

.REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
جامعة عمار ثليجي بالأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT

كلية العلوم
FACULTE DES SCIENCES
قسم البيولوجيا
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Sciences Biologiques

Option : Biochimie appliquée

THEME

**Evaluation du pouvoir antifongique de quelques
extraits des graines de *Thapsia garganica***

Présenté par :

MESSAOUDI Hafssa
MOUHOUBI Anssar
NIBOUCHE Imane

Devant le jury :

Mr BOUBRIMA Youcef	M.A.A	Univ. Amar Telidji - Laghouat	Président
Mr SIFI Ibrahim	M.C.A	Univ. Amar Telidji - Laghouat	Examinateur
Mr QUINTEN Mohamed	Professeur	Univ. Amar Telidji - Laghouat	Rapporteur
M ^{me} EI - HOUTI Fatiha	M.C.A	Univ. Amar Telidji - Laghouat	Co-Rapporteur

Année universitaire : 2020 / 2021

Résumé

La fusariose, une maladie endémique phytopathogène qui affecte toutes les céréales, principalement les productions de blé et d'orge ; ce qui provoque une perte du rendement et même de la qualité des récoltes.

Thapsia garganica L. une plante de la famille des *Apiaceae* connue pour ses propriétés médicamenteuses utilisées par des populations algériennes.

Ce travail a pour objectif l'étude de l'activité antifongique des extraits de la plante médicinale *Thapsia garganica* qui seront utilisés comme des biofongicides vis-à-vis de souches fongiques : *Fusarium graminearum*, l'agent causale de la fusariose des céréales.

L'extraction de la partie aérienne (graines) de *Thapsia garganica* a été réalisée par la méthode de sonication. Nous avons obtenu un rendement de 100ml pour 20g de plante sèche. Quatre extraits végétaux ont été estimés pour différentes concentrations par la détermination du taux d'inhibition de la croissance de champignon testé. L'extrait de la plante est testé avec 5 dilutions (1/1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16 et 1/32).

En effet, le champignon a montré une sensibilité variable vis-à-vis des extraits obtenus, et l'extrait d'acétate d'éthyle a révélé une activité remarquable par rapport aux autres extraits.

Mots clés : *Thapsia garganica*, *Fusarium graminearum* , fusariose , biofongicide , activité antifongique

Abstract

Fusarium head blight, an endemic plant pathogen that affects all cereals, mainly wheat and barley production, resulting in a loss of yield and even crop quality.

Thapsia garganica L. a plant of the family *Apiaceae* known for its medicinal properties used by Algerian populations.

The objective of this work is to study the antifungal activity of extracts from the medicinal plant *Thapsia garganica* that will be used as biofungicides against fungal strains: *Fusarium graminearum*, the causal agent of fusarium head blight in cereals.

Extraction of the aerial part (seeds) of *Thapsia garganica* was carried out by the sonication method. We obtained a yield of 100ml for 20g of dry plant.

Four plant extracts were estimated for different concentrations by determining the inhibition rate of fungus growth tested. The plant extract is tested with 5 dilutions (1/1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16 and 1/32).

Indeed, the fungus showed a variable sensitivity to the obtained extracts, and the extract of ethyl acetate showed remarkable activity compared to the other extracts.

Key words : *Thapsia garganica*, *Fusarium graminearum*, Fusarium Head Blight biofungicides , antifungal activity

ملخص

مرض Fusariose، مرض نباتي متوطن يؤثر على جميع الحبوب، ولا سيما إنتاج القمح والشعير، ويؤدي ذلك إلى فقدان الغلة وحتى نوعية المحاصيل.

Thapsia garganica L نبات من عائلة *Apiaceae* المعروف بخصائصه الطبية التي يستخدمها السكان الجزائريون.

الهدف من هذا العمل هو دراسة النشاط المضاد للفطريات لمستخلصات من النبتة الطبية *Thapsia garganica* والتي ستستخدم كمبيدات فطرية عضوية ضد سلالات الفطريات *Fusarium gramineerum*، العامل المسبب لمرض fusariose في الحبوب.

تم استخراج الجزء العلوي (بذور) من *Thapsia garganica* بواسطة تقنية sonication و قد حققنا عائدا قدر ب 100 مل لكل 20 غ من مسحوق النبات الجاف.

وقدر نشاط أربع مستخلصات نباتية لتركيزات مختلفة بتحديد معدل كبح نمو الفطريات المختبرة. ويتم اختبار المستخلص النباتي مع 5 مخففات (1/1، 2/1، 4/1، 8/1، 16/1 و 32/1).

وبالفعل، أظهر الفطر حساسية متغيرة للمستخلصات التي تم الحصول عليها، وأظهر مستخلص *acétate d'éthyle* نشاطا ملحوظا بالمقارنة مع المستخلصات أخرى.

الكلمات المفتاحية: *Fusariose, Fusarium graminearum, Thapsia garganica*، نشاط مضاد للبكتيريا، مبيدات فطرية عضوية

Dédicace

Je dédie ce travail

*A ma mère pour son amour, ses encouragements et ses
sacrifiées*

*A mon père pour son soutien, son affection et la
confiance qu'il m'a accordé*

A la mémoire de ma chère grande mère

A tous les membres de ma famille

A tous mes amis

Et tous ce qui m'aiment.....

Imane, Hafssa, Aoussar

Remerciement

Notre remerciement s'adresse en premier lieu à Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé, la patience et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements et notre profonde gratitude à monsieur Pr. OUINTEN Mohamed , de nous avoir encadré dans notre mémoire de fin d'étude.

Ainsi, nos remerciements s'adressent à Mme Fatiha ELHOUITI pour avoir accepté de codiriger ce mémoire et qui nous a apporté une aide précieuse. Nous lui exprimons notre gratitude pour sa grande disponibilité ainsi que pour les encouragements qu'elle nous a apportés.

Nous tenons à remercier Mme Halima NEBEG pour toute l'aide qu'elle a nous apportée durant ce travail

Nous remercions sincèrement les membres de jury d'accepter et de juger notre travail.

Nous remercions toute l'équipe du laboratoire de département de Biologie, Université Amar Téliidji, Laghouat

Un grand merci pour le Pr YOUSFI Mohamed, directeur de laboratoire de recherche des sciences fondamentales de nous avoir donné l'accès au Laboratoire.

Nous remercions également l'ensemble des enseignants ayant contribué à notre formation durant notre cycle d'étude.

Finalement, nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Merci à tous !!!

Table des matières

<i>Liste des tableaux</i>	I
<i>Liste des figures</i>	II
<i>Introduction</i>	2
Partie I : Etude Bibliographique	5
I. Plantes médicinales et champignons.....	5
I.1. Présentation de la famille des Apiacées	5
I.1.1 Morphologie	6
I.2. Présentation de l'espèce : <i>Thapsia garganica</i>	6
I.2.1. Taxonomie	6
I.2.2. Description botanique.....	7
I.2.3. Distribution	7
I.2.4. Utilisation dans la médecine traditionnelle.....	7
I.2.5. Toxicité.....	8
I.3. Les champignons phytopathogènes	9
I.4. Le Genre <i>Fusarium</i>	9
I.5. L'espèce <i>Fusarium graminearum</i>	10
I.5.1. Classification	11
I.5.1. Processus infectieux	11
I.6. Plante hôte : les céréales.....	12
I.6.1. Le blé.....	13
II. Principales substances actives.....	14
II.1 Les métabolites primaires	14
II.1.1. Les lipides	14
II.2. Les métabolites secondaires	14
II.2.1. Les alcaloïdes	15
II.2.2. Les composés phénoliques	15

II.2.3. Les huiles essentielles	15
Partie II : Partie Expérimentale	18
I. Matériel biologique.....	18
I.1.Materiel végétale	18
I.2. Matériel fongique.....	19
II. Méthodes expérimentales	20
II.1. Matériels et produits de laboratoire	20
II.2 Protocole d'extraction.....	20
II.2.1. Calcul de rendement.....	23
II.3 Activité antifongique	23
II.3.1. Préparation Milieu de culture PDA.....	23
II.3.2. Préparation de la solution d'agar-agar	24
II.4. Préculture de champignons	24
II.5. Préparation de différentes concentrations	24
II.6. Méthode d'application	25
II.7. Essai d'activité antifongique	25
II.8. Evaluation de la croissance mycélienne des isolats.....	26
III. Analyse statistique	26
Partie III : Résultats et Discussions	28
I. Rendement de l'extrait des graines du <i>Thapsia garganica</i> L.....	28
II. L'effet des extraits des grains sur la croissance mycélienne	29
II.1 La cinétique de la croissance mycélienne	30
II.2. Le taux d'inhibition des extraits des graines de <i>Thapsia garganica</i>	33
<i>Conclusion</i>	37
<i>Bibliographie</i>	39

Liste des tableaux

Table 1: Présentation de la souche fongique testée, code et origine (Elhouiti, 2018).....	19
Table 2: Matériels utilisés au laboratoire	20
Table 3: Etapes de préparation de la matière végétale (Nebeg, 2020).....	21
Table 4: Valeurs des dilutions utilisées	24
Table 5: Rendement de l'extrait des graines du <i>Thapsia garganica</i> L.....	28

Liste des figures

Figure 1: Répartition géographique mondiale des Apiacées (Lakhdar, 2011)	6
Figure 2 : L'inflorescence jaune de <i>Thapsia garganica</i> , et l'infrutescence mature de l'espèce (Martinez et al., 2015).....	7
Figure 3: Structure chimique de la thapsigargine	8
Figure 4 : Le Cycle biologique de <i>Fusarium graminearum</i> (Gibberella) sur céréales (Trail, 2009).....	12
Figure 5 : Les Épis de blé infectés par le <i>Fusarium graminearum</i> (Leplat, 2013).	13
Figure 6 : Carte géographique de la wilaya de Laghouat.....	18
Figure 7 : Photographie illustrant les grains de <i>Thapsia garganica</i>	19
Figure 8 : Procédure d'extraction par fractionnement solide-liquide	22
Figure 9 : les extraits obtenus de graines de <i>Thapsia garganica</i>	23
Figure 10 : Série de solutions (mélange « l'extrait Acétate +agar ») classées par ordre de concentrations décroissantes	25
Figure 11:Le rendement en extraits des différentes parties de <i>Thapsia garganica</i>	28
Figure 12: Effet de l'extrait d'acétate d'éthyle des graines du <i>T.garganica</i> vis-à-vis de <i>Fusarium graminearum</i>	29
Figure 13: Effet de l'extrait hexanoïque des graines du <i>T.garganica</i> vis-à-vis de <i>Fusarium graminearum</i>	29
Figure 14: Effet de l'extrait méthanoïque des graines du <i>T. garganica</i> vis-à-vis de <i>Fusarium graminearum</i>	29
Figure 15: Effet de l'extrait de dichlorométhane des graines du <i>T. garganica</i> vis-à-vis de <i>Fusarium graminearum</i>	29
Figure 16: La cinétique de la croissance mycélienne de <i>F. graminearum</i> , en présence de différentes concentrations de l'extrait d'acétate d'éthyle.....	31
Figure 17: La cinétique de la croissance mycélienne de <i>F. graminearum</i> , en présence de différentes concentrations de l'extrait hexanoïque.....	31
Figure 18: La cinétique de la croissance mycélienne de <i>F. graminearum</i> , en présence de différentes concentrations de l'extrait méthanoïque	32
Figure 19: La cinétique de la croissance mycélienne de <i>F. graminearum</i> , en présence de différentes concentrations de l'extrait de dichlorométhane	32
Figure 20: Taux d'inhibition de la croissance mycélienne en présence de l'extrait de dichlorométhane	34
Figure 21: Taux d'inhibition de la croissance mycélienne en présence de l'extrait méthanoïque	34
Figure 22: Taux d'inhibition de la croissance mycélienne en présence de l'extrait hexanoïque	35

Figure 23: Taux d'inhibition de la croissance mycélienne en présence de l'extrait d'acétate d'éthyle..35

Introduction

Introduction

Depuis plusieurs années, l'homme qui vit côte à côte avec les plantes, est habitué à les consommer pour leurs propriétés médicinales et nutritives. Certaines espèces possèdent des propriétés pharmacologiques qui confèrent un intérêt médical. Les remèdes naturels et surtout les plantes médicinales ont été pendant longtemps le principal, voire l'unique recours de la tradition orale pour soigner les pathologies, en même temps que la matière première pour la médecine moderne (**Ould el Hadj *et al.*, 2003**).

L'état de la flore spontanée ainsi que les relations entre l'homme et les espèces végétales, méritent une attention particulière. Les plantes médicinales constituent ainsi une source intarissable de composés organiques de faible poids moléculaires : les métabolites primaires, les métabolites secondaires qui peuvent être utilisées dans la formulation de nouveaux agent antifongique (**Cannas *et al.*, 2014, Erb et Kliebensten,2020**).

Parmi ces plantes : *Thapsia garganica* L une plante médicinale appartient à la famille *Apiaceae* qui est largement répandue dans le monde entier et surtout dans la région méditerranéenne. Elle est connue pour ses effets diurétiques, émétiques et purgatifs.

Au cours des vingt dernières années, une forte progression des maladies causées par les champignons, qui touchent un éventail d'hôtes très large a été constatée. Ces maladies sont causées par un nombre incroyablement élevé d'espèces fongiques (**Bitar *et al.*, 2013**).

Les céréales, notamment le blé constituent les principales ressources alimentaires de l'humanité, en raison de leurs richesses en énergie ; sont affectés par ces espèces fongiques.

La fusariose de l'épi (connue sous le nom de « *Fusarium Head Blight1* : FHB) est l'une des maladies les plus importantes du blé. Elle est causée par un complexe d'espèces dont la plus courante est la *F. graminearum*. Ce champignon infecte les épis de blé au moment de la floraison mais l'impact de contaminations tardives sur les grains est peu compris (**SIOU, Dorothée, 2013**).

La multirésistance fongique pose de grands problèmes au niveau de la protection des plantes. En effet, il ne reste que peu de produits antifongiques efficaces contre certains agents multi résistants (**Hajji, 2016**). Par conséquent, l'objectif de notre étude se portera sur l'évaluation de l'effet antifongique des extraits d'une plante locale *Thapsia garganica* sur le champignon phytopathogène *Fusarium graminearum* (INRA 812).

Notre travail sera donc réparti en trois parties initiées par :

- Une première partie où nous apportons des recherches bibliographiques sur la plante sélectionnée *Thapsia garganica* et le champignon phytopathogène *Fusarium graminearum* ainsi que les principales substances actives de la plante.
- La deuxième partie illustre le matériel et les méthodes mis en œuvre pour l'extraction et l'évaluation des activités antifongiques de l'extrait des graines du *Thapsia garganica*.
- La troisième partie consacrée aux résultats obtenus et discussion.

Nous terminerons par une conclusion générale qui résumera l'ensemble des résultats obtenus.

I. Etude Bibliographique

Partie I : Etude Bibliographique

I. Plantes médicinales et champignons

La phytothérapie ou l'art de soigner par les plantes est utilisée depuis la nuit des temps par les hommes ; les plantes constituant alors le seul remède pour traiter leurs maux. Le plus ancien recueil de formules végétales est gravé en caractères cunéiformes sur des tablettes d'argiles et a été découvert en 1984 dans les ruines de Nippur située dans l'Irak actuel. Il date de l'époque sumérienne il y a plus de 5.000 ans (soit – 3.000 ans avant J-C) (**Filliat, 2012**).

Les plantes médicinales sont des plantes qui se caractérisent par des compétences curatives est ça grâce au principe actif qui est une molécule présente un intérêt thérapeutique quel que soit pour l'homme ou l'animal.

I.1. Présentation de la famille des Apiacées

La famille des Apiacées appelées aussi Ombellifères (*Umbelliferae*) sont des plantes qui comprennent des légumes, des herbes et des épices (**Alison, 2018**), utilisée commercialement comme des plantes médicinales en raison de la présence de métabolites secondaires (**Ladjel et al., 2011**).

Apiacée est l'une des familles des plantes les plus connues avec des caractères botaniques propres tels que :

- L'inflorescence en ombelle typique.
- Formation des fruits secs spécialisés (**Rasmussen et Avato, 1998**).

Elle comprend plus de 280 genres et près de 3000 espèces (**Peiman et al., 2014**).

Les espèces présentent une distribution bipolaire (dans toutes les régions tempérées), mais la majorité habitant l'hémisphère Nord tempéré (**Tabanca et al., 2006**)

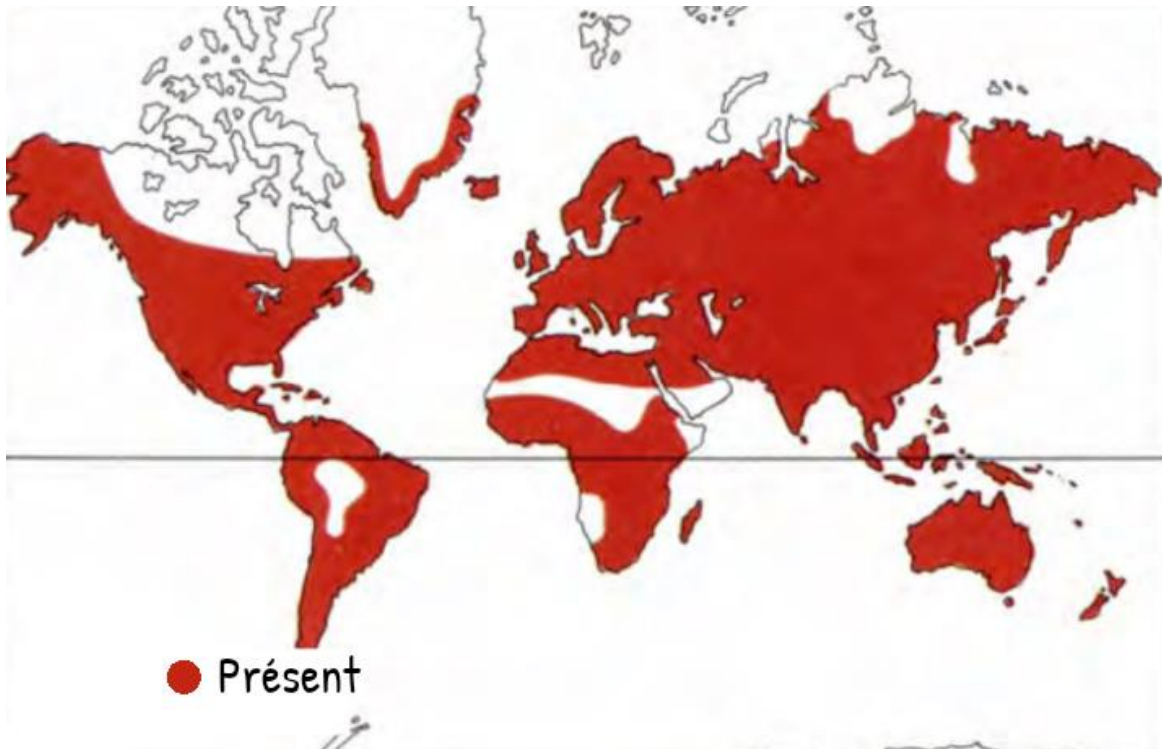


Figure 1: Répartition géographique mondiale des Apiacées (Lakhdar, 2011)

I.1.1 Morphologie

- Les espèces de *Thapsia* sont des plantes herbacées vivaces, poussantes de 50 à 200 cm de haut.
- Les inflorescences sont de grandes ombelles, régulièrement réparties.
- Les fruits ont deux ailes membraneuses très caractéristiques.
- Les fleurs sont hermaphrodites pollinisées par les insectes (Simona *et al.*, 2015).

I.2. Présentation de l'espèce : *Thapsia garganica*

I.2.1. Taxonomie

- Règne : *Plantae*
- Famille : *Umbelliferae*
- Sous famille : *Apiodeae*
- Genre: *Thapsia*
- Espèce: *Thapsia garganica* L.

Elle est communément appelée : Toufelt en berbère; adhriss par les Kabyles du Nord; thapsie, بو نافع ou درياس en arabe (Hammiche *et al.*, 2013)



Figure 2 : L'inflorescence jaune de *Thapsia garganica*, et l'infrutescence mature de l'espèce (Martinez et al., 2015)

I.2.2. Description botanique

- Fleur : les ombelles sont jaunes et de grande taille.
- Feuille : les feuilles sont glabres, découpées en étroites lanières filiformes comme celles du fenouil ; leur pétiole est dilaté en gaine a la partie inférieure.
- Fruit : il est caractéristique ; c'est un akène de grande taille (25 mm sur 15mm) forme de deux méricarpes accolés ; chaque méricarpe possède une face ventrale plane, trois cotes dorsales, peu proéminentes et deux côtes latérales, fortement dilatées en ailes membraneuses, brillantes, plissées horizontalement, de couleur jaune paille, à bords ondulés, échancrées aux deux extrémités. Sa saveur piquante et caustique est caractéristique (Hammiche et al., 2013).

I.2.3. Distribution

Thapsia garganica L est une plante médicinale que l'on trouve couramment en Algérie, le long de la côte, dans les plaines, dans les montagnes sahariennes de l'Atlas et dans le nord du désert saharien (Hammiche et al., 2013).

I.2.4. Utilisation dans la médecine traditionnelle

T. garganica est une plante médicinale très connue notamment pour ses effets thérapeutiques tels que diurétique, émétique et purgatif (Ladjel et al., 2011).

La résine des racines et des tiges de *T. garganica* a été utilisée comme remède contre un certain nombre de maladies : catarrhe, fièvre, pneumonie et contre-irritant pour le soulagement des douleurs rhumatismales (Andersen *et al.*, 2015).

Elle est largement utilisée en Algérie par des voies et des méthodes différentes, par exemple en Kabylie, dès l'arrivée du printemps, il est d'usage de faire une cure « dépurative », un couscous unique par son mode de préparation est préparé ou il est cuit au-dessus de la vapeur de *T. garganica* et plusieurs autres plantes vertes (Hammiche *et al.*, 2013).

Une autre utilisation où ils sont enfouis la racine fraîche dans des cendres chaudes jusqu'à ramollissement et exsudation de la résine ; elle est, alors, grossièrement broyée et placée dans une gaze ; Ce cataplasme, appliqué sur le thorax préalablement enduit d'huile d'olive, y est maintenu jusqu'à sensation de brûlure. On renouvelle chaque jour si nécessaire. Pour les enfants, on utilise la racine privée de son écorce (Hammiche *et al.*, 2013)

I.2.5. Toxicité

T. garganica, et en particulier ses racines, contiennent de puissants irritants cutanés. Ainsi, il provoque une dermatite de contact importante qui se manifeste par un érythème, des démangeaisons et la formation de petites vésicules (Gómez, 2007)

La toxicité de *T.garganica* provient de la présence de thapsigargine et d'autres lactones sesquiterpène (Andersen *et al.*, 2015). : Structure chimique de la thapsigargine

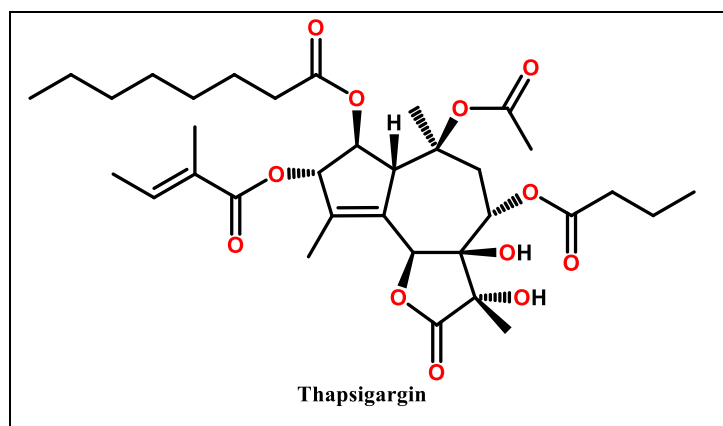


Figure 3:

chimique de la thapsigargine

Structure

I.3. Les champignons phytopathogènes

Les champignons phytopathogènes sont connus pour être l'origine de plusieurs maladies de plante et de perte de rendement pour de nombreuse récolte économiquement importante.

Ce sont, grâce à certaines caractéristiques de leur mode de vie, des organismes capables de s'adapter très rapidement à des modifications de leur environnement (**McDonald et Linde, 2002**) ce qui conduit à la diminution et à la perte de l'efficacité des moyens de lutte (**Idnurm et Howlett, 2001**).

Plusieurs genres de champignons telluriques sont capables d'infecter les racines de plantes sauvages et cultivées et de causer des dégâts importants ; tels que les *Fusarium*. Provoquent des maladies sur diverses cultures maraîchères, céréales, plantes (**Agrios, 2005**).

Le genre de champignon *Fusarium* est l'un des groupes les plus importants de champignons phytopathogènes et affecte une grande diversité de cultures dans toutes les zones climatiques du monde.

En outre, elle est également un agent pathogène pour l'homme et produit plusieurs mycotoxines extrêmement importantes dans les produits alimentaires qui ont des effets délétères sur le bétail et les humains.

Les champignons pathogènes utilisent diverses stratégies pour infecter leurs plantes hôtes. Ces stratégies sont de mieux en mieux comprises grâce à l'accessibilité croissante de nombreux champignons à l'analyse génétique moléculaire (**Summerell, 2019**).

I.4. Le Genre Fusarium

Le *Fusarium* est un genre de champignons filamenteux qui contient de nombreux phytopathogènes importants sur le plan agronomique, des producteurs de mycotoxines et des pathogènes humains opportunistes.

Le principal caractère morphologique des *Fusarium* est la présence de macroconidies fusiformes et cloisonnées (le nom de *Fusarium* vient du latin « *fusus* » car les spores de ces moisissures sont en forme de fuseau) (**Ma et al., 2013**).

Le genre comprend près de 40 espèces souvent largement répandues (**Nelson et al., 1983**).

Les espèces du genre *Fusarium* peuvent se développer sur les céréales, les fruits et les légumineuses en produisant des moisissures de couleur blanc-crème, jaune, rose et rouge à violet, présentes principalement dans les sols des régions tempérées, provoquant la pourriture des racines, tiges et des fruits, ainsi que la dégradation du système vasculaire.

De nombreuses espèces sont pathogènes pour les humains et les animaux. Ils sont connus comme productrices de mycotoxines tel que les trichotécènes ; les familles des zéaralénones et des fumonisines, toutes ayant de grandes implications dans les cas d'intoxication de l'homme et des animaux (**Strioa et al., 2010**)

Le *Fusarium* est l'un des groupes les plus importants de champignons phytopathogènes connus dans le domaine de l'agriculture et de l'horticulture. Il est à l'origine d'une série de maladies sur de nombreuses cultures.

Lorsque les champignons phytopathogènes les plus importants ont été étudiés, il n'est pas surprenant que deux espèces de *Fusarium* ; *Fusarium graminearum*, qui provoque la brûlure de l'épi du blé, et *Fusarium oxysporum*, qui provoque une série de maladies de flétrissement et de pourriture de la tige, figurent parmi les dix principaux agents pathogènes en fonction de leur importance scientifique et économique en pathologie végétale moléculaire (**Summerell, 2019**).

I.5. L'espèce *Fusarium graminearum*

F. graminearum est une espèce saprotrophie (parasite des végétaux) survit pendant plusieurs années dans le sol, sur matière organique morte, en particulier sur les résidus de culture.

Elle s'adapte aux variations environnementales, et produit des enzymes extracellulaires permettant de s'alimenter sur différents résidus de culture (**Leplate et al., 2013**)

Le *Fusarium graminearum* est l'agent causal de la FHB (*fusarium head blight*) ; la fusariose de l'épi dans de nombreuses régions du monde (**Goswami et Kistler, 2004**). Cette maladie ; qui se manifeste par le dessèchement rapproché de certains épillets ; réduit le rendement des cultures céréalières et, en raison de la production de mycotoxines dans les céréales, a un impact sur la santé humaine et animale.

En plus de provoquer des réductions significatives du rendement des grains, la fusariose peut entraîner une réduction de la qualité des grains, soit en affectant les qualités de

transformation des grains, soit en produisant une série de métabolites toxiques qui ont des effets néfastes sur les humains et le bétail (**Pirgozliev et al., 2003**)

La valeur des céréales récoltées peut être encore plus réduite en présence d'une mycotoxine telle que le déoxynivalénol (DON) (**Clear et Patrick, 2000**).

Le parasite envahit les grains issus des épillets, une contamination se manifeste et donc une coloration blanche ou rose est visible.

I.5.1. Classification : Basé sur l'état sexuel

- **Règne :** Fungi
- **Embranchement :** *Ascomycota*
- **Classe :** *Sordariomycetes*
- **Sous-classe :** *Hypocreomycetidae*
- **Ordre :** Hypocreales
- **Famille :** *Nectriaceae*
- **Genre :** *Gibberella*
- **Espèce :** *Gibberella zae* (**Goswami et Kistler, 2004**)

I.5.1. Processus infectieux

Dans les champs de blé, la brûlure de l'épi est initiée par des spores aéroportées qui se posent sur les épillets des fleurs, germent et pénètrent dans la plante par des ouvertures naturelles telles que la base de la lemme et de la palme ou par les tissus des anthères en dégénérescence.

Au début de l'infection, le champignon se développe de manière intercellulaire et asymptomatique. Il se propageant dans le xylème et la moelle. Bien que cette étape ait été qualifiée de biotrophique.

Le champignon se propage de façon radiale, il se développe de façon intracellulaire et colonise rapidement les tissus. Les symptômes à ce stade comprennent la saturation en eau, en particulier du chlorenchyme. Après la saturation en eau, les tissus colonisés deviennent blanchis. Le blanchiment prématuré du tissu de l'épi est une caractéristique des épis infectés au champ, et le tissu blanchi peut former une bande de plusieurs fleurons au centre de l'épi, un symptôme typique de la brûlure de l'épi du blé (**Trail, 2009**).

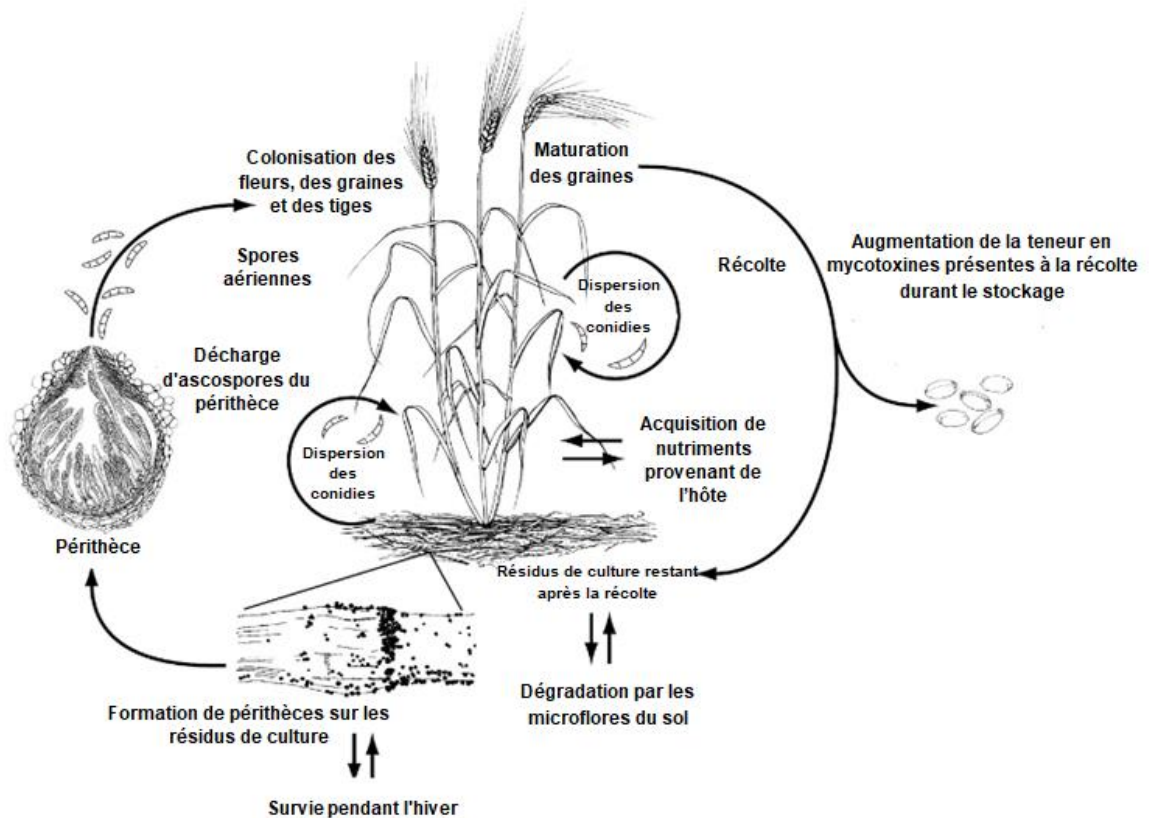


Figure 4 : Le Cycle biologique de *Fusarium graminearum* (Gibberella) sur céréales (Trail, 2009)

Une notation délicate qui doit être réalisée lorsque la maladie a atteint son plein développement - mais avant que le dessèchement dû à la maturité des pièces florales ne soit commencé - ; c'est la détermination d'épillets présentant des symptômes afin de connaître la sévérité de la maladie.

I.6. Plante hôte : les céréales

Les céréales sont les graines ou grains comestibles de la famille des graminées, (*Gramineae*). Un certain nombre de céréales sont cultivées dans différents pays, notamment le seigle, l'avoine, l'orge, le maïs, le triticale, le millet et le sorgho. En général, les céréales sont peu coûteuses à produire, sont faciles à stocker et à transporter et ne se détériorent pas facilement si elles sont conservées au sec.

Un épi de céréales est constitué d'épillets. Le grain de blé est enfermé entre la lemme et la palme de chaque épillet. Le grain peut être de forme elliptique, ovale ou ovale et avoir des poils de brosse courts ou longs. La plupart des variétés cultivées de blé ont des épis fusiformes, peuvent être dotées d'une barbe ou sans barbe, et se battent facilement (McKevith, 2004).

I.6.1. Le blé

Le blé est une culture céréalière majeure dans de nombreuses régions du monde. Il appartient à la famille Triticum, dont il existe plusieurs milliers d'espèces (**Kent et Evers, 1994**), la sous-espèce Vulgare de *T. aestivum* et le blé dur *T. durum* étant les plus importants commercialement (**Macrae et al., 1993**).

Dans chaque classe, il y a un groupe de différentes variétés de blé présentant des caractéristiques similaires. La plupart du blé produit est utilisé pour la consommation humaine et, en raison de ses propriétés uniques, une large gamme d'ingrédients et d'aliments est produite, notamment le germe de blé, l'épeautre (un type de blé grossier), le couscous, le blé concassé et l'amidon de blé (**McKevith, 2004**).

Au cours de sa croissance, le blé peut être soumis à un certain nombre d'agressions de natures différents. En nous plongeant dans les interactions de *F.graminearum* avec le blé, il a été signalé comme agent étiologique de la fusariose de l'épi (FHB).



Figure 5 : Les Épis de blé infectés par le *Fusarium graminearum* (**Leplat, 2013**).

II. Principales substances actives

II.1 Les métabolites primaires

Les métabolites primaires sont des métabolites (acides aminés, acides nucléiques ...) qui participent directement aux réactions métaboliques de l'organisme (la croissance, le développement, et la reproduction). Ils sont essentiels pour la croissance et le développement des végétaux. Chez les plantes supérieures, ces composés sont souvent présents dans les graines et les organes de stockage végétatif

II.1.1. Les lipides

Les lipides sont l'une des trois grandes familles de macronutriments constitutives des aliments qui contribuent à l'apport énergétique nécessaire au fonctionnement de l'organisme.

Sont des molécules apolaires ou amphiphiles très variées. Selon leur nature et leur structure, ils peuvent être solides (les cires) ou liquides (les huiles) La structure

physicochimique des lipides leur confère des propriétés uniques, ce qui leur permet d'assurer des fonctions bien précises chez tous les organismes (**Degournay, 2018**).

Les lipides remplissent trois fonctions générales ;

- Stockage d'énergie ou de vitamine liposoluble dans les graisses
- Rôle structurale dans les membranes biologiques, ils participent à la structure des organismes
- Transport de l'information (hormones, médiateur intra ou extra cellulaire)

II.2. Les métabolites secondaires

Les plantes possèdent des métabolites dits « secondaires » par opposition aux métabolites primaires qui sont les protéines, les glucides et les lipides. Ces composés diffèrent en fonction des espèces et, bien que leurs rôles soient encore mal connus, il est cependant clair qu'ils interviennent dans les relations qu'entretient la plante avec son entourage. Ils sont probablement des éléments essentiels de la coévolution des plantes avec les organismes vivants, tels que parasites, pathogènes et prédateurs, mais aussi pollinisateurs et disséminateurs. Ces différentes relations ont donné lieu à une extrême diversification des composés secondaires (**Sabrina, 2004**).

Les métabolites secondaires servent : d'armes compétitives contre d'autres bactéries, champignons, amibes, plantes, insectes et grands animaux ; comme agents de transport de métaux ; comme agents de symbiose entre les agents de symbiose entre les microbes et les plantes, les nématodes, les insectes et les animaux supérieurs ; comme hormones sexuelles ; et comme effecteurs de différenciation.

II.2.1. Les alcaloïdes

Ce sont des produits azotés basiques, d'origine naturelle dont l'atome d'azote est inclus dans un système hétérocyclique et dont l'activité pharmacologique est significative.

Ils ont, de plus, la propriété de réagir avec des sels de métaux lourds, ce qui permet leur caractérisation aisée (réactifs de Mayer, de Dragendorf, de Wasicky, de Bouchardat). (Sabrina, 2004). Ils sont Largement répandus dans le règne végétal, surtout dans certaines familles de Dicotylédones : *Papaveraceae*, *Apocynaceae*, *Solanaceae*, *Rubiaceae*.

Ils peuvent se répartir dans toutes les parties de la plante, mais selon l'espèce de la plante, ils s'accumulent juste dans les écorces, dans les racines, dans les feuilles ou dans les fruits.

II.2.2. Les composés phénoliques

Tous les composés phénoliques contiennent au moins un cycle aromatique avec un groupe hydroxyle dans leur structure. Il existe plus de 8000 CP végétales individuelles, avec une grande variabilité structurelle ; elles peuvent être classées en deux groupes principaux : les flavonoïdes et les non flavonoïdes. Les flavonoïdes sont les composés phénoliques les plus abondants dans les fruits et légumes, ils représentent près de deux tiers des PC alimentaires et, en tant que groupe, ils sont les plus bioactifs. Ils contiennent un squelette phényl benzopyrane : deux cycles phényles (A et B) reliés par un cycle pyrane hétérocyclique. (Laura, 2019).

II.2.3. Les huiles essentielles

Depuis le Moyen Âge, les huiles essentielles sont largement utilisées pour des applications bactéricides, virucides, fongicides, antiparasitaires, insecticides, médicinales et cosmétiques, notamment de nos jours dans les industries pharmaceutiques, sanitaires, cosmétiques, agricoles et alimentaires.

Les huiles essentielles sont des composés complexes, naturels et volatils, caractérisés par une forte odeur et sont formés par les plantes aromatiques en tant que métabolites

secondaires. Elles sont généralement obtenues par distillation à la vapeur ou par hydrodistillation, méthode mise au point au Moyen Âge par les Arabes.

Ils sont des mélanges naturels très complexes qui peuvent contenir environ 20 à 60 composants à des concentrations très différentes. Elles se caractérisent par deux ou trois composants principaux à des concentrations assez élevées (20-70%) par rapport à d'autres composants présents à l'état de traces (**Bakkali, 2008**)

II. Partie Expérimentale

Partie II : Partie Expérimentale

I. Matériel biologique

I.1. Matériel végétale

Afin d'étudier les graines de *Thapsia garganica*, une récolte est réalisée à partir d'un champ riche en cette plante situé dans la région de Tadjmout, wilaya de Laghouat.

La croissance de la plante est suivie durant son cycle végétatif qui se déroule pendant le mois de janvier jusqu'au juillet (Nebeg, 2020), et la cueillette des graines est réalisée le mois de juin .



Figure 6 : Carte géographique de la wilaya de Laghouat

Les fruits sont ovales avec une couleur verte, de 1 jusqu'à 2 cm de long, et presque de 1 cm de largeur, largement ailés. Les ails sont minces et d'une couleur jaune.



Figure 7 : Photographie illustrant les grains de *Thapsia garganica*

I.2. Matériel fongique

Une souche fongique est choisie pour l'évaluation de l'activité antifongique des extraits lipidiques de *Thapsia garganica*. Il s'agit d'un champignon phytopathogène filamenteux *Fusarium graminearum* (INRA812) responsable de la fusariose des céréales

Les colonies, floconneuses, sont au début roses grisâtres ou rouges à pourpres, puis deviennent brun vineux. Le revers est rouge à pourpre. Le pigment diffuse dans la gélose (Elhouiti, 2018)

Le tableau suivant présente la souche fongique testée, leur code et leur origine :

Table 1: Présentation de la souche fongique testée, code et origine (Elhouiti, 2018)

Espèce	Code	Origine
<i>Fusarium graminearum</i>	INRA 812	Appartient à la collection Fungal Genetic Stock Center PH-1, NRRL 31084 (Michigan, États-Unis)

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique (Bordeaux).

II. Méthodes expérimentales

II.1. Matériels et produits de laboratoire

Les verreries et l'appareillage, les milieux de culture ainsi que le solvant utilisé au cours de la réalisation de ce travail sont résumés dans le tableau

Table 2: Matériels utilisés au laboratoire

Verreries et appareillage	Milieu de culture	Solvant utilisés
Autoclave	Gélose pomme de terre glucosée et gélosée (PDA)	Eau distillée
Bain marie		L'alcool éthylique.
Balance analytique		C_2H_6OS
Barreau magnétique		CH_3OH
Bec benzène		CH_2Cl_2
Béchers		$C_4H_8O_2$
Boîtes de pétri		$C_4H_8O_2$
Erlenmeyer		
Etuve de 26° C		
Micropipette		
Pipettes pasteur		
Plaque chauffante		
Tubes à essai		
Agitateur Vortex		

II.2 Protocole d'extraction

L'extraction des métabolites primaires et secondaires comporte souvent plusieurs opérations préalables telle que ; le séchage, le nettoyage, le décorticage et le broyage (Karleskind, 1992, *in* Nebeg, 2020).

Table 3: Etapes de préparation de la matière végétale (Nebeg, 2020)

Étapes	Figure
<p>Séchage à l'air, à l'ombre et à température ambiante pendant 2 mois</p>	
<p>Après l'enlèvement des impuretés ; les graines sont séparées des ombelles et les ailes ont été séparées manuellement des graines</p>	
<p>Broyage</p>	

Afin de solubiliser un maximum de composés, quatre solvants de polarités différentes sont utilisés durant cette étude : hexane, dichlorométhane, acétate d'éthyle et méthanol.

L'extraction était réalisée par sonication, en macérant 20g d'échantillon délipidé dans 100 ml de solvant pendant une heure et à la température de 35 C°, le matériel végétal doit être sécher du solvant précédent, avant l'utilisation d'un nouveau solvant. Ces étapes sont schématisées dans la Figure 8 :

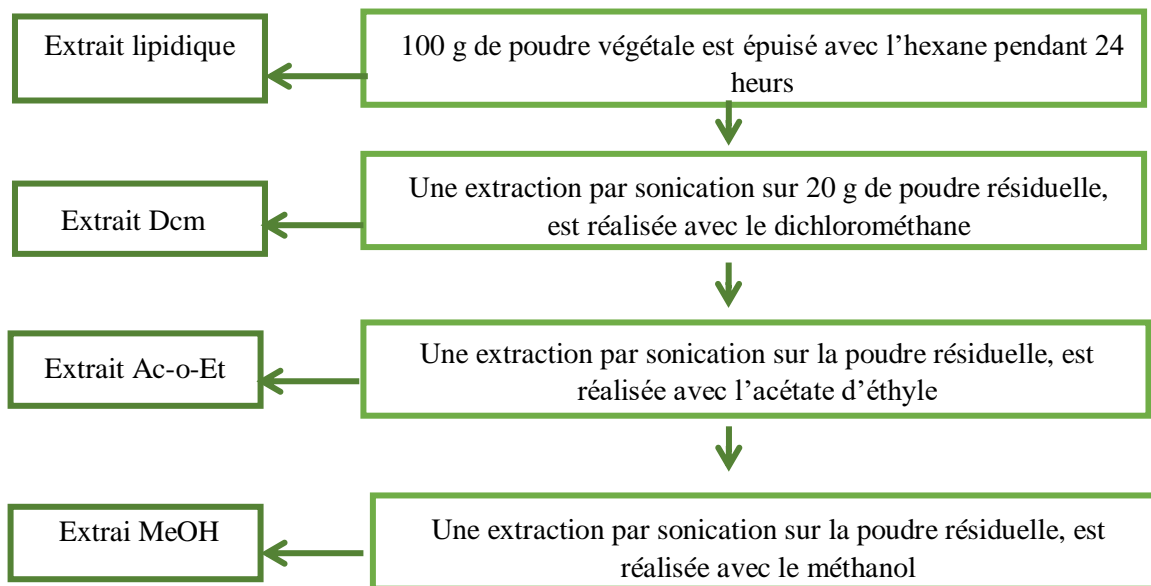


Figure 8 : Procédure d'extraction par fractionnement solide-liquide

Les quatre extraits organiques ont été filtrés puis concentrés sous vide aux températures de 45C°. Après la concentration, ces extraits ont été séchés à l'air libre, quatre extraits ont été obtenus de graines.

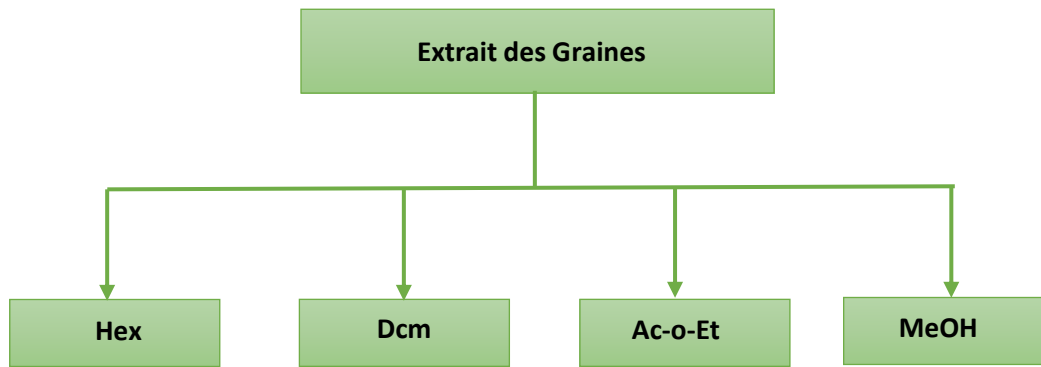


Figure 9 : les extraits obtenus de graines de *Thapsia garganica*

Les extraits sont conservés dans des flacons stériles, opaques et à l'abri de la lumière et dans un réfrigérateur car ils sont très sensibles à la lumière, à la chaleur ainsi qu'aux contaminations microbiennes.

II.2.1. Calcul de rendement

$$R\% = \left(\frac{m}{m_0} \right) \times 100$$

Où : m : masse d'extrait sec

m_0 : masse initiale de poudre

II.3 Activité antifongique

Pour la réalisation de l'activité antifongique nous avons adopté la méthode de contact direct.

Dans le but d'évaluer l'activité antifongique, nous avons utilisé le PDA (Potato Dextrose Agar) et la solution d'agar-agar comme émulsifiant.

II.3.1. Préparation Milieu de culture PDA

- 200 g de pommes de terre pelées.
- 1 L de l'eau distillée
- 20 g Glucose
- 16 g d'agar agar

II.3.2. Préparation de la solution d'agar-agar

- * En tant qu'émulsifiant
 - 2 g de poudre de l'agar agar
 - 1 L de l'eau distillée

13.5 ml de milieu de culture PDA est coulé dans des tubes à essai et la solution d'agar-agar est écoulee dans des flacons.

Les deux milieux deviennent prêts à l'emploi après la stérilisation dans l'autoclave à 120°C pendant 20 minutes.

II.4. Préculture de champignons

Des implants provenant d'une culture pure préparée au préalable ont été déposés au centre des boîtes de Pétries contenant le milieu PDA. Par la suite les boîtes sont incubées à 26°C pendant 7 jours.

II.5. Préparation de différentes concentrations

Afin d'évaluer l'activité antifongique des différents extraits, la solution mère est préparée par le DMSO, ensuite les autres dilutions (1/2, 1/4, 1/8, 1/16 et 1/32) ont été préparées par la solution d'agar, elles correspondent à des concentrations allant de 1 mg/ml à 103 mg/ml (Tableau 5). Après agitation pendant quelques minutes par un vortex, pour homogénéiser le milieu d'agar avec l'extrait, un volume de 1.5ml de mélange préparé est ajouté au 13.5 ml de milieu PDA.

Table 4: Valeurs des dilutions utilisées

Dilutions (mg/ml)	1/1	1/2	1/4	1/8	1/16	1/32
Hexane	157	79	39	20	10	5
MeOH	205	103	51	26	13	6
Ac-O-Et	100	50	25	13	6	3
DCM	43	22	11	5	3	1



Figure 10 : Série de solutions (mélange « l'extrait Acétate +agar ») classées par ordre de concentrations décroissantes

II.6. Méthode d'application

Une technique d'évaluation de l'activité antifongique est couramment utilisée ; la technique de diffusion dans la gélose. La détermination de la sensibilité des champignons pathogènes aux antifongiques impose. La technique utilisée de cette étude est celle de l'incorporation directe de l'extrait au milieu de culture PDA. Cette méthode de contact direct est utilisée en vue de déterminer l'extrait actif par l'évaluation du taux de croissance.

II.7. Essai d'activité antifongique

15 ml d'un mélange de (PDA 13,5 ml + l'extrait +solution d'agar 1,5 ml) a été coulé dans des boîtes de Pétri, après le refroidissement et la solidification de mélange sur la paillasse, des disques mycéliens de diamètre de 5mm issue de la marge d'une culture jeune de *Fusarium graminearum* ont été prélevée avec un emporte-pièce et inoculé au centre de chaque boîte (1disque/ boîte). Chaque concentration est répétée deux fois Le témoin est réalisé dans les mêmes conditions sans extrait et les mesures sont prélevées après 48 h d'incubation.

Après incubation à 26°C pendant 4 à 7 jours en tenant compte de la croissance de témoin.

II.8. Evaluation de la croissance mycélienne des isolats

L'évaluation de l'activité antifongique des extraits de *Thapsia garganica* sur le développement mycélien a été évaluée, en utilisant la méthode de contact direct. Cela consiste à mettre en contact le microorganisme avec le milieu de culture additionné d'extraits, à différentes concentrations. La croissance mycélienne a été estimée quotidiennement en mesurant les diamètres des champignons poussés dans la boîte.

III. Analyse statistique

Les résultats obtenus ont été traités par les analyses statistiques avec Microsoft office (Excel 2016), par un seul facteur, ces analyses statistiques permettent de la signification des essais obtenus.

III. Résultats et discussions

Partie III : Résultats et Discussions

I. Rendement de l'extrait des graines du *Thapsia garganica* L

Le rendement est calculé par rapport au poids de la matière sèche des graines de *Thapsia garganica*. Les teneurs en extraits bruts varient de 0,69 % à 16,90 %

Table 5: Rendement de l'extrait des graines du *Thapsia garganica* L

Solvant d'extraction	Rendement (%)
Hexane	16,90
Dichlorométhane	2,239
Acétate	0,69
Méthanol	5,04

Comparés aux feuilles et racines, les graines disposent des rendements plus élevés en extraits bruts, tandis que les rendements de feuilles varient entre 0,179 % et 10,08 % et ceux des racines varient entre 0,206 % et 4,272 %. (Nebeg, 2019)

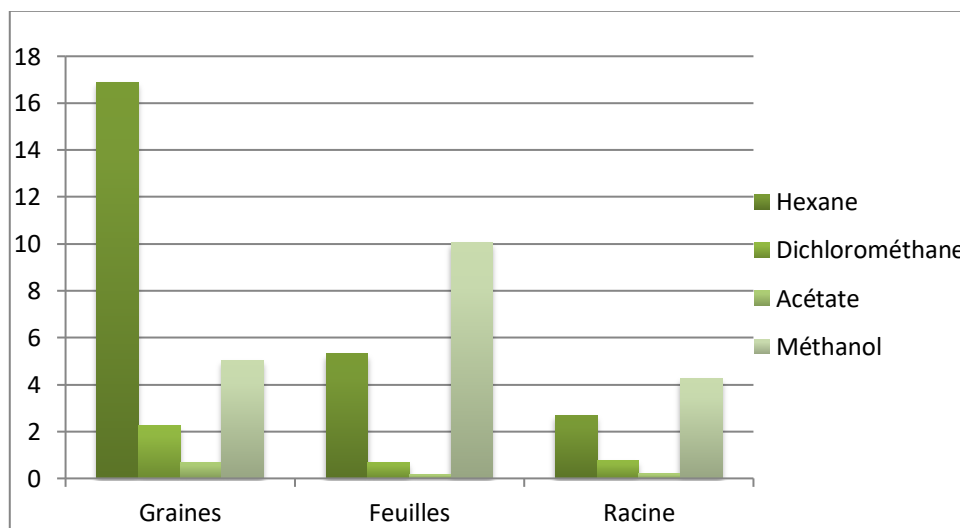


Figure 11: Le rendement en extraits des différentes parties de *Thapsia garganica*

II. L'effet des extraits des grains sur la croissance mycélienne

L'activité antifongique est révélée par l'absence ou la présence de la croissance mycélienne de *F. graminearum* sur milieu solide additionné de différentes concentrations de différents extraits.

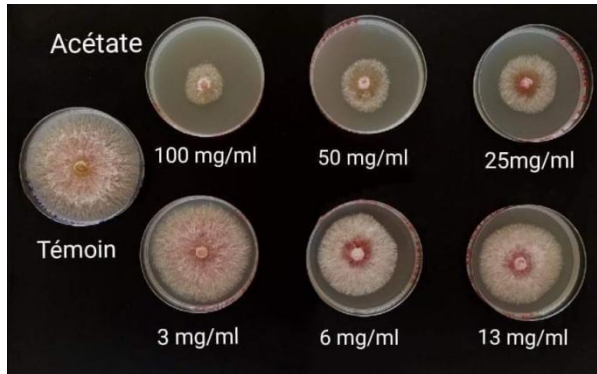


Figure 12: Effet de l'extrait d'acétate d'éthyle des graines du *T.garganica* vis-à-vis de *Fusarium graminearum*



Figure 13: Effet de l'extrait hexanoïque des graines du *T.garganica* vis-à-vis de *Fusarium graminearum*

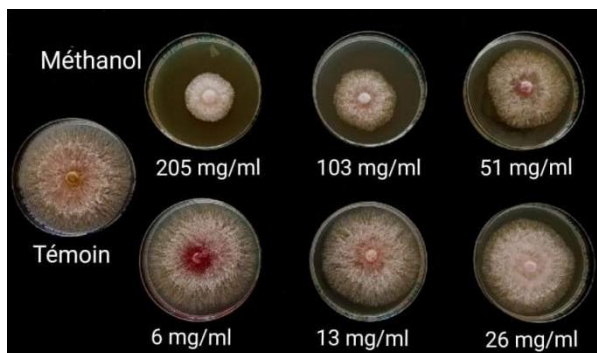


Figure 14: Effet de l'extrait méthanoïque des graines du *T. garganica* vis-à-vis de *Fusarium graminearum*



Figure 15: Effet de l'extrait de dichlorométhane des graines du *T. garganica* vis-à-vis de *Fusarium graminearum*

Les figures ci-dessus représentent l'effet des extraits des graines de *Thapsia garganica* sur la souche fongique *F. graminearum*. Il est remarquable que la croissance mycélienne diminue avec l'augmentation de la concentration des extraits.

Une inhibition très importante a été observée pour l'extrait d'acétate d'éthyle, avec des concentrations qui varient entre 25 et 100 mg/ml, où nous avons remarqué un effet inhibiteur important sur la croissance mycélienne, même à faibles concentrations.

Pour l'extrait hexanoïque, une activité inhibitrice importante est obtenue à partir d'une concentration de 39 mg/ml.

Les zones d'inhibition observées pour l'extrait méthanoïque, utilisé avec des concentrations allant de 103 à 205 mg/ml montrent que l'activité de cet extrait est faible par rapports aux extraits hexanoïque et d'acétate d'éthyle, où le développement mycélien obtenu par les extraits de faibles concentrations, était similaires à celui obtenu avec le témoin. Cet extrait est efficace qu'à partir d'une concentration de 103 mg/ml

Les résultats obtenus par l'extrait de dichlorométhane, montrent que l'extrait hexanoïque est moins efficace vis-à-vis de la croissance mycélienne, mais les résultats obtenus par ces deux extraits étaient très semblables.

D'après ces résultats, nous avons observé une variation des diamètres d'inhibition obtenue par chaque extrait, celle-ci pourrait être expliquée par les différences des concentrations des extraits, la différence entre la composition chimique des différents extraits, ainsi que les mécanismes impliqués pour inhiber la croissance mycélienne.

II.1 La cinétique de la croissance mycélienne

Les figures ci-dessous représentent la cinétique de la croissance mycélienne de *F. graminearum* en fonction du temps et en présence de différentes concentrations de quatre extraits différents. Une activité antifongique a été observée dès le premier jour jusqu'au sixième jour, l'intensité de cette inhibition de la croissance diffère selon l'extrait et la concentration utilisés.

La croissance mycélienne atteint 30 mm de diamètre lorsque la concentration de l'extrait d'acétate d'éthyle est 100 mg/ml. Par contre, cette croissance augmente jusqu'à 78 mm de diamètre quand la concentration est 3,125 mg/ml d'où la faible inhibition. (Figure 16)

L'extrait de l'hexane empêche le développement mycélien lorsqu' il est appliqué à une forte concentration de 156 mg/ml dont le diamètre atteint 38 mm d'où l'enregistrement d'une forte activité. A l'opposé de la plus faible concentration de 4,89 mg/ml possède une forte croissance mycélienne 77 mm d'où la résistance du champignon à l'extrait (figure 17)

Également, l'extrait de méthanol a révélé une forte activité, la plus forte concentration de 205 mg/ml d'où une croissance de 39,5 mm La plus faible concentration 6,40 mg/ml possède une forte croissance mycélienne de 80 mm par conséquent un très faible pouvoir antifongique (figure 18).

Pour l'extrait de dichlorométhane, une concentration de 43,33 mg/ml le champignon a montré une croissance de 49 mm par conséquent une activité antifongique modéré et une

concentration 1,35 mg/ml possède une forte croissance mycélienne de 79 mm exprimée par une faible activité (figure 19).

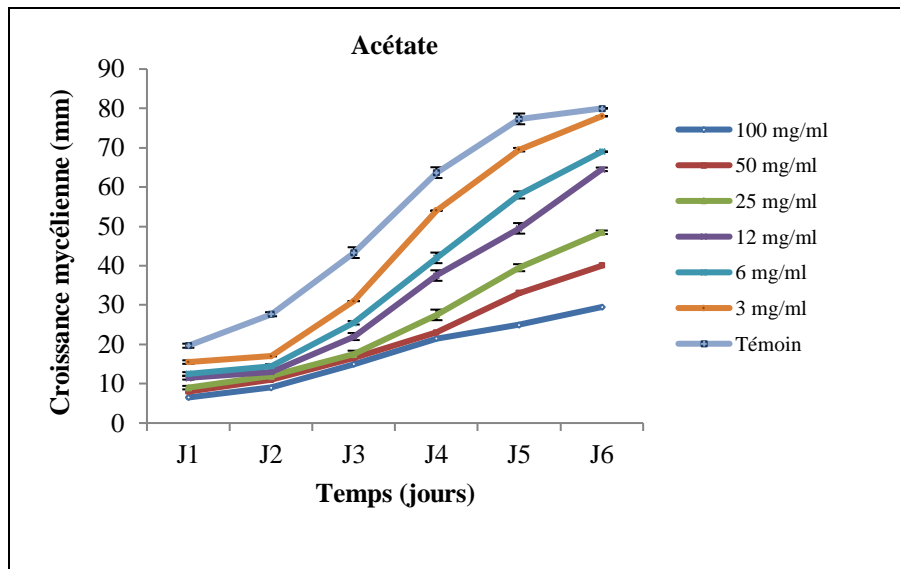


Figure 16: La cinétique de la croissance mycélienne de *F. graminearum*, en présence de différentes concentrations de l'extrait d'acétate d'éthyle

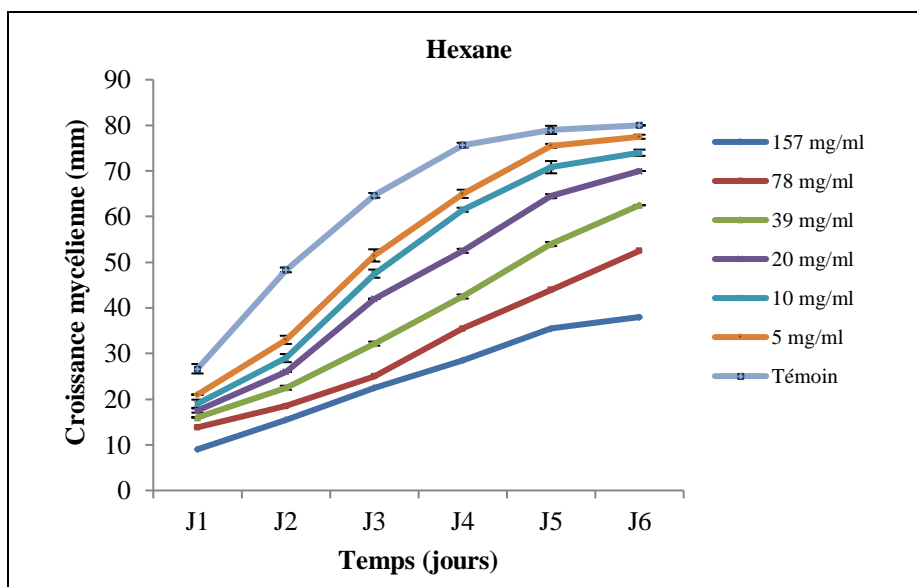


Figure 17: La cinétique de la croissance mycélienne de *F. graminearum*, en présence de différentes concentrations de l'extrait hexanoïque

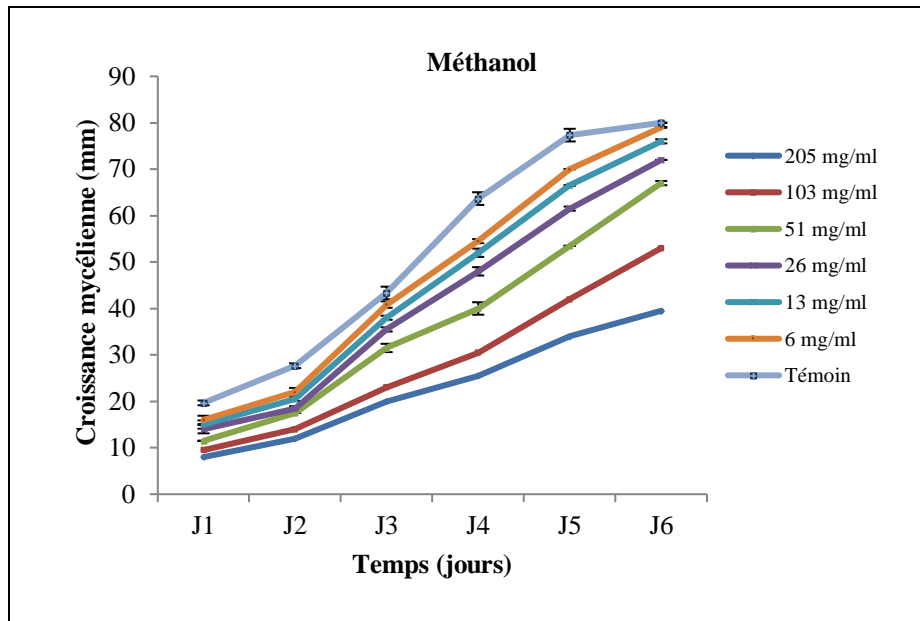


Figure 18: La cinétique de la croissance mycélienne de *F. graminearum*, en présence de différentes concentrations de l'extrait méthanoïque

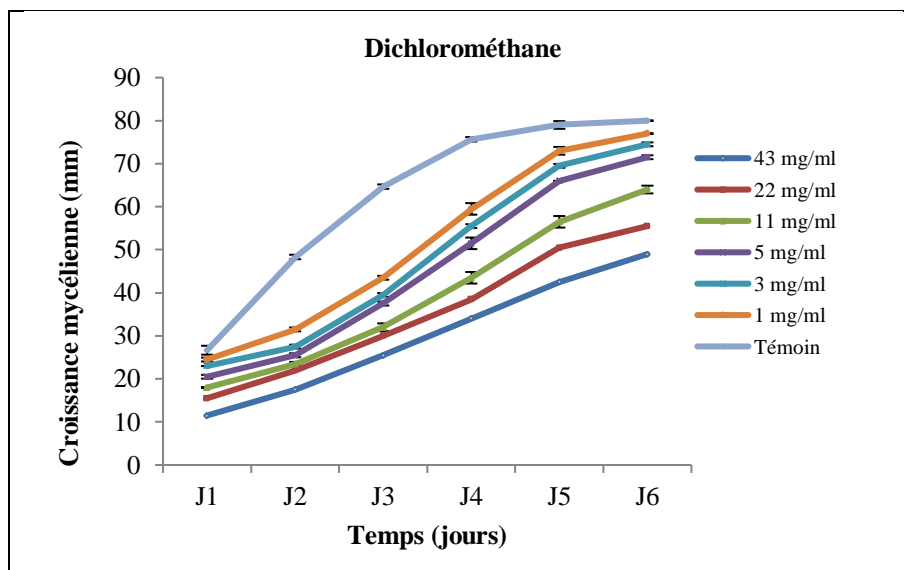


Figure 19: La cinétique de la croissance mycélienne de *F. graminearum*, en présence de différentes concentrations de l'extrait de dichlorométhane

L'interprétation des figures ci-dessus a révélé que les plus fortes concentrations étaient suffisantes pour inhiber plus que 50 % de la croissance mycélienne de *F. graminearum* avec les différents extraits.

Ces résultats montrent que le *F. graminearum* s'est montré sensible vis-à-vis des extraits hexanoïques et méthanoïques avec les concentrations 156,6 , 205 mg/ml respectivement.

Bien que la concentration de l'extrait d'acétate d'éthyle (100 mg /ml) soit inférieure à celle des extraits hexanoïque et méthanoïque (156,6, 205 mg /ml), il possède une activité antifongique remarquable.

Une étude similaire a été réalisée par (**Benaceur et al., 2021**) sur l'effet antifongique des extraits des racines du *Thapsia garganica* sur la croissance mycélienne, où ils ont trouvé que l'extrait d'acétate d'éthyle a donné la meilleure inhibition avec une croissance mycélienne de 35 mm pour une concentration de 50 mg/ml par rapport aux autres extraits.

II.2. Le taux d'inhibition des extraits des graines de *Thapsia garganica*

Les histogrammes représentés dans les figures ci-dessous montrent des taux d'inhibition de la croissance mycélienne vis-à-vis des concentrations différentes des extraits de graines de *T. garganica*.

Le taux maximum d'inhibition enregistré pour l'extrait de dichlorométhane était de 38,75 % à une concentration de 43 mg/ml.

Une activité inhibitrice modérée de *F. graminearum* a été observé pour la concentration 205 mg/ml de l'extrait du méthanol où il a représenté un taux d'inhibition de 50%.

Également, l'extrait hexanoïque a montré une activité antifongique moyennement appréciable lorsqu'il est appliqué à une concentration de 157 mg/ml. Ce qui correspond à un taux d'inhibition de 52.5 %.

Alors que l'extrait de l'acétate d'éthyle a représenté un niveau d'inhibition plus important ; Il a réduit à 63.13% la croissance mycélienne lorsqu'il est appliqué à une concentration de 100 mg/ml.

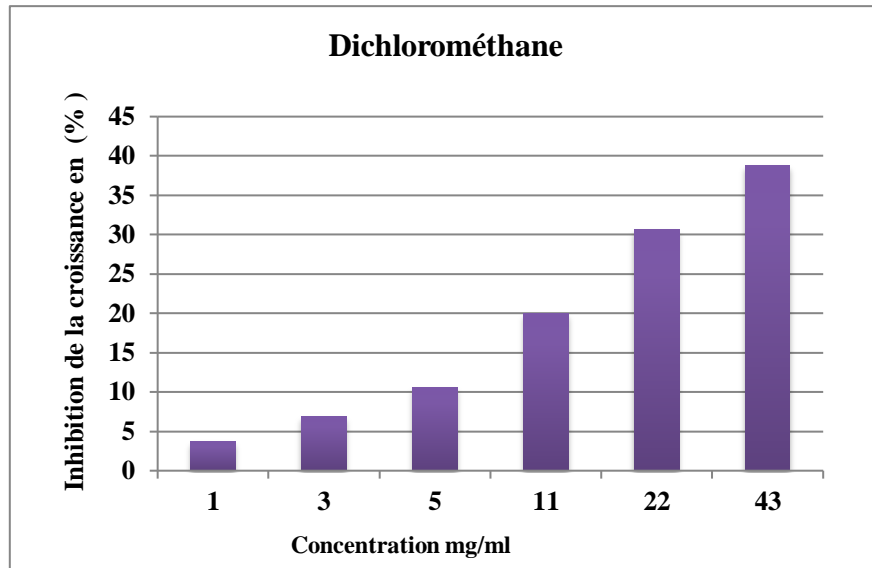


Figure 20: Taux d'inhibition de la croissance mycélienne en présence de l'extrait de dichlorométhane

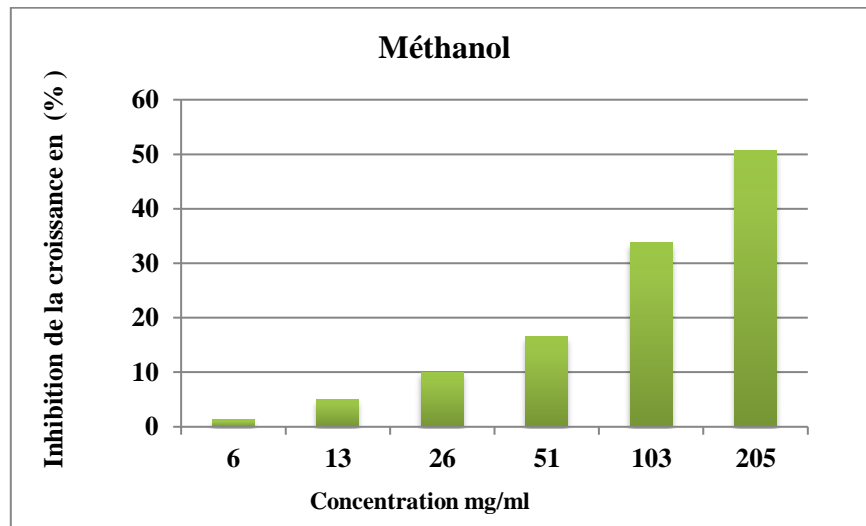


Figure 21: Taux d'inhibition de la croissance mycélienne en présence de l'extrait méthanoïque

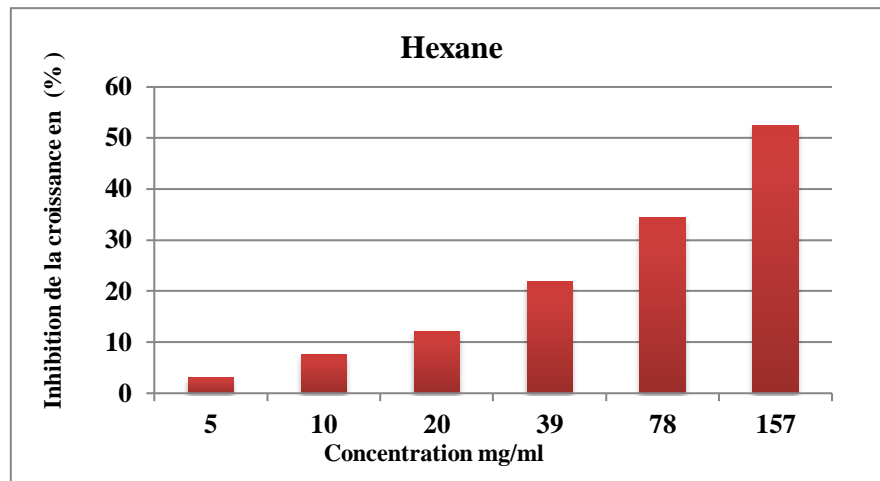


Figure 22: Taux d'inhibition de la croissance mycélienne en présence de l'extrait hexanoïque

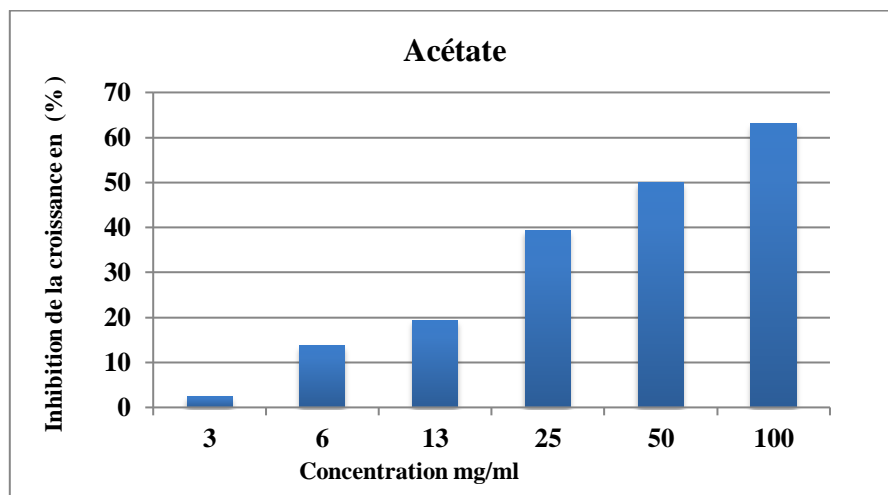


Figure 23: Taux d'inhibition de la croissance mycélienne en présence de l'extrait d'acétate d'éthyle

Les résultats, ainsi obtenus, pour les extraits des racines et des feuilles montrent que tous les extraits avaient des effets inhibiteurs sur le champignon *Fusarium graminearum* mais avec des pourcentages distincts, ils ont trouvé que le taux d'inhibition augmente avec l'augmentation de la concentration.

Bien que les concentrations utilisées d'acétate d'éthyle étaient très faibles ; cet extrait a montré les valeurs d'inhibition les plus élevées, lorsque la concentration est de 50 mg/ml le taux d'inhibition enregistré était de 56,38 % (Benaceur *et al.*, 2021), et pour la concentration de 100 mg/ml le taux d'inhibition enregistré était de 61,73%. (Hadjadj *et al.*, 2021).

IV. Conclusion

Conclusion

C'est dans le but de la recherche d'une solution alternative et de proposer des produits de substitution moins toxiques et moins onéreux que nous avons effectué ce travail pour tester le potentiel de *Thapsia garganica* à fournir des substances pouvant remplacer les fongicides conventionnels utilisés dans la lutte contre la fusariose des céréales.

L'extraction des graines du *Thapsia garganica* a été réalisée par la méthode de sonication et pour solubiliser un maximum de composés, quatre solvants de polarité croissante : hexane dichlorométhane, acétate d'éthyle et méthanol sont utilisées. Le rendement obtenu des extraits des graines varie entre 0,69 % à 16,90 %, ces valeurs sont plus élevées par rapport à celle obtenus chez d'autres études sur d'autres parties de la plante : feuilles de 0,179 % à 10,08 % et racines de 0,206 % et 4,272 %.

Les tests *in vitro* du pouvoir antifongique sur les milieux solides, ont permis d'évaluer l'action des extraits des graines de *T. garganica* vis-à-vis la souche *F. graminearum* (INRA 812). Ces expériences révèlent une sensibilité variable selon les différents solvants et concentrations utilisés.

L'étude de l'effet des différentes concentrations des différents extraits des graines du *T.garganica* sur la croissance mycélienne a montré que les plus fortes concentrations pour chaque extrait étaient suffisantes pour inhiber à plus que 50 % la croissance mycélienne de *F. graminearum*.

Les extraits hexanoïque et méthanoïque empêchent le développement mycélien lorsqu'ils sont appliqués à une forte concentration de 156 mg/ml et 205 mg/ml respectivement dont le diamètre atteint 38 mm et 39,5mm. Tandis que la concentration de l'extrait d'acétate (100 mg /ml) soit inférieure à celle des extraits hexanoïque et méthanoïque (156, 205 mg /ml) il possède une activité antifongique remarquable (la croissance mycélienne atteint 30 mm).

Les résultats de l'activité antifongique ont prouvé que l'inhibition de la croissance mycélienne, avec les extraits de graines de *T.garganica* est remarquable. Une forte inhibition (63,13%) a été observée pour l'extrait d'acétate d'éthyle lorsqu'il est appliqué à une concentration de 100 mg/ml. Cependant, l'extrait méthanoïque, hexanoïque et dichlorométhane ont montré une faible résistance du champignon.

En comparant l'activité des composés testés avec les extraits des racines et des feuilles on peut conclure que l'activité antifongique des graines, des feuilles et celle des racines sont similaires, parce qu'ils ont révélés que l'extrait d'acétate donne la meilleure inhibition. Une croissance mycélienne 35 mm pour la concentration 50 mg/ml pour l'extraits des racines et une croissance mycélienne de 30 mm pour la concentration 100 mg/ml avec l'extraits des feuilles.

Nous souhaitons la poursuite de ce travail préliminaire afin de développer l'utilisation des fongicides dans le but de réduire l'utilisation des produits nocifs et polluants et les remplacer par des fongicides d'origine végétal afin de contribuer à minimiser la pollution de l'environnement y compris la préservation de la santé humaine.

Références

Bibliographiques

Bibliographie

- Agrios, G. E. (2005).** *Plant pathology* (éd. 5e). Burlington: Elsevier Academic Press.
- Alison, L. S. (2018).** *La phytothérapie de demain: les plantes médicinales au cœur de la pharmacie.*
- Andersen, T. B. (2015).** *Thapsigargin—from Thapsia L. to mipsagargin. Molecules, 20(4), 6113-6127.* .
- Bakkali, F. A. (2008).** Biological effects of essential oils—a review. *Food and chemical toxicology, 46(2), 446-475.*
- Benaceur.S., G. L. (2021).** *Evaluation de l'activité antifongique de quelques extraits des racines de Thapsia garganica L.*
- CANNAS S., M. P. (2014).** Antifungal, antibiofilm and adhesion activity of the essential oil of *Myrtus communis* L. Against *Candida* species. Natural Product Research. *Natural Product Research.*
- Degournay, A. (2018).** Compréhension du métabolisme central et lipidique chez les plantes et les levures oléagineuses.
- Filliat, P. (2012).** *Les plantes de la famille des Apiacées dans les troubles digestifs.*
- Gómez F. L. M. (2007).** Síntesis de análogos de las tapsigarginas. Mémoire en vue d'obtention du grade de doctorat en chimie. Département de chimie organique. Faculté des sciences. Université de Cádiz. puerto real. Espagne.
- Goswami, R. S. (2004).** Heading for disaster: *Fusarium graminearum* on cereal crops. *Molecular plant pathology, 5(6), 515-525.*
- Hadjadj.S., B. Z . (2021).** *Evaluation de l'activité antifongique de quelques extraits des feuilles de Thapsia garganica L*
- HAJJI, H. (2016).** Evaluation in vitro de l'activité antifongique de quatre plantes médicinales marocaines sur cinq champignons phytopathogènes. *Revue Marocaine de Protection des Plantes.*
- Halima, N. E. (2020).** *Contribution à l'étude des fractions polaire et apolaire de Thapsia garganica L (Doctoral dissertation, Université Kasdi Merbah Ouargla).*
- Hammiche, V. M. (2013).** Plantes toxiques à usage médicinal du pourtour méditerranéen. 171-174.
- Idnurm, A. &. (2001).** Pathogenicity genes of phytopathogenic fung. *Molecular Plant Pathology , 2(4), 241-255.*
- Kent, N. L. (1994).** Kent's Technology of Cereals: An introduction for students of food science and agriculture.Elsevier.
- Ladjel, S. Z. (2011).** Reinvestigation of essential oil content of *Thapsia garganica* grown in the east of Algeria. . *Fundamental and Applied Sciences, 165-168.*

- Laura, A. M.-E.-G.-P. (2019).** Phenolic compounds. In Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables .
- Leplat, J. F. (2013).** Survival of *Fusarium graminearum*, the causal agent of Fusarium head blight. *Agronomy for sustainable development*, 33(1), 97-111.
- Lkhdar, D. (s.d.).** Contribution à l'étude des huiles essentielles et des métabolites secondaires de trois plantes Algériennes de la famille des Apiaceae.
- Ma, L. J. (2013).** Fusarium pathogenomics. *Annual review of microbiology*, (67), 399-416.
- Macrae, R. R. (1993).** *Encyclopaedia of food science, food technology and nutrition*.
- McDonald, B. A. (2002).** Pathogen population genetics, evolutionary potential, and durable resistance. *Annual review of phytopathology*, 40(1), 349-379.
- McKevith, B. (2004).** Nutritional aspects of cereals. *Nutrition Bulletin*, 29(2), 111-142.
- Ould El Hadj M. Didi, H.-M. M. (2003).** Place des plantes spontanées dans la médecine traditionnelle de la région d'Ouargla (Sahara septentrional est). *Courrier du Savoir – N°03*, pp. 47-51. 47-51.
- Pirgozliev, S. R. (2003).** Strategies for the control of Fusarium head blight in cereals. *European Journal of Plant Pathology*, 109(7), 731-742.
- Rasmussen, S. K. (1998).** Characterization of chromosomes and genome organization of *Thapsia garganica* L. by localizations of rRNA genes using fluorescent in situ hybridization. *Hereditas*. 129(3), 231-239.
- Sabrina, K. (2003).** Métabolites secondaires des plantes et comportement animal: surveillance sanitaire et observations de l'alimentation des chimpanzés (*Pan troglodytes schweinfurthii*) en Ouganda. *Activités biologiques et étude chimique de plantes consommée*.
- Simona, C. R. (2015).** Chemical composition of the essential oil from *Thapsia garganica* L.(Apiaceae) grown wild in Sicily and its antimicrobial activity. *Natural product research*, 30(9), 10.
- SIOU, D. (2013).** Développement épidémique de la fusariose des épis de blé et conséquences des interactions entre espèces du complexe fusarien.
- Stroia, C. T. (2010).** Incidence of Fusarium species and its mycotoxins in cereals from western Romania. *Research Journal of Agricultural Science*, 42(2), 302-309.
- Summerell, B. A. (2019).** Resolving Fusarium: current status of the genus. *Annual Review of Phytopathology*, (57), 323-339.
- Tabanca N., D. B. (2006).** Gas chromatographic-mass spectrometric analysis of essential oils from *Pimpinella* species gathered from Central and Northern Turkey. *Journal of Chromatography*, 194-205.
- Trail, F. (2009).** For blighted waves of grain: Fusarium graminearum in the postgenomics era. *Plant physiology*, 149(1), 103-110.