom de polyphénol, est un produit métabolique secondaire bioactifs, et existe généralement dans les aliments d'origine végétale couramment consommés). Les trois principaux types de polyphénols sont les acides phénoliques, les flavonoïdes et les tannins(LAGRAA et MAKHLOUFI., 2021).

Les extraits de Quinoa mis en œuvre dans les traitements cosmétique ou thérapeutique, caractérisés de manière inattendue par une activité lipolytique supérieure aux compositions de l'état de la technique et par une aptitude à prévenir la formation de graisse dans le corps humain. Par conséquent, ils conviennent généralement au traitement humain de perte de poids.

1. Activité antimicrobienne :

Les prescriptions médicales antibiotiques inappropriées peuvent conduire à l'émergence des BMR (bactéries multi-résistantes) ce qui rend important d'orienter les recherches à la découverte de nouveaux produits à base de plantes(Cowan., 1999).

Les saponines de C. quinoa sont avant tout localisées dans la couche externe de la graine, notamment le péricarpe(Herbillon., 2015). Elles confèrent aux grains un goût amer, ce qui nécessite une réduction par des procédés abrasifs ou un lavage avant la consommation(Laus, Gagliardi et al., 2012). Cependant elles ont été reportées pour leur activité antimicrobienne(Kuljanabhagavad et Wink., 2009).

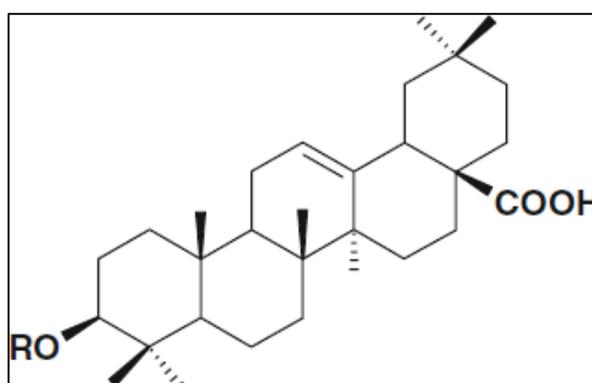
Les enquêtes sur les activités biologiques et pharmacologiques des saponines de C. quinoa montrent un effet inhibiteur sur la croissance des champignons et des virus. ses extraits sont utilisés dans l'agriculture pour contrôler et prévenir les maladies des champignons et des virus qui affectent les plantes (Villa, Russo et al., 2014). Des concentrations plus élevées peuvent complètement lyser les champignons et les bactéries(Wink., 2015).

2. Activité anti-inflammatoire :

Plusieurs rapports montrent que la plupart des plantes contenant de la saponine possèdent une activité anti-inflammatoire. Les résultats du quinoa saponine montrent qu'ils peuvent être utilisés pour prévenir et traiter l'inflammation. Par exemple, ils peuvent représenter les principaux avantages de traitement de diverses maladies causées par des taux pathologiques de

NO (oxyde nitrique) résultant de la promotion de l'inflammation, la carcinogénèse ou l'athérosclérose(CHENINE et SAHLI., 2020).

grâce à l'acide 3-O-b-D-glucopyranosyl oléanolique(AOUDJ et BOUBEKEUR., 2022) (Figure 5), une saponine de type monodesmosidique issue des graines de quinoa et d'abord isolée à partir des graines de *Randia dumetorum* Lam., a montré une activité anti-inflammatoire significative dans les phases exsudative et proliférative de l'inflammation à des doses comprises entre 25 et 100 mg/kg (avec des valeurs de DL50 de 3600 mg/kg chez la souris et 1500 mg/kg chez le rat)(Herbillon,2015)



R = 1 unité de glucose

Figure 5 :Structure de l'acide 3-O-β-D-glucopyranosyl oléanolique (C₃₆H₅₈O₈)(Herbillon, 2015).

3. Activité antifongique :

Les saponines du quinoa présentent une activité antifongique importante puisqu'elles inhibent la croissance de *Candida albicans* à 50 µg/ml. Cet effet a été observé avec un mélange brut de saponines, tandis que les saponines individuelles pures ont montré peu ou pas d'activité, ce qui suggère un effet synergique(Woldemichael et Wink., 2001).

Récemment, la saponine contenue dans l'enveloppe de graines de quinoa montre également une activité contre *Botrytis cinerea*. Comme pour l'activité molluscicide, les extraits de saponines non traités n'ont montré qu'une activité minimale, et après le traitement alcalin, la croissance du mycélium et la germination des conidies étaient significativement inhibées. On suppose également que l'opération provoque des dérivés de saponines plus hydrophobes, qui ont une plus grande affinité pour les stérols dans la membrane cellulaire (Stuardo et San Martín., 2008).

III. Champignons phytopathogènes :

1. Définition :

Les champignons sont une cause majeure de maladies des plantes, causant environ 70 % des maladies des plantes cultivées. On estime entre dix mille et quinze mille espèces le nombre d'organismes du type champignons ou pseudo-champignons susceptibles d'infecter les plantes

L'infection des plantes par des champignons phytopathogènes se déroule selon un processus appelé « cycle de la maladie », dont la complexité varie d'une espèce à l'autre mais comprend toujours un certain nombre d'étapes nécessaires (inoculation, adhésion, germination, pénétration et invasion)

Les champignons phytopathogènes peuvent infecter n'importe quel tissu à n'importe quel stade croissance des plantes suit les cycles biologiques complexe, peut inclure des stades de reproduction sexuel ou asexué.

2. Définition de la souche fongique << *Fusarium culmorum* (FC)>> :

Le coupable de diverses maladies des céréales, des graminées et de différents types de monocotylédones et de dicotylédones est *Fusarium culmorum*, un champignon qui a revendiqué la responsabilité de la brûlure des semis, de la pourriture du piétin, de la brûlure de l'épi, de la pourriture de la tige et de la pourriture commune des racines.

Le champignon *Fusarium culmorum* est considéré comme l'un des groupes de micro-organismes les plus pathogènes, phytotoxiques et producteurs de toxines au monde. Les plantes infectées par ces champignons sont caractérisées par une valeur commerciale et de consommation réduite, principalement due à la contamination des cultures par des mycotoxines. Par conséquent, des méthodes efficaces de réduction des champignons du genre *Fusarium* doivent être mises en œuvre déjà sur le terrain avant la récolte, en particulier avec des méthodes alternatives aux pesticides tels que le biocontrôle



Figure 6 : *Fusarium culmorum* : agent causal de la pourriture des pieds et des racines et de la brûlure de la tête sur le blé. Symptômes de la fusariose de la tête : (A,B) symptômes de la brûlure de la tête; (C) décoloration brune/violacée sous la tête; (D–F) sporodochie orange sur les épillets.

Chapitre II:

Matériel et méthode.

I. Matériel :

1. Matériel végétal :

Le matériel végétal utilisé est la poudre des saponines de *Chenopodium quinoa* Willd.



Figure 7 : Photographies la poudre des saponines de quinoa.

La plante *Chenopodium quinoa* étudiée, est bien connue sous le nom quinoa, ses grains utilisés comme aliment remplaçant les céréales, ses feuilles sont mélangées avec les salades ou encore consommées comme tisanes et les panicules de fleurs sont plutôt décoratives.

L'étude est bien basée sur les grains.

2. Méthodes :

2.1. Extraction des saponines :

2.1.1. Extraction alcaline :

Le quinoa a été **traité avec de l'alcalin (San martin 2007)**. Dans le but de convertir les saponines bidesmosidiques en saponines monodesmosidiques, en se basant sur les conditions d'hydrolyse rapportées pour études structurales des saponines de quinoa.

Le mélange réactionnel contenait 1 part de coques de quinoa (en poids) et 5 parties de 0,5 N NaOH. Le mélange a été maintenu à 95-100 °C pendant 2 h sous agitation et à reflux.

Figure06.

Ces conditions se sont avérées maximiser la disparition des saponines originales du quinoa.

Une fois le traitement alcalin terminé, le mélange a été refroidi à la température ambiante et de l'acide HCl (37 %) a été ajouté pour amener l'extrait à un pH de 7.

Le mélange a ensuite été séché à 70°C pour atteindre une teneur en humidité d'environ 8-10% p/p.

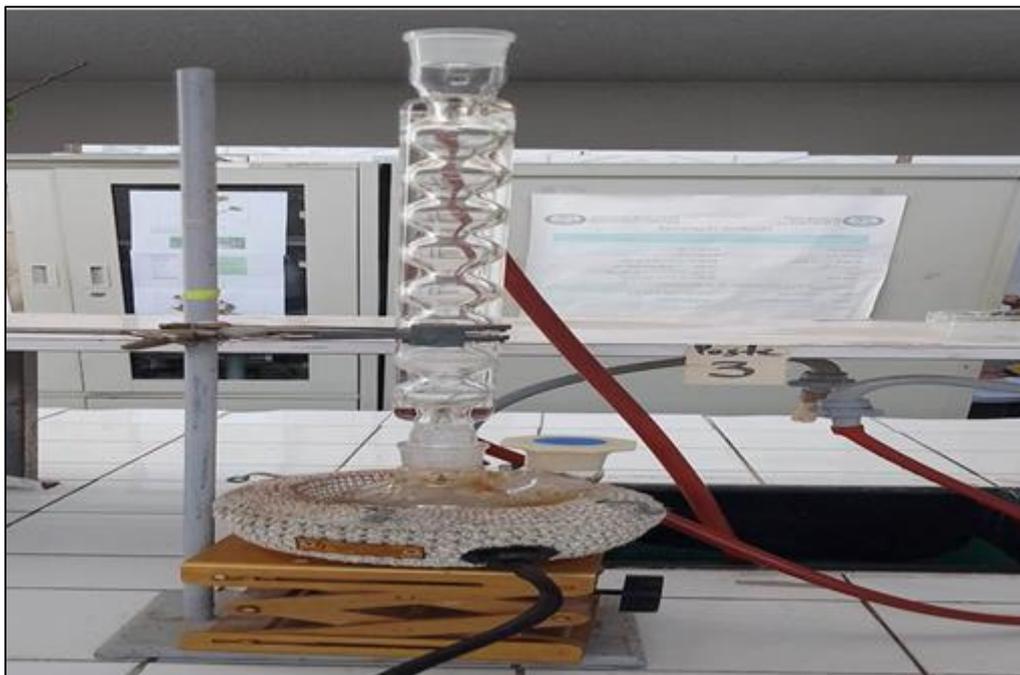


Figure 8 : Extraction des saponines (la photo originale).

2.1.2. Extraction éthanolique :

➤ Préparation de L'extrait hydroalcoolique :

Le procédé d'extraction a été réalisé par macération. Les poudres ont été extraite par macération par le système solvant Ethanol / eau (70/30) (3x1000 ml) sous agitation magnétique. L'extraction est assistée par ultrasons (Fisher scientific fb15046, Leicestershire, Angleterre) pendant 60 minutes à une température ambiante, avec renouvellement du solvant chaque 24h. Les extraits combinés et filtrés sur papier filtre ont été concentrés dans un évaporateur rotatif sous vide à une température <40°C (Buchi R-200, Medellin, Colombia) (Zeghad, 2018). Après séchage des extraits, les rendements exprimés en (%) par rapport à la masse initiale de la poudre soumise à l'extraction, sont calculé selon la formule suivante :

$$R (\%) = [M / M_0] \times 100$$

2.2. Dosage des saponines totaux :

La teneur totale en la teneur en saponine a été mesurée selon Medina meza et *al.*, 2016. Un extrait de saponine (250 µL) a été placé dans un tube avec 1000 µL du mélange de réactifs (acide acétique glacial/acide sulfurique 1 :1 v/v) pour le développement de la couleur, vortexé vigoureusement (30 s), puis chauffé à 60 °C pendant 30 min **figure 07**, pendant lesquelles une couleur violette a été développée ; ensuite, le mélange a été refroidi dans de l'eau glacée. L'absorbance à 527 nm a été mesurée.

L'acide acétique glacial a été utilisé comme blanc.

La teneur totale en saponine a été obtenue par comparaison avec une courbe standard d'acide oléanolique (100 µg/ml à 1000 µg/ml), les résultats étant exprimés en g/100g d'équivalent acide oléanolique.

2.2.1. Evaluation de l'activité antifongique (l'extrait utilisé dans cette expérience est **Extrait alcalin**)

➤ Préparation de milieux de culture PDA

La gélose glucosée à l'extrait de pomme de terre est recommandée pour le dénombrement des levures et moisissures dans denrées alimentaires ainsi que les produits cosmétiques et pharmaceutiques.

Ingrédients en grammes pour un litre d'eau distillée ou déminéralisée : 200g de l'Extrait de pomme de terre, 20g de Glucose., 20g de l'Agar.

- Mettre en suspension 200 grammes dans 1 litre d'eau pure. Porter le milieu à ébullition sous agitation constante pendant au moins 1 minute.
- Répartir en tubes ou flacons.
- Autoclave à 121°C pendant 20 minutes.

La gélose stérile bouillie dans un bain-marie pendant environ 1h du temps pour devenir liquide, puis il sera coulé dans des boîtes de pétrie avec une épaisseur de 4 à 5mm dans une zone stérile par le Bec benzène puis laissées sécher à la température ambiante près du bec benzène pour éviter leurs contaminations avec les bactéries de l'air. (A. S. A. Emanfo et al, 2013).

➤ Protocole expérimentale

La méthode de contact direct a été appliquée pour tester la sensibilité de champignon *Fusarium culmorum*. Vis à vis l'extrait saponine de Quinoa. La technique consiste à additionner l'extrait à différentes concentrations au milieu de culture encore liquide.

Après solidification du milieu de culture, pour le champignon, un disque mycélien de 6 mm de diamètre est déposé aseptiquement à la surface du milieu gélosé au centre de la boîte de pétri de 8 cm de diamètre.

Le volume du milieu utilisé est de 20ml/boîte de pétri. En parallèle des témoins composés de PDA « Potatoes dextrose agar » sans l'extrait saponine de quinoa servent de contrôle.

L'incubation a été effectuée dans une étuve à la température de 28°C pendant 5 jours.

➤ **Lecture des résultats**

La lecture des résultats ou l'évaluation de la croissance mycélienne a été effectuée à partir du 5^{ème} jour d'incubation à 28°C par la mesure du diamètre de la zone de croissance des thalles. Parallèlement, j'ai déterminé le diamètre des souches fongiques en absence l'extrait saponine de quinoa (Témoin).

➤ **Détermination du P.I.c**

Selon (**Boughendjioua, 2019**) l'effet antifongique est déterminé par la mesure du pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne en utilisant la formule suivante :

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

P.I.c : pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne (%)

dt : la croissance diamétrale du témoin (mm).

dT : la croissance diamétrale du champignon en présence d'une concentration (C) de extrait (cm).

L'activité antifongique d'extrait alcalin étudiées a été évaluée selon le pourcentage de l'inhibition de la croissance diamétrale des talles (%) :

- 30 à 40 % : faible activité,
- 50 à 60 % : activité modérée,
- 60 à 70 % : bonne activité,
- >70 % : excellente activité,

➤ **Détermination de la vitesse de croissance mycélienne (VCM)**

D'après (**Salhi et al, 2015**) la vitesse de la croissance mycélienne de chaque concentration est déterminée par la formule :

$$\text{VCM} = [\text{D1} / \text{T1}] + [(\text{D2} - \text{D1}) / \text{T2}] + [(\text{D3} - \text{D2}) / \text{T3}] + \dots + [(\text{Dn} - \text{Dn-1}) / \text{Tn}]$$

VCM =Vitesse de croissance mycélienne (cm/h).

D = Diamètre de la zone de croissance chaque jour (cm).

T = Temps d'incubation (heure)

Chaptire III :

Résultats et discussion.

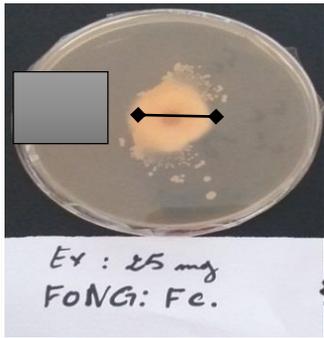
1. L'effet antifongique :

➤ Evaluation de la croissance mycélienne :

L'activité antifongique a été déduite de la présence ou de l'absence de croissance d'hyphes de *Fusarium culmorum* (Fc) sur un milieu PDA en présence de deux concentrations différentes d'extrait de saponine de quinoa.

Les résultats des tests antifongiques de la saponine de quinoa ont montré une activité inhibitrice contre le champignon *Fusarium* après 5 jours. Les résultats sont présentés dans le (tableau 03).

Tableau 3 : Croissance mycélienne de *Fusarium culmorum* le 5^{ème} jour en présence de saponine de Quinoa.

Champignon testé	Espèce	Concentrations	Résultats de l'activité antifongique	% d'inhibition
<i>Fusarium culmorum</i> (Fc)	<i>Chenopodium quinoa</i> Willd	C1 (6mg/ml)		57.5%
		C2 (25mg/ml)		68.75%

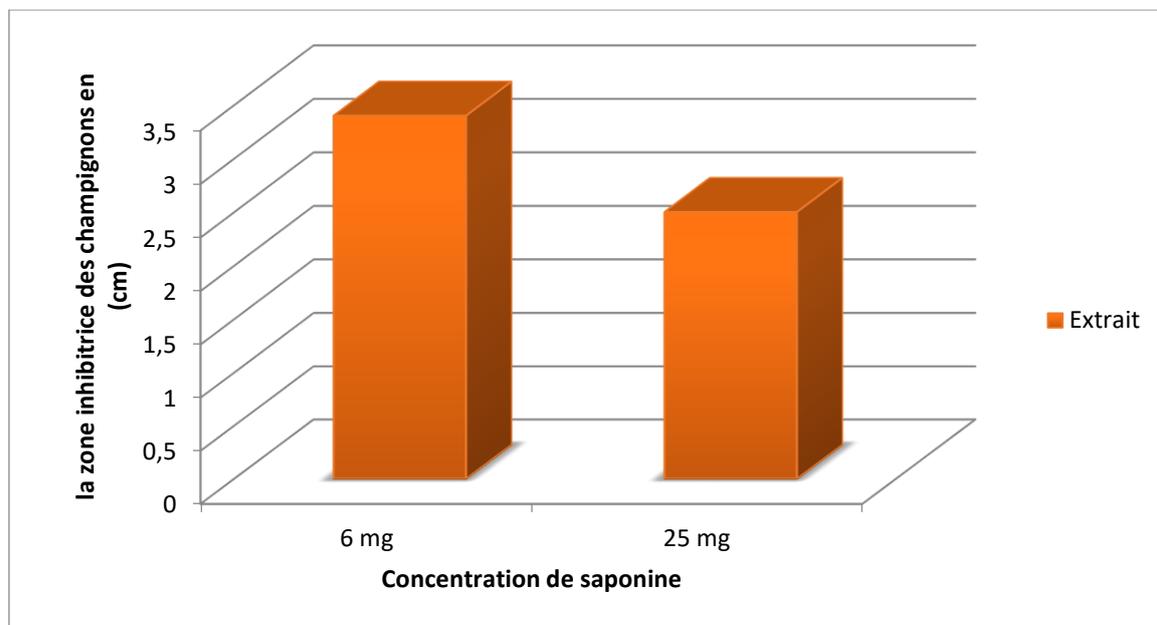


Figure 09 : La zone d'inhibition sur *Fusarium culmorum* sous l'effet de différentes concentrations de l'extrait en (cm)

L'évaluation de l'activité antifongique de saponine de *Chenopodium quinoa Willd* par la méthode de contact direct, montre une efficacité aux extraits de saponine de quinoa vis-à-vis à un champignon phytopathogène *Fusarium culmorum*.

L'extrait de saponine de quinoa exerce la plus grande capacité d'inhibition à une concentration de 25 mg/ml, soit 68,75 %, et exerce une capacité d'inhibition moins sensible à une concentration de 6 mg/ml, soit 57,5 %. Cela a été prouvé par (Wolde Michael et Wink., 2001). La fraction totale de saponine du quinoa a montré une activité antifongique contre la croissance de *Candida albicans*, et le traitement alcalin a eu un effet similaire contre *Cinerea*, mais l'effet était légèrement supérieur à celui de l'extrait purifié.

Comme cité par (Macarena et Ricardo., 2008), il a également été rapporté que les saponines du quinoa ont une activité antifongique contre d'autres champignons et que le quinoa a une activité antifongique contre *Cinerea* et que cette activité est renforcée par un traitement alcalin. Les saponines du quinoa ont peu ou pas d'activité antifongique à moins d'être appliquées à *C. albicans* avec un mélange brut de saponines à 50 µg/ml (Woldemichael et Wink., 2001), bien que l'activité fongique soit généralement inférieure ou non égale à l'activité de l'aglycone. Selon (Woldemichael et Wink., 2001), la chaîne glucidique C3 de la chaîne glucidique C3 renforce l'effet antifongique des saponines et améliore également la perméabilité membranaire (Stuardo et San Martin., 2008), selon (Woldemichael et Wink., 2001) et l'effet sur la croissance mycélienne est probablement plus prononcé pour les saponines monodesmosides que pour les chaînes glucidiques.

Conclusion générale.

Conclusion générale :

Le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) est souvent surnommée par les chercheurs « la graine d'or des Andes » en raison de sa haute valeur nutritive et son potentiel thérapeutique ainsi que sa caractéristique antifongique causée par les saponines de quinoa. Cette dernière a montré dans notre étude un pouvoir antifongique important contre une souche de champignon phytopathogène s'appelle « *Fusarium culmorum* (FC) ».

Considérant que l'activité antifongique est assumée selon la présence ou l'absence de croissance mycélienne de « *Fusarium culmorum* » sur le milieu PDA sous les effets des deux différentes concentrations (6 mg/ml et 25 mg/ml) de l'extrait de saponine de *Chenopodium quinoa* Willd.

Les résultats de cette étude indiquent que le test antifongique de saponine de quinoa sur le champignon « *Fusarium culmorum* » après le 5^{ème} jour a montré une activité inhibitrice, montrant une efficacité remarquable et hautement significative aux extraits de saponine de quinoa contre un champignon phytopathogène *Fusarium culmorum*.

L'activité antifongique constatée dans cette étude et le test positif aux saponines confirment les résultats de plusieurs chercheurs biologiques qui affirment que les saponines contenues dans les graines de quinoa sont à l'origine des capacités antifongiques conférées par cette espèce.

Enfin, nous concluons que les saponines du *Chenopodium quinoa* Willd ont un pouvoir antifongique des vis-à-vis d'une souche de champignon phytopathogène.

Références bibliographique.

Références bibliographique :

1. Akande, K. E., U. D. Doma, H. Agu and H. Adamu (2010). "Major antinutrients found in plant protein sources: their effect on nutrition."
2. Brack Egg A, (2003), *Peró: diez mil años de domesticación*. Lima: Editorial Bruo. 12p.
3. Bruno M & Whitehead W, (2003), *Chenopodium Cultivation and Formative Period Agriculture at Chiripa, Bolivia*. *Latin American Antiquity*, 14: 339-355.
4. CHENINE, R. and Z. SAHLI.(2020). Intérêt du Quinoa dans l'industrie Alimentaire et Pharmaceutique, UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA.
5. CHENINE, R. and Z. SAHLI.(2020). Intérêt du Quinoa dans l'industrie Alimentaire et Pharmaceutique, UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA.
6. DA CUNHA VELOSO, 2016, Impacts de l'essor international du quinoa, Haute École de Gestion de Genève (HEG-GE), 9p.
7. DJEDEI, S. and R. MERABET (2019). "Etude comparative des quatre variétés de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) cultivées dans la région d'Oued Righ" Djamaa".
8. Eddine, L. A. D. (2020). La culture de quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild).
9. Gandarillas H, (1979). La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): Genética y origen. In: Tapia M.E. et al., eds. *La Quinua y la Kañiwa cultivos andinos*. Bogota: CIID- IICA, 45-64.
10. Ghosh , (1983). Anti-inflammatory and analgesic activities of oleanolic acid 3-/3-glucoside (RDG-1) from *Randia dumetorum* (Rubiaceae). *Indian J. Pharmacol.*,15(4), 331-342.
11. Herbillon M., 2015- Le Quinoa: Intérêt nutritionnel et perspectives pharmaceutiques. Thèse doctorat en pharmacie. Université de rouenu.f.r de médecine et de pharmacie. France, p:27 50.
12. Herbillon, M. (2015). "Le quinoa: intérêt nutritionnel et perspectives pharmaceutiques."
13. N. Basu, R.P. Rastogi (1967)., Triterpenoid saponins and sapogenins
14. Rima, M. "Effet de différents modes de semis manuel sur le taux d'azote de quelques variétés de quinoa."
15. Stuardo M, San Martin R, (2008), Antifungal properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild) alkali treated saponins against *Botrytis cinerea*. *Ind. Crop Prod*, 27(3). 296-302.
16. Stuardo M., San Martin R. (2008). Antifungal properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild) alkali treated saponins against *Botrytis cinerea*. *Ind. Crop Prod*, 27(3).296-302.
17. Stuardo M., San Martín R. (2008). Antifungal properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) alkali treated saponins against *Botrytis cinerea*. *Ind. Crop Prod.*, 27(3), 296-302.

18. Wink, (2015). "Modes of action of herbal medicines and plant secondary metabolites." *Medicines* 2(3): 251-286.
19. Woldemichael G., Wink M. (2001). Identification and biological activities of triterpenoid saponins from *Chenopodium quinoa*. *J. Agric. Food Chem.*, 49(5), 2327-2332.
20. Zahra, M. S. F. and M. B. Lamia (2022). Contribution à l'évaluation de l'effet d'incorporation de la farine cuite de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) sur la qualité d'un yaourt brassé au cours de la conservation au froid, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem.

Annexes

Année universitaire : 2022-2023	Présenté par : ZAÏTER NADA SMARA RAYENE
Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en diplôme de Master en Biologie	
Propriétés biologique à base des saponines de l'espèce Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) traitées par alcalin	
<p>Resumé :</p> <p>Le quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) est une plante annuelle originaire des Andes. Son intérêt nutritionnel repose sur la présence de protéines (tous les acides aminés essentiels), de minéraux, de vitamines, d'acide linoléique (omega-3) ainsi que des métabolites secondaires comme les saponines dont le rôle important de protéger les plantes aux attaques de champignons et plus précisément les Champignons phytopathogènes.</p> <p>Ce travail consiste à étudier le pouvoir antifongique des saponine du <i>Chenopodium quinoa</i> Wild contre une souche de champignon phytopatogene « <i>Fusarium culmorum</i> (FC) » en considérant que l'activité antifongique est assumée selon la présence ou l'absence de croissance mycélienne de « <i>Fusarium culmorum</i> » sous les effets des deux différentes concentrations (6 mg et 25 mg) de l'extrait de saponine de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.</p> <p>Les résultats obtenus ont montré que le test antifongique de saponine de quinoa sur le champignon « <i>Fusarium culmorum</i> » est positif avec une activité inhibitrice, plus grand pouvoir 68.75% à la concentration 25mg, tandis qu'il exerce une inhibition moins sensible 57.5% à la concentration 6mg, donc une efficacité remarquable et hautement significative aux extraits de saponine de quinoa contre des champignons phytopatogène <i>Fusarium culmorum</i>.</p> <p>Enfin, nous concluons que les saponines du <i>Chenopodium quinoa</i> Wild ont un pouvoir antifongique des vis-à-vis a une souche de champignon phytopatogene.</p>	
Mots-clefs : <i>Chenopodium quinoa</i> Wild, saponines, Activité antifongique, Champignon phytopathogènes, <i>Fusarium culmorum</i> (FC).	

Laboratoires de recherche : laboratoire n°13 de biologie et physiologie Végétale au niveau Université Frères Mentouri Constantine 1.

Encadreur :BOUCHAREB RADIA (MCA - UFM, Constantine 1).

Examineur 1 : Pr. BOUSBA RATIBA (MCA - UFM, Constantine 1).

Examineur 2 : Dr. ZEGHBIB NASSIM (MCA - UFM, Constantine 1).