

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة محمد الصديق بن يحيى – جيجل-

Université Mouhamed Seddik Benyahia – Jijel

Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département des sciences de l'environnement
et des sciences Agronomique



كلية العلوم الطبيعية والحياة
قسم علوم المحيط والعلوم الفلاحية

Mémoire de fin d'études

En Vue de L'Obtention du Diplôme : Master Académique

Domaine : Science de la Nature et de la vie

Filière : Science Agronomique

Option : Phytopharmacie Appliquée

Thème

**L'effet de l'extrait aqueux de cyprès sur
la croissance de champignon
*Phythophthora infestans***

Jury de soutenance :

Président : Dr SEBTI M.

Examinatrice : Dr BOUZIANE Z.

Encadreur : Dr BENABDELKADER M.

Présenté par :

M^{elle} KISMOUNE Samiha

Année universitaire : 2020 – 2021

Session : Juillet 2021

Numéro d'ordre : /

Remerciement

Nous exprimons nos profonds remerciements à notre rapporteur de mémoire, Mme. **BENABDELKADER** Messaouda pour son aide inestimable, sa patience et encouragements tout au long de ce travail, ses compétences ont été un atout indéniable à la réussite de ce travail, et nous ont permis d'apprendre énormément durant cette année de collaboration.

Nous exprimons toute notre gratitude à Mr. **SEBTI** Mohamed et Mme. **BOUZIANE** Zahira d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous remercions également tous ceux qui ont contribué de près ou loin au parachèvement de ce travail, soit par leur savoir scientifique ou par leur amitié...

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail

A ALLAH

*Le clément, l'omniscient, le très miséricordieux, le tout puissant
D'avoir permis à ce travail d'aboutir à son terme*

Que ce travail témoigne de mes respects :

*A ma très chère maman MESSAOUDA & mon très cher papa ABD EL KRIM ;
Grâce à leurs tendres encouragements et leurs grands sacrifices, ils ont pu créer le climat affectueux et
propice à la poursuite de mes études. Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma
considération et mes profonds sentiments envers eux, Je prie le bon Dieu de les bénir, de veiller sur
eux, en espérant qu'ils seront toujours fiers de moi.*

A mes très chères sœurs ;

IMENE & HIBA

*Vous allez trouver ici l'expression de mes sentiments de respect, d'amour et de reconnaissance pour le
soutien que vous n'avez cessé de me porter.*

A mon cher frère ;

BACHIR

Pour ses efforts, ses encouragements et ses conseils, je vous remercie énormément

*A mon cher frère OUSSAMA sa femme KAOUTHER & ses petits anges ANES,
CHAHD et ZAID ;*

*Les mots me manquent pour apprécier à leurs justes valeurs les conseils que vous m'aviez donnés.
Vos conseils ont beaucoup servi à la réalisation de mon être*

A ma grand-mère TAOUS

Que dieu la garde

A mes chères oncles ELAYACHI et FETAH et leurs familles

A mon âme sœur OUSSAMA

Quand je t'ai connu, j'ai trouvé l'homme de ma vie et la lumière de mon chemin.

Ma vie à tes côtés est remplie de belles surprises.

Tes sacrifices, ton soutien moral, ta gentillesse sans égal, ton profond attachement m'ont permis de réussir mes études.

Sans ton aide, tes conseils et tes encouragements ce travail n'aurait vu le jour.

Que dieu réunisse nos chemins pour un long commun serein et que ce travail soit témoignage de ma reconnaissance et de mon amour sincère et fidèle.

A ma chère belle-mère FAHIMA & mon beau père AZZEDINE

Vous m'avez accueilli à bras ouverts dans votre famille.

En témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous.

Je vous dédie ce travail

A mes belles sœurs : ZINEB & MERIEM, mes beaux-frères YAHIA &

MOUHAMED CHERIF ;

Que dieu les assiste

A tous les membres de ma famille

A Dr. BENABDELKADER Messaouda ;

Un remerciement particulier Pour sa présence et son soutien.

A mes chères collègues ma deuxième famille: ZINEB, HOUDA, SOULAF, IMENE

& AHLEM

Aux techniciens de laboratoire d'écologie : SORAYA & ASMA



K.SAMIHA



Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction..... 1

Partie I : synthèse bibliographique

Chapitre I. Etude de la plante *Cupressus sempervirens*

| | |
|--------------------------------------------|---|
| 1. Définition et origine | 3 |
| 2. Classification | 4 |
| 3. Répartition géographique | 4 |
| 3.1. Dans le monde | 4 |
| 3.2. En Algérie | 5 |
| 4. Caractéristiques botaniques | 5 |
| 5. Caractéristiques écologiques | 6 |
| 6. Utilisations médicinales du cyprès..... | 7 |
| 6.1. Cônes fructifères | 7 |
| 6.2. Rameaux | 7 |
| 6.3. Autres utilisations | 8 |
| 7. Composition biochimique | 9 |

Chapitre II. Etude de l'agent pathogène *Phytophthora infestans*

| | |
|-----------------------------------------------|----|
| 1. plante hôte <i>Solanum tuberosum</i> | 11 |
| 1.1. Historique et origine..... | 11 |
| 1.2 Définition et taxonomie | 11 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.3. Répartition géographique | 11 |
| 1.3.1. Dans le monde | 11 |
| 1.3.2. En Algérie | 12 |
| 1.4. Description botanique | 13 |
| 1.5. Importance alimentaire et économique | 14 |
| 1.6. Principales maladies de la pomme de terre | 15 |
| 2. Mildiou de la pomme de terre | 15 |
| 2.1. Historique..... | 15 |
| 2.2. Conséquences agronomiques et conditions de développement de la maladie | 16 |
| 2.3. Agent pathogène <i>Phytophthora infestans</i> | 16 |
| 2.3.1. Genre <i>Phytophthora</i> | 16 |
| 2.3.2. Espèce <i>Phytophthora infestans</i> | 16 |
| 2.3.3. Position taxonomique | 17 |
| 2.3.4. Cycle de développement et épidémiologie | 17 |
| 2.3.5. Reproduction | 19 |
| 2.3.5.1. Reproduction asexuée | 19 |
| 2.3.5.2. Reproduction sexuée | 19 |
| 2.4. Interaction de <i>Phytophthora infestans</i> sur la pomme de terre | 20 |
| 2.4.1. L'effet de <i>Phytophthora infestans</i> sur la pomme de terre | 20 |
| 2.4.2. L'effet de la pomme de terre sur <i>Phytophthora infestans</i> | 21 |
| 2.5. Description des symptômes | 21 |
| 2.6. Pertes dues au mildiou | 23 |
| 2.7. Lutte contre le mildiou | 24 |
| 2.7.1. Lutte biologique | 24 |
| 2.7.2. Lutte culturale | 24 |
| 2.7.3. Lutte génétique | 25 |
| 2.7.4 Lutte chimique | 25 |

Partie II. L'expérimentation

Chapitre III. Matériels et méthodes

| | |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Matériel végétale | 26 |
| 1.1. Echantillonnage | 26 |
| 1.2. Préparation | 27 |
| 1.2.1. Séchage | 27 |
| 1.2.1.1. Détermination de taux d'humidité | 27 |
| 1.2.2. Broyage et tamisage | 27 |
| 1.3. Préparation des extraits | 28 |
| 1.3.1. Préparation de l'extrait aqueux de la plante | 28 |
| 1.3.2. Préparation de l'extrait hydro – éthanolique | 28 |
| 1.3.2.1. Calcul du rendement d'extraction | 29 |
| 2. Matériel fongique | 29 |
| 2.1. Prélèvement des échantillons | 29 |
| 2.2. Isolement et purification des isolats fongiques de la pomme de terre. | 30 |
| 2.3. Identification | 30 |
| 2.3.1. Identification macroscopique | 30 |
| 2.3.2. Identification microscopique | 31 |
| 3. Activité antifongique | 31 |
| 3.1. Essai d'activité antifongique des extraits de la plante | 31 |
| 3.2. Paramètres étudiés | 32 |
| 3.2.1. Evaluation de la croissance mycélienne | 32 |
| 3.2.2. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI).. | 32 |
| 3.2.3. Détermination de la vitesse de croissance mycélienne (VC) | 32 |

Chapitre IV. Résultats et discussion

| | |
|----------------------------------------------------------|----|
| 1. Taux d'humidité | 33 |
| 2. Rendements d'extraction | 33 |
| 3. Caractéristiques sensorielles des extraits | 34 |
| 4. Identification de <i>Phytophthora infestans</i> | 35 |
| 4.1. Etude macroscopique | 35 |
| 4.2. Etude microscopique | 35 |
| 5. Résultats des tests antifongiques | 37 |
| 5.1. Evaluation de la croissance mycélienne | 37 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| A. Témoin | 38 |
| B. Extraits aqueux | 38 |
| C. Extraits hydro-éthanolique | 40 |
| 5.2. Vitesse de la croissance mycélienne | 42 |
| a. Pour l'extrait aqueux | 42 |
| b. Pour l'extrait hydro-éthanolique | 42 |
| 5.3. Taux d'inhibition | 43 |
| 5.4. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI) | 43 |
| ❖ Discussion | 44 |
| Conclusion | 46 |
| Références bibliographiques | |
| Annexes | |

Liste des figures

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 01. <i>Cupressus sempervirens</i> L | 3 |
| Figure 02. Aire de répartition du <i>Cupressus sempervirens</i> L..... | 4 |
| Figure 03. Les différents organes de <i>Cupressus</i> : (1) tronc ; (2) feuilles et icones (fe, ic) ; (3) fleurs femelles et fleurs males (fem, mal) ; (4) écailles et graines (éc, gr) | 6 |
| Figure 04. Divers activités biologiques de <i>Cupressus sempervirens</i> | 8 |
| Figure 05. Structure chimique de quelques polyphénols, flavones, flavonoïdes et glycosides de flavones (1) biflavones (2) isolés de <i>Cupressus sempervirens</i> | 10 |
| Figure 06. Production mondiale de la pomme de terre | 12 |
| Figure 07. Cycle de développement de <i>Phytophthora infestans</i> | 18 |
| Figure 08. A) Sporocystes du <i>P.infestans</i> ; B) Oogone du <i>P.infestans</i> | 19 |
| Figure 09. Sporanges (forme asexuée) | 19 |
| Figure 10. Oospore de <i>Phytophthora infestans</i> (forme sexuée) | 20 |
| Figure 11. Description des symptômes sur les feuilles de la pomme de terre : a. sur la face inférieure, b. sur la face supérieure | 22 |
| Figure 12. Description des symptômes au niveau des bouquets terminaux | 22 |
| Figure 19. Symptômes sur la tige de la pomme de terre infectée | 22 |
| Figure 20. Description des symptômes sur le tubercule de la pomme de terre infectée | 23 |
| Figure 21. Symptômes au champ de la pomme de terre..... | 23 |
| Figure 16. Image satellite de la région de L'Aouana (Jijel) | 26 |
| Figure 17. Protocole d'extraction hydro-éthanolique | 29 |
| Figure 18. A : Prélèvement des échantillons, B : Champ de la pomme de terre L'emzair, les plantes attaquées sont noirâtres, comme si elles étaient brûlées, C : Plante infectée attaquée par <i>phytophthora infestans</i> (tige et feuilles) | 30 |
| Figure 19. Taux d'humidité de l'espèce <i>cupressus sempervirens</i> | 33 |
| Figure 20. Rendement d'extraction des feuilles de <i>Cupressus sempervirens</i> | 33 |
| Figure 21. Les caractéristiques sensorielles des extraits bruts secs et l'extrait aqueux | |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| de <i>Cupressus sempervirens</i> | 34 |
| Figure 22. Observation macroscopique de champignon <i>Phytophthora infestans</i> . | 35 |
| Figure 23. Observation microscopique de <i>Phytophthora infestans</i> sous microscope - A : Des sporangiophores produisant des sporanges. - B : Des zoospores. - C et D : Mycélium non septé | 36 |
| Figure 24. Diamètre de la croissance mycélienne après l'application des différentes concentrations des extraits (aqueux, hydro-éthanolique) de <i>C.Sempervirens</i> par la méthode de contact directe | 37 |
| Figure 25. L'effet de l'extrait aqueux sur <i>Phytophthora infestans</i> (concentration 100%) | 38 |
| Figure 26. L'effet de la concentration 50% de l'extrait aqueux sur <i>Phytophthora infestans</i> | 39 |
| Figure 27. L'effet de la concentration 50% des extraits aqueux sur <i>Phytophthora infestans</i> | 39 |
| Figure 28. L'effet de la concentration 100 % de l'extrait hydro-éthanolique sur <i>Ph.infestans</i> | 40 |
| Figure 29. L'effet de la concentration 75% de l'extrait hydro-éthanolique sur <i>Ph.infestans</i> | 41 |
| Figure 30. L'effet de la concentration 50% de l'E.hydro-E de <i>C.sempervirens</i> | 41 |
| Figure 31. La vitesse de croissance mycélienne de <i>Ph.infestans</i> en présence de l'extrait aqueux et l'extrait hydro-éthanolique de la plante étudiée | 42 |
| Figure 32. Les taux d'inhibition de l'extrait aqueux et de l'extrait hydro-éthanolique de <i>C.Semperirens</i> | 43 |

Liste des figures

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 01. <i>Cupressus sempervirens</i> L | 3 |
| Figure 02. Aire de répartition du <i>Cupressus sempervirens</i> L..... | 4 |
| Figure 03. Les différents organes de <i>Cupressus</i> : (1) tronc ; (2) feuilles et icones (fe, ic) ; (3) fleurs femelles et fleurs males (fem, mal) ; (4) écailles et graines (éc, gr) | 6 |
| Figure 04. Divers activités biologiques de <i>Cupressus sempervirens</i> | 8 |
| Figure 05. Structure chimique de quelques polyphénols, flavones, flavonoïdes et glycosides de flavones (1) biflavones (2) isolés de <i>Cupressus sempervirens</i> | 10 |
| Figure 06. Production mondiale de la pomme de terre | 12 |
| Figure 07. Cycle de développement de <i>Phytophthora infestans</i> | 18 |
| Figure 08. A) Sporocystes du <i>P.infestans</i> ; B) Oogone du <i>P.infestans</i> | 19 |
| Figure 09. Sporanges (forme asexuée) | 19 |
| Figure 10. Oospore de <i>Phytophthora infestans</i> (forme sexuée) | 20 |
| Figure 11. Description des symptômes sur les feuilles de la pomme de terre : a. sur la face inférieure, b. sur la face supérieure | 22 |
| Figure 12. Description des symptômes au niveau des bouquets terminaux | 22 |
| Figure 19. Symptômes sur la tige de la pomme de terre infectée | 22 |
| Figure 20. Description des symptômes sur le tubercule de la pomme de terre infectée | 23 |
| Figure 21. Symptômes au champ de la pomme de terre..... | 23 |
| Figure 16. Image satellite de la région de L'Aouana (Jijel) | 26 |
| Figure 17. Protocole d'extraction hydro-éthanolique | 29 |
| Figure 18. A : Prélèvement des échantillons, B : Champ de la pomme de terre L'emzair, les plantes attaquées sont noirâtres, comme si elles étaient brûlées, C : Plante infectée attaquée par <i>phytophthora infestans</i> (tige et feuilles) | 30 |
| Figure 19. Taux d'humidité de l'espèce <i>cupressus sempervirens</i> | 33 |
| Figure 20. Rendement d'extraction des feuilles de <i>Cupressus sempervirens</i> | 33 |
| Figure 21. Les caractéristiques sensorielles des extraits bruts secs et l'extrait | |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| aqueux de <i>Cupressus sempervirens</i> | 34 |
| Figure 22. Observation macroscopique de champignon <i>Phytophthora infestans</i> | 35 |
| Figure 23. Observation microscopique de <i>Phytophthora infestans</i> sous microscope - A : Des sporangiophores produisant des sporanges. - B : Des zoospores. - C et D : Mycélium non septé | 36 |
| Figure 24. Diamètre de la croissance mycélienne après l'application des différentes concentrations des extraits (aqueux, hydro-éthanolique) de <i>C.Sempervirens</i> par la méthode de contact directe | 37 |
| Figure 25. L'effet de l'extrait aqueux sur <i>Phytophthora infestans</i> (concentration 50%) | 38 |
| Figure 26. L'effet de la concentration 25% de l'extrait aqueux sur <i>Phytophthora infestans</i> | 39 |
| Figure 27. L'effet de la concentration 10% des extraits aqueux sur <i>Phytophthora infestans</i> | 39 |
| Figure 28. L'effet de la concentration 50% de l'extrait hydro-éthanolique sur <i>P.infestans</i> | 40 |
| Figure 29. L'effet de la concentration 25% de l'extrait hydro-éthanolique sur <i>P.infestans</i> | 41 |
| Figure 30. L'effet de la concentration 10% de l'E.hydro-E de <i>C.sempervirens</i> ... | 41 |
| Figure 31. La vitesse de croissance mycélienne de <i>P.infestans</i> en présence de l'extrait aqueux et l'extrait hydro-éthanolique de la plante étudiée | 42 |
| Figure 32. Les taux d'inhibition de l'extrait aqueux et de l'extrait hydro-éthanolique de <i>C.Semperirens</i> | 43 |

Liste des tableaux

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Tableau 01. Les principaux producteurs de pomme de terre dans le monde | 13 |
| Tableau 02. Récoltes et préparation de l'espèce cyprès <i>Cupressus semprevirens</i> | 28 |
| Tableau 03. Valeurs des dilutions utilisées | 31 |
| Tableau 06. Résultats des caractéristiques sensorielles des extraits bruts secs et l'extrait hydro-éthanolique | 34 |
| Tableau 09. Evaluation de la croissance mycélienne pendant 4 jours | 38 |

Liste des abréviations

| Abréviations | Significations |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------|
| % | Pourcentage |
| °C | Degrés Celsius |
| C | Cupressus |
| D | Diamètre de la zone de croissance mycélienne |
| Eq | Extrait aqueux |
| E.hydro-E | Extrait hydro-éthanolique |
| FAO | Food and Agriculture Organization of the United Nations |
| FAOSTAT | Food and Agriculture Organization of the United Nations (Statistical) |
| g | Gramme |
| h | Heure |
| J | Jour |
| m | Masse |
| ml | Millilitre |
| mm | Millimètre |
| N° | Numéro |
| P | Poids |
| P.infestans | <i>Phytophthora infestans</i> |
| R% | Rendements en pourcentage |
| Sp | Espèce |
| T | Température |
| TH % | Taux d'humidité exprimé en pourcentage |
| TI | Taux d'inhibition |
| VC | Vitesse de croissance mycélienne |
| µm | Micromètre |



INTRODUCTION GENERALE

Introduction

La protection des cultures joue un rôle essentiel pour assurer la sécurité et la salubrité des aliments en évidence que les maladies sont probablement la plus grande contrainte à augmenter la production et le rendement globale de la récolte et un des facteurs majeur qui limite leur qualité (**Morcia et al., 2015**).

La plante représente une importance primordial à l'échelle mondial ; par son utilité économique, sociale, médicinal, environnementale. Les plantes médicinales et ces produits dérivés sont utilisés pour la conservation ou pour la protection des récoltes et des plantes.

En agriculture, les maladies fongiques sont l'une des contraintes les plus importantes pour la production de la pomme de terre. Parmi ces maladies, on retrouve un cas particulier, le mildiou, qui affecte les rendements mais aussi la qualité sanitaire de la récolte (**Leonard et Bushnell, 2003**).

La culture de la pomme de terre (*Solanum tuberosum L*) occupe une grande importance économique et sociale à l'échelle nationale, elle est considérée comme fruits ou légume, est l'un des produits agricoles le plus consommé dans le monde. Elle constitue une source non négligeable des substances nutritives majoritairement glucidique (amidon) contient de 21 % d'amidon par 100g de la matière fraîche, et certains composés naturels secondaires ayant un potentiel antioxydant important (**Cirad et Gret, 2015**).

Dans le bassin méditerranéen, les cultures de la pomme de terre, atteintes de mildiou, celle-ci est connue depuis bien longtemps comme une maladie principale des grandes cultures soit en premier stade de leur germination soit plus tard (**Messiaen, 1981**).

Pour contrôler cette maladie, il est estimé que 23 million kg de fongicides synthétiques sont utilisés annuellement. L'usage de fongicides chimiques peut mener, en revanche, sur moyen et longs termes, à plusieurs problèmes, tel que pollution de l'environnement, phytotoxicité et la sélection de populations de pathogènes résistant aux traitements. C'est par conséquent il est nécessaire de développer de nouvelles méthodes "vertes" alternatives pour la protection de récoltes (**Morcia et Terzi, 2011**).

Les composants naturellement présents dans les plantes médicinales, elles lui confèrent son activité thérapeutique grâce à la présence de substances chimiques (huiles

essentielles, saponine, flavonoïdes, alcaloïdes,...). Ces substances naturelles possèdent des extraordinaires vertus thérapeutiques dont les domaines d'applications sont très variés et qui sont très utilisées dans l'industrie alimentaire et l'agriculture.

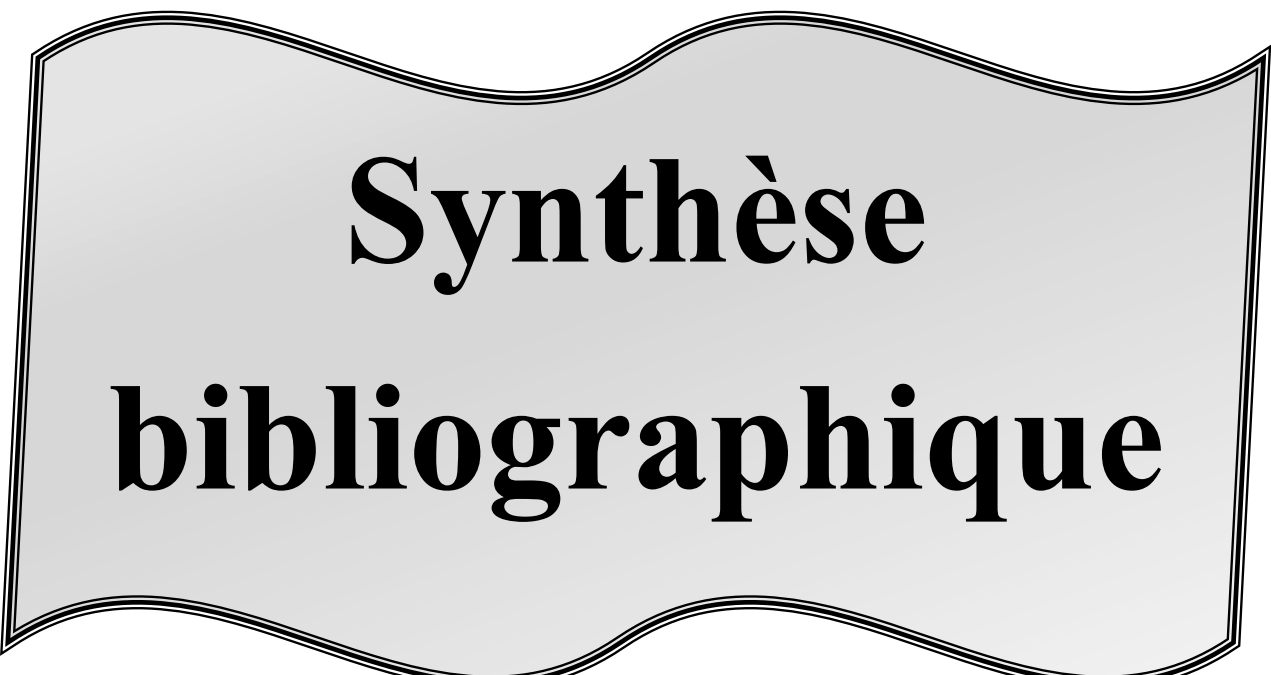
Actuellement, des efforts considérables sont orientés vers l'exploration des extraits des plantes comme sources alternatives ou complémentaires aux fongicides synthétiques. Les extraits de plantes ont l'avantage d'être non seulement disponibles à moindre coût pour les agriculteurs, mais aussi non toxiques et facilement biodégradables et donc sains pour l'environnement (**Okigbo et Nmeka, 2005 ; Okigbo et Omdamiro, 2006**).

Dans ce contexte, ce travail est consacré à l'étude de l'efficacité des extraits de plante notamment l'extrait aqueux de cyprès sur la croissance de champignon *phythopphthora infestans* issues du screening de plantes traditionnellement utilisées en Algérie.

Cette étude comporte deux parties :

- La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique.
- La seconde partie décrit la partie expérimentale, avec une présentation de matériel et méthodes ainsi que des résultats et discussion.

Ce travail s'achève par une conclusion générale et des perspectives.



**Synthèse
bibliographique**

C

Chapitre

I

Etude de la plante

CUPRESSUS

SEMPERVIRENS

Partie I : Synthèse bibliographique

Chapitre I. Etude de la plante *Cupressus sempervirens*

1. Définition et origine

Le nom *Cupressus* vient du latin où il désigne le genre, venant du Grec « Kuparessos » qui désigne l'espèce, certains auteurs pensent que cela viendrait plus tôt de Cyprus qui indique son origine Chypriote, *sempervirens* signifie toujours vert, persistant, mot qui vient du latin «semper» toujours et «virens» qui signifie vert. (Riom, 2010).

Cupressus sempervirens L., connu sous le nom de cyprès méditerranéen ou commun, est un arbre de conifères de taille moyenne et à feuilles persistantes caractérisé par une forme de couronne très variable, de la colonne à la propagation, du feuillage vert foncé et des petits cônes brun ovoïdes (Caudullo, 2016), est une espèce boisée naturelle ou introduite relativement fréquente répartie dans toute la méditerranée (Brofas et al., 2006), aussi connue sous les noms de cyprès pyramidal., cyprès toujours vert, cyprès femelle (Cheraief et al., 2006 ; Hireche et Ferhat, 2019), ou cyprès funéraire (Shahali et al., 2010) (Figure 01).



Figure 01. *Cupressus sempervirens* L (Shahali et al., 2010).

Les cyprès sont originaires de localités éparées dans les grandes régions tempérées chaudes ou subtropicales de l'hémisphère nord. Leur aire d'origine comprend l'ouest de l'Amérique du Nord et l'Amérique centrale, le nord de l'Afrique, le Moyen-Orient, l'Himalaya, la Chine méridionale et le nord du Viet Nam. De nombreuses espèces sont cultivées comme d'arbre d'ornement. Le cyprès commun est un arbre représentatif de la flore méditerranéenne, l'arbre des cimetières, symbole du deuil dans le monde méditerranéen. (Nichane, 2015).

2. Classification

D'après **Al-snafi (2016)**, la position systématique de cyprès est la suivante :

| | |
|--------------------|-------------------------------|
| Règne | Plantae |
| Sous- Règne | Viridiplantae |
| Embranchement | Tracheophyta |
| Sous-embranchement | Spermatophytina |
| Classe | Pinopsida |
| Sous-classe | Pinidae |
| Ordre | Pinales |
| Famille | <i>Cupressaceae</i> |
| Genre | <i>Cupressus</i> |
| Espèce | <i>Cupressus sempervirens</i> |

3. Répartition géographique

3.1. Dans le monde

La plupart des espèces de cyprès se trouvent dans l'hémisphère nord. D'après plusieurs études la distribution de cette famille est sous l'influence de divers facteurs : climat, sol, perturbations, (catastrophes naturelles, exploitation humaine), etc. (**Bouyahaoui, 2017**).

Ce genre comprend douze espèces, répondues en Amérique de Nord, dans le bassin méditerranéen et dans L'Asie tropical à haute altitude (Figure 02) (**Rawat et al., 2011**).

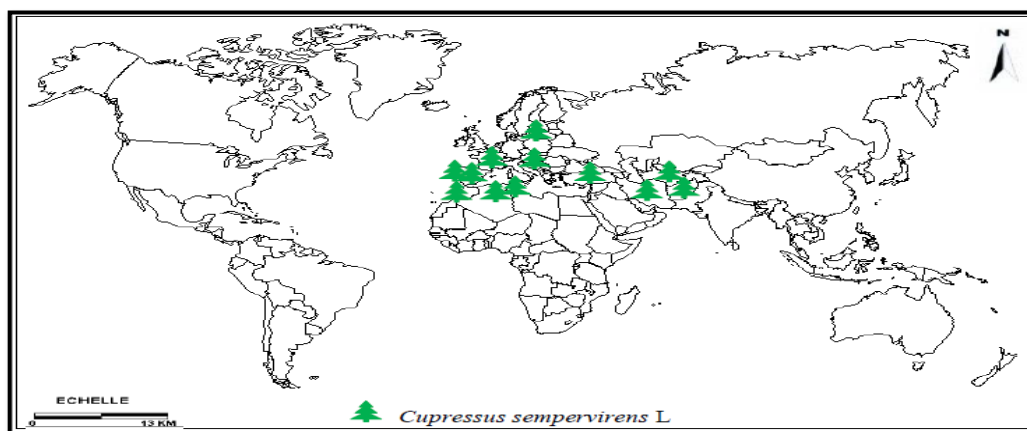


Figure 02. Aire de répartition du *Cupressus sempervirens* L (**Rawat et al., 2011**).

3.2. En Algérie

En Algérie, l'abondance du couvert forestier se trouve influencée par plusieurs facteurs (altitude, bioclimat, action anthropique, catastrophes naturelles, etc.) ; ainsi, les groupements forestiers des deux atlas varient d'un secteur à un autre, voire même au sein d'un même secteur c'est-à-dire d'un district à un autre. Parmi les peuplements forestiers de l'atlas algérien qui nous intéressent ce sont bien les cupressinées.

Peu de données sont fournies quant à la répartition sectorielle et du peuplement du cyprès. Les espèces endémiques ou naturalisées du cyprès sont : le cyprès du Tassili (*Cupressus dupreziana* A. Camus), le cyprès de l'Atlas (*Cupressus atlantica* Gaussen), le cyprès toujours vert (*Cupressus sempervirens* L). Le cyprès de l'Arizona (*Cupressus arizonica* Greene) est une espèce introduite et pas très utilisée (Bouyahyaoui, 2017).

4. Caractéristiques botaniques

L'arbre de *C. sempervirens* est conifère à grande longévité, se caractérise par selon (Nichane, 2015 ; Caudullo et de Rigo, 2016 ; Sebbane et khaldi, 2019) (Figure 03) :

- ✓ **Taille** moyenne de 20 à 30 m. On distingue différentes formes de Cyprès qui par sélection, ont donné des variétés aujourd'hui bien distinctes reproduites par bouturage. On distingue notamment une forme aux branches horizontales et houppier conique : *Cupressus sempervirens* « horizontalis » et une forme colonnaire qui forme un fuseau plus ou moins étroit : *Cupressus sempervirens* « pyramidalis » ou « stricta ».
- ✓ **Port** : élancé, conique, en étroite colonne compact et dense.
- ✓ **Feuillage** : persistant, aromatique, vert foncé. Sur de courtes ramules, petites feuilles glanduleuses (glandes résinifères) disposée en écailles fines le long des rameaux, squamiformes, imbriquées sur au moins 4 rang à la pointe émoussée.
- ✓ **Cônes fructifères** : Les cônes sont strobiles, globulaires, vertes (3 à 4 cm) et brillantes légèrement mouronnées à 6 – 14 écailles ligneuses polygonales d'un brun clair à brun foncé à maturité (tous les deux ans), contenant de nombreuses graines ailées.
- ✓ **Fleurs coniques** : à l'extrémité des rameaux, chatons mâles jaune à brun clair chargés en pollen pouvant être allergisant (en février – mars), les femelles globuleux verts réunis en

bouquet à l'extrémité des jeunes pousses.

- ✓ **Graines** : les graines sont petites, mesurant de 4 à 7 mm de long. Elles portent deux ailes de part et d'autre de la graine.

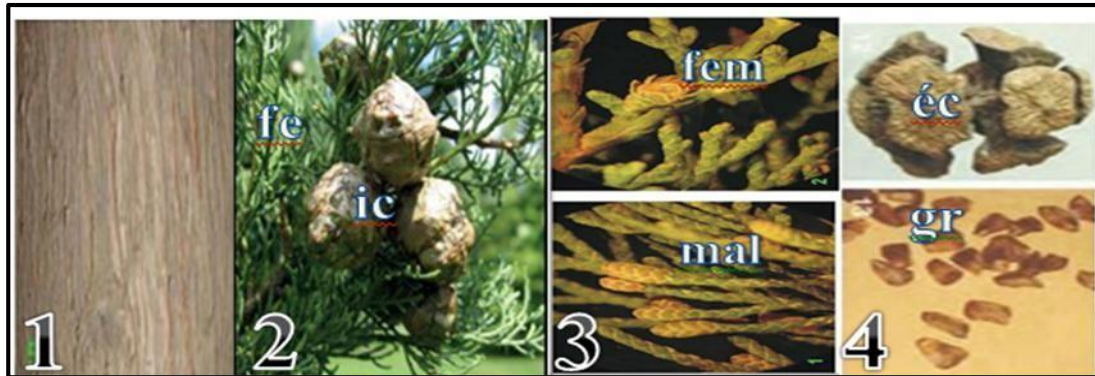


Figure 03. Les différents organes de *Cupressus* : (1) tronc ; (2) feuilles et cônes (fe, ic) ; (3) fleurs femelles et fleurs mâles (fem, mal) ; (4) écailles et graines (éc, gr). (Nichan, 2015 ; Caudullo et de Rigo, 2016 ; Sebbane et Khaldi, 2019).

5. Caractéristiques écologiques

Le Cyprès est une plante de climat doux. Il a besoin de chaleur ; il doit être protégé des vents froids. Il peut résister à des températures négatives allant jusqu'à -20°C , D'après Nichane (2015) et Becker (1982) il se caractérise par :

- ✓ **Température** : du point de vue thermique, le Cyprès peut résister à une température jusqu'à -20°C . Comme beaucoup de plantes méditerranéennes, c'est le froid humide en hiver qui peut être préjudiciable à sa longévité
- ✓ **Précipitation** : le Cyprès est une essence xérophile, car c'est un arbre robuste susceptible de s'adapter à des conditions physiques très sévères. Mais il peut être plastique, c'est-à-dire qui peut se développer dans des climats humides. En effet, le Cyprès est un arbre qui n'a pas d'exigence pluviométrique et peut se contenter de 250 à 350 mm / an.
- ✓ **Sol** : il est indifférent à la nature chimique du substrat. Il préfère les sols profonds, drainés, sinon ras même sec et calcaire. Il supporte mal les terres argileuses ou trop gorgées d'eau.

Néanmoins, le cyprès vert tolère les sols superficiels (moins de 50 cm, voire 30cm) et caillouteux. Un sol trop humide peut entraîner le développement des champignons parasites.

C'est une excellente essence vis-à-vis la résistance au vent et à la sécheresse.

✓ **Altitude** : le Cyprès vert se rencontre spontanément dans toutes les zones basses du pourtour méditerranéen à moins de 500 m d'altitude. On les trouve souvent en limites de zones agricoles ou en alignement dans les parcs ou les propriétés où leur forme particulière en fuseau marque les paysages.

6. Utilisations médicinales du cyprès

Le domaine d'utilisation le plus important de cette plante est le domaine thérapeutique exemple : aromathérapie, phytothérapie car le Cyprès contient plusieurs constituants biologiques qui ont des propriétés pharmacologiques spécifiques pour cela, cette plante est considérée comme plante médicinale. Les deux parties le plus utilisés sont les rameaux et les cônes (**Riom, 2010**).

6.1. Cônes fructifères

Les études bio-chimiques de *Cupressus sempervirens* révèlent qu'il contient plusieurs composants actifs tels que les flavonoïdes (cupressuflavone, amentoflavone, rutines, quercitrines, quercétines et myricitrines), des composés phénoliques (anthocyanidines, catéchines flavones, flavonols et isoflavones, tannines et isoflavones). Et huiles essentielles (HE) .Il a été démontré que les principes actifs de *Cupressus sempervirens. L.* présentent des activités antiseptiques, aroma-thérapeutiques, astringentes, balsamiques et anti-inflammatoires. L'activité antimicrobienne de *Cupressus sempervirens. L.* a été rapportée dans plusieurs études (**Ben Nouri et al., 2015 ; Kassem et al., 1991**).

L'huile essentielle de *Cupressus semperirens* est utilisée dans la médecine thérapeutique comme usage externe pour les céphalées, les rhumes, la toux et la bronchite (**Amara et Boughérara, 2017**). Elle est utilisée aussi dans la pharmacie et la parapharmacie, l'industrie cosmétique, la parfumerie et l'industrie alimentaire (**Bouyahyaoui, 2017**).

6.2. Rameaux

Le principal produit de cette plante c'est les huiles essentielles qui sont extraites à partir des rameaux et des cônes fructifères, ces huiles contiennent plusieurs propriétés biologiques et elles sont utilisées pour traiter différentes pathologies on peut les citez comme suite selon (**Riom, 2010**) :

- On les utilise dans les congestions veineuses qui se retrouvent principalement dans : les hémorroïdes, les varices, les œdèmes de membres inférieures, les jambes lourdes ainsi que dans l'énurésie infantile chez les enfants.
- On les utilise avec tous les types de toux mais spécialement la toux sèche spasmodique, cette activité antitussive est due à la présence de terpènes.
- Les femmes aussi peuvent les utiliser pour traiter les bouffées de chaleur au cours de la ménopause qui sont dues à une modification très rapide du diamètre des vaisseaux sanguins.
- Ces huiles sont immunostimulantes on les utilise dans les affections chroniques, et dans la régulation de la nervosité.

À partir de ces feuilles les huiles essentielles vont être extraites et utilisées dans la médecine traditionnelle (Selim et al., 2014), la révélation de la composition chimique montre que ces rameaux contiennent des flavonoïdes. Ainsi, *Cupressus sempervirens* possède plusieurs activités biologiques qui sont précisées encore plus dans la figure (04).

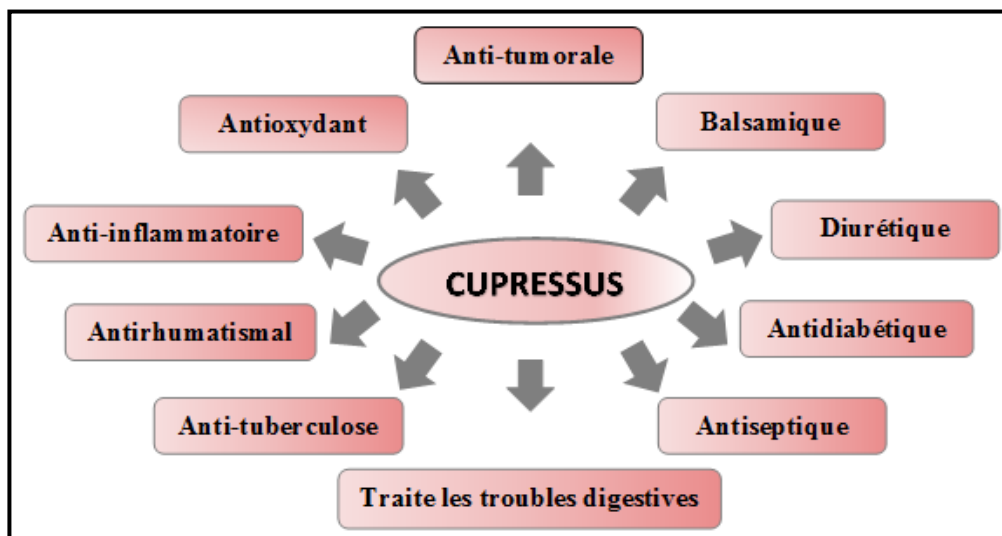


Figure 04. Divers activités biologiques de *Cupressus sempervirens* (Khan et al., 2017).

6.3. Autres utilisations

Cet arbre est principalement utilisé comme arbre d'ornement en raison de sa forme de couronne conique (Caudullo et de Rigo, 2016) et dans les jardins comme brise vent (dans les plantations) (Amara et Boughérara, 2017).

Depuis l'époque grecque et romaine, le cyprès est devenue une caractéristique des paysages côtiers et urbains méditerranéens et grâce à ses qualités écologiques, ce cyprès a été utilisé dans la protection des forêts contre la désertification et la conservation des sols dans les zones chaudes, où le sol est peu profond et dégradé et où aucune autre espèce d'arbre forestier ne pouvait pousser, Sa litière profonde et dense et la couronne sont difficiles à allumer, il peut donc être utilisé comme coupe-feu, même si la régénération est rare après les incendies de forêt. Le cyprès méditerranéen tolère également les vents salés, il est donc utilisé comme brise-vent côtier. Il a une bonne résistance aux dommages fréquents dus au gel, à la taille et au pâturage, car il peut repousser rapidement, il convient donc également comme haie à feuilles persistantes (Caudullo et de Rigo, 2016).

7. Composition biochimique

C. sempervirens est riche en constituants flavonoïdes comme la cupressuflavone, l'aménoflavone, rutine, quercitrine, quercétine, myricitrine. Certains composés phénoliques (anthocyanidine, catéchines flavones, flavonols et isoflavones) tanins (acide ellagique, acide gallique, phényl isopropanoïdes, acide caféïque, acide coumarique, acide férulique) lignanes, catchol (Koreim, 2009).

Les branches du cyprès contiennent des biflavonoïdes, des huiles essentielles (0.3-0.8%) qui sont riches en monoterpènes. Les cônes contiennent 0.5% d'huiles essentielles ; riches en apinene, acides diterpéniques des tanins et des dérivés oligomères proanthocyanidolique (Sebbane et Khaldi, 2019).

Dans des études précédentes, les constituants principaux ont été identifiés dans des espèces de *Cupressus* comme α -pinène et -3-carene. Les feuilles et les fruits de cette plante sont tout à fait riches en tannins et en flavonoïdes mais eux sont exempts des alcaloïdes et pauvre en saponines (Tumen et al., 2011 ; Sebbane et Khaldi, 2019).

Les phénols sont donc présents dans la composition biochimique de *Cupressus sempervirens* (Al-Snafi, 2016 ; Sebbane et Khaldi, 2019). Les structures chimiques des principaux polyphénols extraits dans d'autres études à partir de la plante sont représentées dans la figure (05).

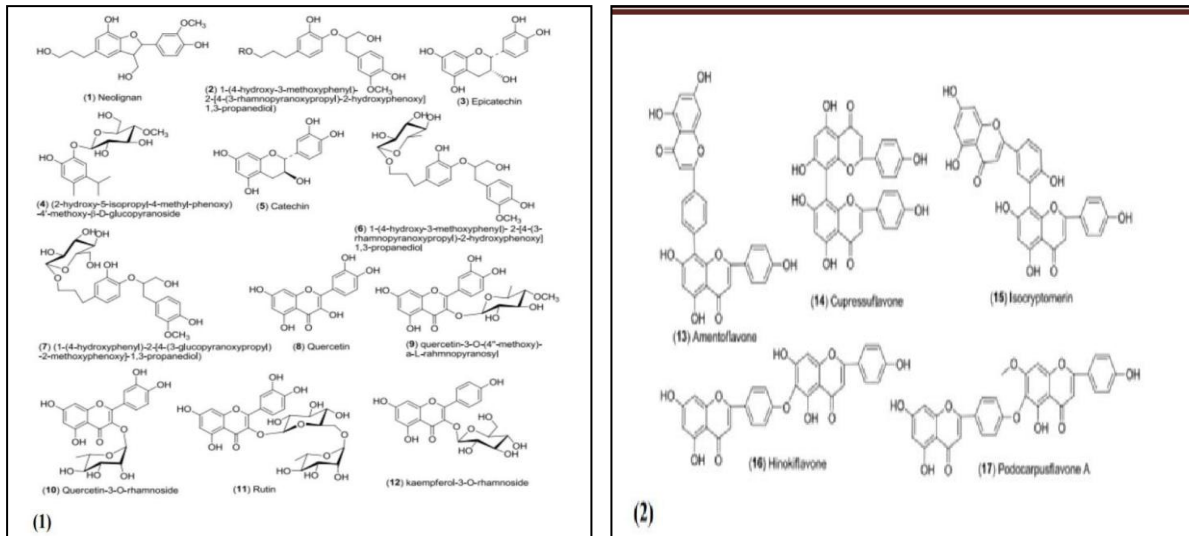


Figure 05. Structure chimique de quelques polyphénols, flavones, flavonoïdes et glycosides de flavones (1) biflavones (2) isolés de *Cupressus sempervirens* (Khan et al., 2017 ; Sebbane et Khaldi, 2019).



Chapitre

II

**Etude de l'agent
pathogène
*phythophthora infestans***

Chapitre II. Etude de l'agent pathogène *Phytophthora infestans*

1. Plante hôte *Solanum tuberosum*

1.1. Historique et origine

Elle est originaire des Andes, en Amérique du Sud, où elles sont cultivées depuis plus de 9000 ans. Les explorateurs les ont ramenées des Andes en Europe via l'Espagne au milieu de XVI^{ème} siècle en 1565, où elles sont restées longtemps confinées dans les jardins botaniques. Après quelques mauvaises récoltes successives des céréales traditionnelles, les pommes de terre ont été cultivées à des fins alimentaires et ont commencé à conquérir le monde au départ de l'Europe et en 2016, sont cultivées dans plus de 150 pays sous pratiquement toutes les latitudes habitées (**Kerroum, 2019**).

1.2. Définition et taxonomie

La pomme de terre est une plante herbacée vivace cultivée comme annuelle, est une plante à racines fasciculées, produisant des tiges souterraines se terminant par de gros renflement, qui sont les parties comestibles (**Rouselle et al., 1996**).

La pomme de terre est un tubercule produit par l'espèce, *Solanum tuberosum* a été décrite par Linné en 1753. A appartient à la famille des solanacées. Le genre *Solanum* regroupe environ 1000 espèces dont plus de 200 sont tubéreuses (**Rouselle et al., 1996**).

Sa classification exhaustive est présentée par Hawkes (1990) :

| | |
|----------|-------------------------------|
| Règne | Plantae (végétaux supérieurs) |
| Division | Magnoliophyta |
| Classe | Magnoliopsida |
| Ordre | Solanales |
| Famille | <i>Solanaceae</i> |
| Genre | <i>Solanum</i> |
| Espèce | <i>Tuberosum</i> |

1.3. Répartition géographique

1.3.1. Dans le monde

Cultivée dans plus de 150 pays, la pomme de terre joue un rôle clé dans le système

alimentaire mondial. C'est la principale denrée alimentaire non céréalière du monde ; elle vient en quatrième position après le blé, le riz et le maïs qui constitue la base de l'alimentation humaine (FAOSTAT, 2016).

Le secteur de la pomme de terre est en pleine évolution. Jusqu'au début des années 90, la plupart des pommes de terre étaient cultivées et consommées en Europe, en Amérique du Nord et dans les pays de l'ex-Union Soviétique. Depuis lors, la production et la demande de pommes de terre ont enregistré une forte croissance en Asie, en Afrique et en Amérique latine, où la production est passée de 165 millions de tonnes en 2007 et en 2014 la production mondiale estimée à 385 millions de tonnes. C'est la Chine qui occupe le premier rang des pays producteurs avec une production qui atteint 96 millions de tonnes en 2014 (Figure 06) (FAOSTAT, 2016).

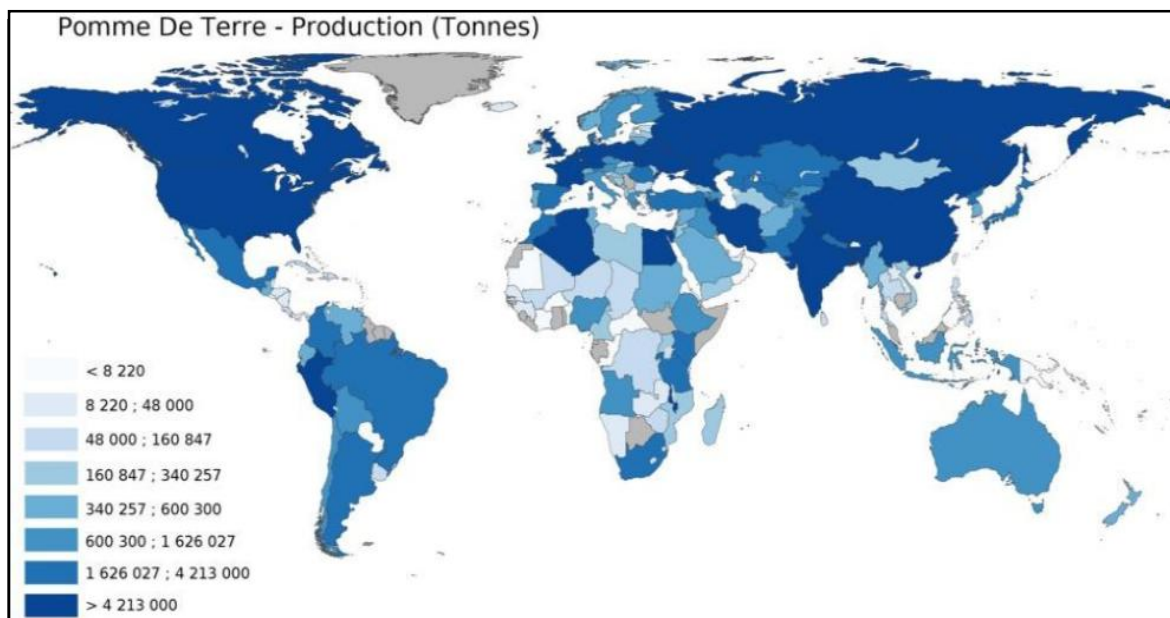


Figure 06. Production mondiale de la pomme de terre (FAO, 2016)

1.3.2. En Algérie

Selon les historiens, l'entrée de la pomme de terre remonte au milieu de la première décennie du dix-neuvième siècle, elle a été cultivée principalement pour l'exporter vers le marché français. Après l'indépendance, elle est devenue un produit important pour la consommation locale, et elle est devenue de plus en plus importante dans le régime alimentaire. En 2014, l'Algérie a occupé la deuxième place, après l'Égypte, dans la production de la pomme de terre en Afrique du Nord (Tableau 01) (FAO, 2016).

D'après les statistiques 80 % des besoins en semences proviennent de l'importation

(d'un montant de 60 millions d'Euros), signalons également que l'auto approvisionnement en semences représenterait un taux variant entre 10 et 20% de la production locale, ce volet ne concernant que la tranche d'arrière-saison et une partie de la tranche primeur (MADR, 2010).

Tableau 01. Les principaux producteurs de pomme de terre dans le monde (FAOSTAT, 2016).

| Pays | Quantité(t) |
|----------------|-------------|
| Algérie | 4 673 516 |
| Pérou | 4 693 209 |
| Iran | 4 742 240 |
| Egypte | 4 800 000 |
| Biélorussie | 6 279 715 |
| Pays-Bas | 7 100 258 |
| Pologne | 7 689 180 |
| France | 8 054 500 |
| Bangladesh | 9 435 150 |
| Allemagne | 11 607 300 |
| Etats-Unis | 20 056 500 |
| Ukraine | 23 693 350 |
| Féd. de Russie | 31 501 354 |
| Inde | 46 395 000 |
| Chine | 96 136 320 |

Source : FAOSTAT (2016)

1.4. Description botanique

La pomme de terre c'est une plante herbacée, pérenne grâce à ses stolons qui donne naissance à des tubercules à leur extrémité ; après dépérissement de la partie aérienne, les tubercules donnent naissance à de nouvelles tiges (Cirad et Gret, 2015). Elle se caractérise comme suite :

- ✓ **Racines :** La pomme de terre forme des racines à partir des nœuds situés sur la partie basse de la tige. Elle forme également des stolons qui sont des rameaux souterrains avec une croissance palgiotrope et dont les extrémités se développent en tubercules. La grosseur, la forme, la couleur et le nombre de tubercules varient selon la variété, chaque tubercule et capable de développer à son tour un pied peut comporter 10 à 15 pommes de terre (Tania, 2010).
- ✓ **Tiges :** Selon (Rousselle et al, 1996), Trois paramètres principaux caractérisent l'aspect de la tige : la couleur, la forme, la consistance et l'absence ou la présence de cotes ou d'aies, peu ou très développée.

Les tiges Souterraines : sont également appelées stolons ou rhizomes, elles sont courtes et leurs extrémités forment des tubercules de section irrégulière sont présentes au nombre de 2

à 10, parfois plus.

- ✓ **Feuilles** : Composées de 6 à 10 folioles/ feuilles. Qui selon leur aspect et leur coloration caractérisent les différentes variétés (**Rousselle et al, 1996**).
- ✓ **Fleurs** : Groupées en inflorescence cymeuse, apportent également des informations sur les variétés de par leur couleur, la forme de la corolle ou du stigmate ou encore certaines anomalies au niveau des étamines. Ces fleurs sont généralement autogames mais souvent stériles (**Nyabyenda, 2005**).
- ✓ **Tubercules** : Ovoïde, pèsent de 50 à 500g. La couleur de peaux change (jaune, rose, violette) selon la variété (**Cirad et Gret, 2015**). Elles peuvent posséder des formes, une texture de peau, un grain et une couleur de chair différents. Le bourgeon terminal (bg t) appelé « couronne » se trouve à l'extrémité apicale du tubercule tandis que « l'ombilic », c'est-à-dire le point d'attache du stolon (st), est situé à l'extrémité opposée (talon). Les bourgeons axillaires sont nommés « yeux » (oe) et sont disposés sur tout le tubercule (**Rousselle, 1996**).

1.5. Importance alimentaire et économique

La pomme de terre (*Solanum tuberosum L.*) est une plante cultivée pour ses organes de réserve (tubercules) riches en substances nutritives, majoritairement glucidiques (amidon). Elle contient 21% d'amidon par 100g de matière fraîche, Ceux-ci sont consommés des différentes manières et subissent parfois des transformations artisanale (par exemple chuno ou moralla dans les Andes) ou industrielles. On en tire de l'amidon, de la féculé, de l'alcool. Différents sous-produits peuvent être utilisés : pulpe, peau... (**Cirad et Gret, 2015**).

La pomme de terre joue un rôle économique surtout dans les pays d'Afrique central et orientale à dominance des terres d'altitude (**Nabyenda, 2005**). La pomme de terre occupe aujourd'hui, après le riz et le blé le troisième rang de la production mondiale, avec environ 325 millions de tonnes produites par an, en 2010 (**Raktonindrainna, 2012**),

En Algérie la production de la pomme de terre ne satisfait pas les besoins de consommateur, ce qui fait de nous un pays dépendant de l'étranger surtout en matière de semence, ces semences importées ne présentent pas souvent les qualités requises et leur génotype n'est pas toujours conforme à nos conditions édapho-climatique (**Chauvin et al., 2008**).

1.6. Principales maladies de la pomme de terre

La pomme de terre est affectée par de nombreuses maladies fongiques, bactériennes et virales qui affectent la plante en totalité ou en parties (racines, tiges, feuilles, et tubercules) pendant la phase de culture au champ et/ou pendant la phase de conservation des tubercules (**Gaucher, 1998**). Les principales maladies de la pomme de terre sont le mildiou (*Phytophthora infestans*), le rhizoctone brun (*Rhizoctonia solani*), la verticillios (*Verticillium sp*), la pourriture rose (*Phytophthora erythroseptica*), la galle argentée (*Helminthosporium solani*), la dartrose (*Collectotrichum coccodes*) à, la pourriture sèche (*Fusarium sambucinum*), l'altémariose (*Alternaria solani*, *Alternaria alternata*), la pourriture à sclérotés (*Sclerotinia sclerotium*), la pourriture aqueuse (*Pythium ultimum*) et la galle poudreuse (*Spongospora subterranea*). Les principales maladies bactériennes sont la jambe noire et la pourriture molle (*Erwinia carotovora sp. Carotovora*, *E. carotovora sp. Atroseptica*), la galle commune (*Streptomyces scabies*) et la pourriture brune (*Ralstonia solanacearum*). Les principales maladies virales sont les mosaïques bénignes [virus A, Set X, de la pomme de terre (VAP, VSP, VXP)], la mosaïque rugueuse [Virus Y de la pomme de terre (VYP)], l'enroulement de la pomme de terre [Virus de l'enroulement de la pomme de terre (VEP)] et la filiosité (viroïde des filiosités des tubercules de la pomme de terre) (**Gaucher, 1998**).

2. Mildiou de la pomme de terre

2.1 Historique

L'aire d'origine de *Phytophthora infestans* se situe vraisemblablement dans les hauts plateaux du centre du Mexique « Toluca » (**Grünwald et Flier, 2005 ; Sedláková et al., 2011**) là où la diversité des populations de *Phytophthora infestans* est maximale (**Niederhauser, 1991**).

Alors que la première épidémie en Europe remonte à 1845, le mildiou de la pomme de terre est aujourd'hui présent de façon quasi mondiale. L'épidémie démarra en Belgique, puis se propagea, via la Suisse, la France et le sud de l'Angleterre, en Irlande où elle provoqua une catastrophe alimentaire sans précédent : entre 1846 et 1851, la famine provoquée par le manque de pomme de terre fit plus d'un million de morts et fit émigrer un autre million d'Irlandais aux USA et au Canada (**Hampton, 1992**). En Afrique, la maladie a été détectée pour la première fois en 1941 (**Sadiki et al., 1997 ; Beninal, 2010**).

2.2. Conséquences agronomiques et conditions de développement de la maladie

L'installation et l'évolution de la maladie sont très largement déterminées par les conditions climatiques, notamment l'humidité et la température (**Harrison, 1992**). Dans les conditions optimales de développement de l'agent pathogène, la durée totale du cycle infectieux est de 3 à 5 jours. Les conditions environnementales nécessaires à l'installation de l'agent pathogène (16-22°C et l'humidité relative supérieure à 90 %) sont souvent atteintes dans les grands bassins de production français et notamment en Bretagne et dans le Nord de la France. La brièveté du cycle infectieux (3 à 5 jours) et la quantité importante d'inoculum secondaire produite (quantité de spores multipliée par 100 à chaque génération) expliquent le développement très rapide de la maladie (**Lebreton et al., 1998**).

2.3. Agent pathogène *Phytophthora infestans*

2.3.1. Genre *Phytophthora*

Le genre *Phytophthora* appartient à la classe des Oomycètes, à l'ordre des Péronosporales et à la famille des Pythiacées.

Il se compose de deux racines grecques soit *phyto*, une plante et *phthora*, destruction (**Blackwell, 1949**). Les *Phytophthora* sont donc des destructeurs de végétaux. C'est Anton de Bary en 1876 qui a été le premier à utiliser ce terme lorsqu'il décrivait l'agent responsable de la destruction des cultures de la pomme de terre (mildiou), *P. infestans*. Environ 43, 67, 80 et plus de 100 espèces de *Phytophthora* ont été décrites (**Zentrnyer, 1983 ; Stamps et al., 1990 ; Cooke et al., 2000 et Brasier, 2009**) sont connues et causent un grand nombre de maladies sur un nombre croissant d'espèces végétales incluant les grandes cultures, les espèces forestières, subtropicales, tropicales et les plantes ornementales.

2.3.2. Espèce *Phytophthora infestans*

Phytophthora infestans est un micro-organisme hétérothalique pathogène, se comporte dans la nature comme un biotrophe facultatif (**Anrison, 1995**), possède un mycélium coenocytique hyalin et à un développement endogène (intercellulaires et intracellulaire) via la formation d'haustoria (**Danan, 2009**).

Les sporangiophores émergent souvent à travers les stomates le caractère morphologique principal de ce pathogène est la présence de renflements au niveau des sites de

ramification, en particulier aux points de la formation des sporocystes. Ces derniers en position terminale ont une forme souvent citronnée et possèdent une papille apicale. Leur paroi est mince et leurs dimensions sont de 21-38 x 12-23µm (**Gilgley et Galindo, 1958**).

Le mildiou de la pomme de terre est provoqué par *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, agent pathogène particulièrement destructeur de cette culture, mais également capable de causer des dommages sur d'autres solanacées sauvages et cultivées, en particulier la tomate (**Turkensteen, 1978 ; Hussain et al., 2013**).

2.3.3. Position taxonomique

La classification du *Phytophthora infestans* est présentée en dessous, selon (Mont) de Bary (1876) :

| | |
|----------|-------------------------------|
| Domaine | Eukaryota |
| Règne | Chromalveolata |
| Division | Stramenopiles |
| Classe | Oomycètes |
| Ordre | Pronosporales |
| Famille | <i>Pronosporaceae</i> |
| Genre | <i>Phytophthora</i> |
| Espèce | <i>Phytophthora infestans</i> |

2.3.4. Cycle de développement et épidémiologie

Les principales phases du cycle de développement du parasite et de la maladie sur pomme de terre sont présentées sur la figure 13. Il présente deux formes de reproduction, asexuée et sexuée (**Smoot et al., 1958 in Lamour et Kamoun, 2009**).

Un cycle de la maladie (monocycle) correspond à la période qui s'écoule entre deux générations de spores, de l'infection à la production d'une nouvelle génération de spores. Ce cycle se décompose lui-même en plusieurs étapes : la période d'incubation qui correspond au laps de temps qui s'écoule entre l'infection et l'apparition des premiers symptômes et la période de latence qui correspond au laps de temps entre l'infection et la production de nouvelles spores (**Rakotonindrina, 2012**).

La dispersion des spores forme le point de départ d'une épidémie de mildiou. La brièveté du cycle, de 5 à 7 jours quand les conditions sont optimales (température de 21°C et humidité relative supérieure à 90%), ainsi que la quantité importante de spores produites à chaque génération explique le développement très rapide de la maladie. Les épidémies de mildiou sont causées par la récurrence et la juxtaposition du cycle infectieux (Figure 07) (Chaigneau, 2014).

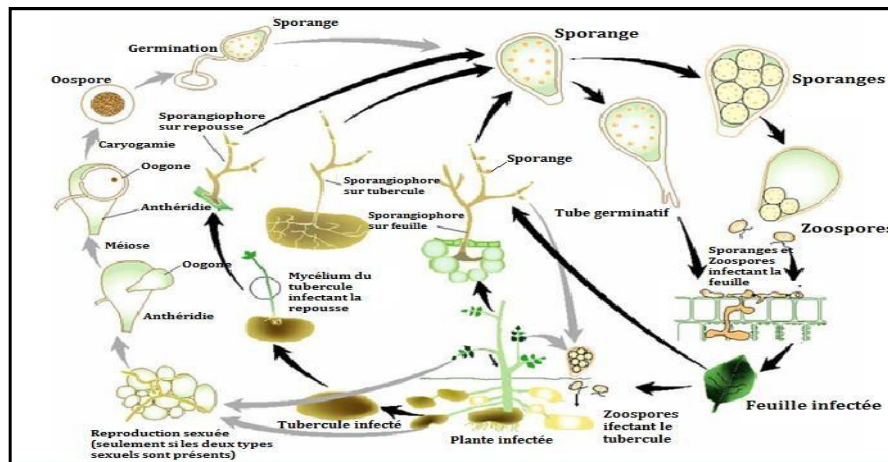


Figure 07. Cycle de développement de *Phytophthora infestans* (<http://www.eucablight.org>).

En hiver, *Phytophthora infestans* se conserve sous forme de mycélium dans les tubercules infectés laissés dans le sol et dans les tas de déchets à proximité des parcelles (Rakotonindraina, 2012). Il peut aussi se conserver par les oospores qui sont capables de se maintenir plusieurs années dans le sol. Les filaments mycéliens et les oospores constituent l'inoculum primaire. Quand les conditions climatiques deviennent plus favorables (température comprise de 3 à 26°C et humidité relative supérieure à 90%), généralement au printemps, l'agent pathogène peut évoluer en sporanges. Ces sporanges sont les organes de dissémination et de contamination de l'agent pathogène. Ils sont dispersés par le vent et la pluie. Lorsqu'ils arrivent sur un nouveau tissu hôte, plante ou tubercule, ils peuvent germer (germination directe) ou produire des zoospores qui germent ensuite (germination indirecte) (Rakotonindraina, 2008).

Dans les conditions optimales de développement de l'agent pathogène, la durée totale du cycle infectieux est de 3 à 5 jours. La brièveté du cycle et la quantité importante d'inoculum secondaire produits expliquent le développement très rapide de la maladie. En fin de culture, les sporanges tombent sur le sol et sont entraînés par ruissellement d'eau vers les tubercules, est pénétré par les lenticelles ou par des blessures, forme un mycélium et redémarre un autre cycle (Figure 08) (Montarry, 2007).



Figure 08. A) Sporocystes du *P. infestans* ; B) Oogone du *P. infestans* (www.univ-brest.fr).

2.3.5. Reproduction

2.3.5.1. Reproduction asexuée

Phytophthora infestans, se caractérise par un cycle majoritairement aérien. Le mycélium se développe dans les tissus de l'hôte (organes aériens et tubercules) et produit, à leur surface, des sporangiophores sur lesquels se forment des sporanges (Figure 09). Ces sporanges, typiques de la reproduction asexuée, peuvent se disperser par voie aérienne ou par l'eau et atteindre ainsi le feuillage de plantes voisines (**Medina et Platt, 1999**).



Figure 09. Sporangies (forme asexuée) (**Medina et Platt, 1999**).

2.3.5.2. Reproduction sexuée

Le mildiou se caractérise aussi par un cycle de reproduction sexuée. *P. infestans* est un organisme hétérothallique, avec deux types de compatibilité sexuelle, A1 et A2. Ces deux types

sexuels A1 et A2 produisent l'un et l'autre des sporanges servant à la reproduction asexuée (Figure 10).

Lorsque des mycéliums de types sexuels différents se rencontrent, ils forment des oogones et des anthéridies, donnant naissance à des spores sexuées, les oospores. Ces oospores, sont sphériques et ont une paroi épaisse. Leur durée de vie en dehors du tissu hôte est relativement longue (quelques semaines à plusieurs années). Ces oospores sont ainsi capables de se maintenir plusieurs années au champ et de réinfecter ensuite une culture de pomme de terre. Lorsqu'elles germent, les oospores forment un tube germinatif à l'extrémité duquel apparaît un sporange, qui germe à son tour soit directement, soit après avoir formé des zoospores (Drenth *et al.*, 1995).

La production d'oospores (spores sexuées) permettant à la *P. infestans* de survivre dans le sol durant plusieurs mois ou plusieurs années. Les oospores pourraient donc servir de source d'inoculum pour initier des infections (Lacroix, 1999).



Figure 10. Oospore de *Phytophthora infestans* (forme sexuée). D'après Legemble (2008).

2.4. Interaction de *Phytophthora infestans* sur la pomme de terre

2.4.1. L'effet de *Phytophthora infestans* sur la pomme de terre

Les champignons et les oomycètes phytopathogène produisent des effecteurs, ces effecteurs reconnus spécifiquement par la plante lors d'une interaction gène pour gène (Danane, 2009).

Lors de l'infection, les hyphes de *Phytophthora* s'infiltreront dans l'espace

intercellulaire des tissus végétaux et forment les haustoria. L'haustoria est une structure nourricière qui pénètre la paroi végétale sans traverser la membrane cellulaire. Des effecteurs, sont secrétés dans l'apoplaste ou se trouvent des molécules cibles des récepteurs de surface. D'autres effecteurs, sans doute exprimés dans l'austorium, ont pour cibles des récepteurs cytoplasmiques de la plante (Danane, 2009).

2.4.2. L'effet de la pomme de terre sur *Phytophthora infestans*

La sensibilité de la pomme de terre au *Phytophthora infestans* diffère d'une variété à l'autre, mais peu possèdent une véritable résistance. Pour la reconnaissance des molécules des pathogènes, les plantes résistantes des récepteurs extra et intracellulaires. Les récepteurs extracellulaires jouent un rôle prépondérant dans la connexion de la paroi cellulaire, la membrane plasmique et le cytosquelette. Les récepteurs intracellulaires assurent la reconnaissance des molécules des pathogènes dans le cytoplasme de la cellule végétale (Danan, 2009).

2.5. Description des symptômes

Les symptômes du mildiou peuvent être observés sur l'ensemble des organes de la pomme de terre : jeunes pousses (foyers primaires), feuilles et pétioles (à tous les stades de l'épidémie), bouquets terminaux et tiges (surtout lors d'attaques précoces mais également durant l'épidémie) et enfin tubercules (Rousselle et al., 1996).

Selon (Rousselle et al., 1996 ; Rakotonindrina, 2008) les symptômes de mildiou sont localisés comme suit :

- A. Sur jeunes pousses :** attaquées sont grêles et couvertes d'un duvet blanchâtre. Elles sont, en générale, détruites très rapidement et donc rarement détectées par l'agriculteur.
- B. Sur feuilles :** les premiers symptômes sont des taches décolorées (vert-clair) d'aspect huileux ; ces taches brunissent rapidement et s'entourent d'un liseré vert-clair à la face supérieure des limbes (figure 12). Sur la face inférieure, le pourtour de la zone nécrosée laisse apparaître, en condition de forte humidité, les fructifications du parasite. Les mêmes types de symptômes affectent les pétioles.

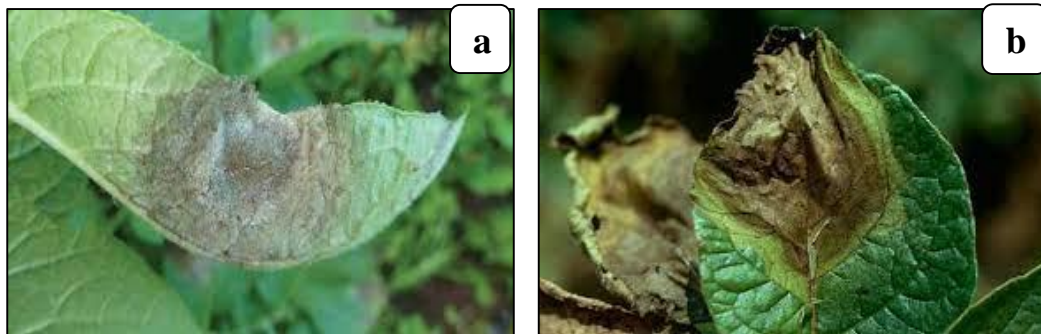


Figure 11. Description des symptômes au niveau des feuilles de la pomme de terre : a. sur la face inférieure, b. sur la face supérieure. D'après Al-Mughrabi (2004)

C. Sur bouquets terminaux se manifestent par un brunissement et un léger recroquevillement des feuilles apicales ; la zone nécrosée s'étend alors le long de la tige, provoquant un dessèchement progressif des folioles (Figure 12).



Figure 12. Description des symptômes au niveau des bouquets terminaux. D'après Al-Mughrabi (2004).

D. Sur tiges : les symptômes typique est une nécrose brun-violacé, s'étendant sur quelques centimètres à partir d'un nœud. Par temps humide, cette nécrose se couvre d'un feutrage blanchâtre, constitué des organes de multiplication du parasite. la tige reste souvent rigide, contrairement aux symptômes de pourritures bactériennes jambe noires, mais se casse très facilement (Figure 13).



Figure 13. Symptômes sur la tige de la pomme de terre infectée. D'après Al-Mughrabi (2004).

E. Sur tubercules, les symptômes sont peu visibles de l'extérieur : taches violacées brunâtres peu enfoncées. Par contre à l'intérieur du tubercule se manifestent des taches de couleur rouille, de forme diffuse (pas nettement délimitées par rapport aux tissus indemnes) (Figure 14). Les parties atteintes restent fermes (pourriture sèche) et il est très rare de voir des cavités se creuser.



Figure 14. Description des symptômes au niveau des tubercules de la pomme de terre infectée. D'après Al-Mughrabi (2004).

F. Sur champ : les plantes atteintes sont noirâtres, comme si elles étaient brûlées (Figure 15).



Figure 15. Symptômes au champ de la pomme de terre D'après Al-Mughrabi (2004).

2.6. Pertes dues au mildiou

Le mildiou est une maladie redoutable. Elle peut toucher tous les organes de la plante : jeunes pousses, feuilles et pétioles, bouquets terminaux, tiges et tubercules. Les pertes de rendement engendrées par cette maladie peuvent atteindre 100 %, en moins de trois semaines, une culture de pomme de terre peut être entièrement détruite (**Gaucher et al., 1998**).

Il est la cause à des milliers des personnes ont été sauvées de la famine dans le passé, surtout les années 1845-1951 en Europe. A l'heure actuelle, les pommes de terre sont cultivées sur près de 2 millions d'hectares, et leur récolte représente une valeur de quelques 6 milliards

d'euros. On estime que le mildiou de la pomme de terre entraîne une perte économique d'environ 1 milliard d'euros en Europe, à cause des coûts de lutte contre la maladie (achats des fongicides + coût des pulvérisations) et des coûts consécutifs aux pertes de rendement et de conservation. Pour les cultivateurs de pommes de terre belges, le mildiou de la pomme de terre représente un poste de coût annuel d'à peu près 55 millions d'euros (**Haverkot et al., 2008**).

2.7. Lutte contre le mildiou

2.7.1. Lutte biologique

La lutte biologique se définit par l'utilisation des micro-organismes vivants. Ou de leurs produits pour empêcher ou réduire les pertes ou les dommages causés par l'organisme pathogène.

Les micro-organismes pathogènes peuvent être neutralisés par des mécanismes très variés qui aboutissent à leur destruction, ou à leur modification. On appelle ces micro-organismes les antagonistes. Plusieurs antagonistes peuvent être dans la lutte biologique. Nous citerons l'exemple des bactéries parmi elles le genre *Pseudomonas*, et l'exemple des champignons eux le genre *Trichoderma*. Ce dernier étant les plus préconisés dans la lutte contre le *Phytophthora* (**Davet, 1996**).

2.7.2. Lutte culturale

Ces mesures consistent à limiter au maximum les sources d'inoculum primaire par rotations culturales et élimination des tas de déchets, issus de la récolte précédente, souvent laissés à proximité des parcelles. Les tas de déchets constituent, la source principale d'inoculum primaire, Les rotations culturales sont nécessaires pour éviter les infections par l'inoculum produit sur les repousses de tubercules laissés aux champs et par les oospores, dans les pays où elles existent. Mais ces sources ne sont jamais totalement éliminées et il est relativement difficile de contrôler les repousses. La prévention des épidémies passe également par l'utilisation de tubercules de semences sains et la destruction des repousses (sources d'inoculum primaires, mais favorisant également l'expansion de la maladie). (**Rakotonindraina, 2012**).

La destruction des fanes avant la récolte par des traitements thermiques, mécaniques ou chimiques permet de diminuer les risques de contamination des tubercules au moment de la récolte. Enfin, le buttage permet également de réduire les risques de contamination car les

spores atteignent moins facilement les tubercules (Hooker, 1981).

2.7.3. Lutte génétique

La meilleure alternative à l'utilisation des fongicides est la lutte génétique. De nombreux programmes reposant sur l'introduction de gènes de résistance ont été engagés, avec pour but la sélection de variétés ayant une bonne valeur agronomique et une bonne résistance au mildiou. Ces programmes se sont longtemps basés sur l'introduction de résistances spécifiques, à caractère monogénique. Actuellement, onze de ces gènes (R1-R11) ont été identifiés et introduits chez *S. tuberosum* à partir de *S. demissum* (Jo et al., 2015). Des gènes similaires ont également été identifiés chez d'autres espèces apparentées à *S. tuberosum*, telles *S. bulbocastanum* (Lokossou et al., 2010 ; Orbegozo et al., 2016).

2.7.4. Lutte chimique

La lutte chimique, avec l'utilisation de fongicides pénétrants ou systémiques, reste la principale mesure de lutte contre le mildiou de la pomme de terre (Bennani, 2011).

Les premiers essais de lutte chimique, réalisés vers les années 1880, étaient inspirés des traitements à la bouillie bordelaise expérimentés avec succès à la même époque pour lutter contre le mildiou de la vigne (Bennani, 2011).



L'expérimentation



Chapitre



**Matériels et
méthodes**

Partie II : L'expérimentation

Chapitre III. Matériel et méthodes

Ce travail contribue à mettre en évidence une stratégie de lutte biologique sur l'utilisation de produits à base d'extraits végétaux de cyprès (*Cupressus sempervirens*), L'organe végétal choisi pour la réalisation des expérimentations de cette étude est les feuilles, puisque c'est à son niveau que se trouve la majorité des principales substances actives, en d'autre terme, c'est le lieu de synthèse et de la mise en réserve temporaire des principaux composés biochimique du métabolisme primaire et secondaire.

Le cyprès contient aussi plusieurs constituants biologiques qui ont des propriétés pharmacologiques spécifiques car elle est considérée comme une plante médicinale.

1. Matériel végétal

1.1. Echantillonnage

Les feuilles adultes de cyprès (*Cupressus sempervirens*) de la variété (*Cupressus sempervirens L*) ou (*Cupressus pyramidalis*) utilisées dans cette étude ont été collectées dans la région de Jijel (la pépinière de kissir à L'Aouana –conservation des forêts de la wilaya de Jijel) (Figure16), durant le mois d'Avril en 2021, ensuite transportées dans des sacs au laboratoire de microbiologie à l'université de Jijel pour faire l'expérimentation.

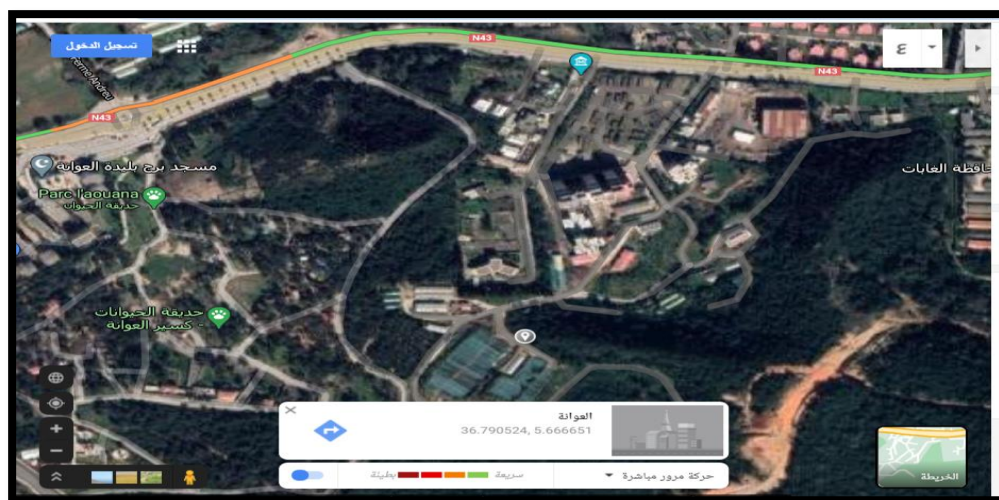


Figure 16. Image satellite de la région de L'Aouana (Jijel) (Google Map, 2021)

1.2. Préparation

1.2.1. Séchage

Le matériel végétal fraîchement collecté a été séché à l'abri du soleil à une température maximale 26°C pendant 7 jours.

1.2.1.1. Détermination de taux d'humidité

Le taux d'humidité a été déterminé par le procédé de séchage à l'étuve, à 105°C. C'est une méthode gravimétrique qui consiste en la détermination de la perte de poids par dessiccation (Reyenes *et al*, 1994 ; Lazouni *et al*, 2007). La détermination du taux d'humidité relative exprimé en pourcentage est l'une des analyses les plus fréquentes lors du développement de produits et au cours de la production. Par différence la mesure de l'humidité relative permet de connaître l'extrait sec de produit selon la formule suivante (Makhloufi, 2010) :

$$TH\% = (P\alpha - P\beta) / P\alpha \times 100$$




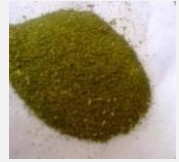
- **TH%** : taux d'humidité exprimé en pourcentage.
- **P α** : poids de l'échantillon « plante fraîche ».
- **P β** : poids de l'échantillon « plante sèche ».

1.2.2. Broyage et tamisage

Les parties des plantes séchées ont été concassées séparément par un broyeur électrique, et ensuite tamisées par un tamis de diamètre 100 μ m. La poudre végétale ainsi récupérée, est placée dans des sacs en plastique, sur lesquels le nom et la partie de l'espèce sont mentionnés. (La poudre va être soumise à différentes extractions).

Toutes les étapes précédentes sont résumées dans le tableau 02.

Tableau 02. Récoltes et préparation de l'espèce cyprès *Cupressus semprevirens*

| Nom vernaculaire | Nom scientifique | Lieu et date de récolte | Plante sur terrain | Etat frais | Etat sec | Etat poudre |
|------------------|-------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Cyprès | <i>Cupressus semprevirens</i> | Aouana (pépinière de Kissir) 15/04/2021 |  |  |  |  |

1.3. Préparation des extraits

1.3.1. Préparation de l'extrait aqueux de la plante

Un extrait aqueux est préparé par macération de 5 g de poudre de l'espèce *Cupressus semprevirens* dans 50 ml d'eau distillée stérile pendant 24 heures. Le mélange est ensuite centrifugé à 3600 t/s pendant 30 minutes. Le surnageant est récupéré puis filtré sur papier Wattman N°1. L'extrait obtenue est conservé à 4 °C à l'abri de la lumière jusqu'au moment de son utilisation (Salhi, 2012).

1.3.2. Préparation de l'extrait hydro-éthanolique

Cet extrait a été préparé par macération de la plante cyprès (*Cupressus sempervirens*) à une température ambiante. On a pris 5 g de poudre mélangé dans 50 ml d'eau distillée stérile-éthanol (20/30) pendant 24 h avec agitation de temps en temps. Après décoction pendant 30 min et filtration ce mélange avec le papier filtre Wattman N°1, le filtrat obtenu a été centrifugé et puis évaporé à 60°C en utilisant un évaporateur rotatif. Le filtrat a été placé à l'étuve à 55°C pour obtenir un extrait sec brut (Ampa *et al*, 2013 ; Zirihi *et al.*, 2007).

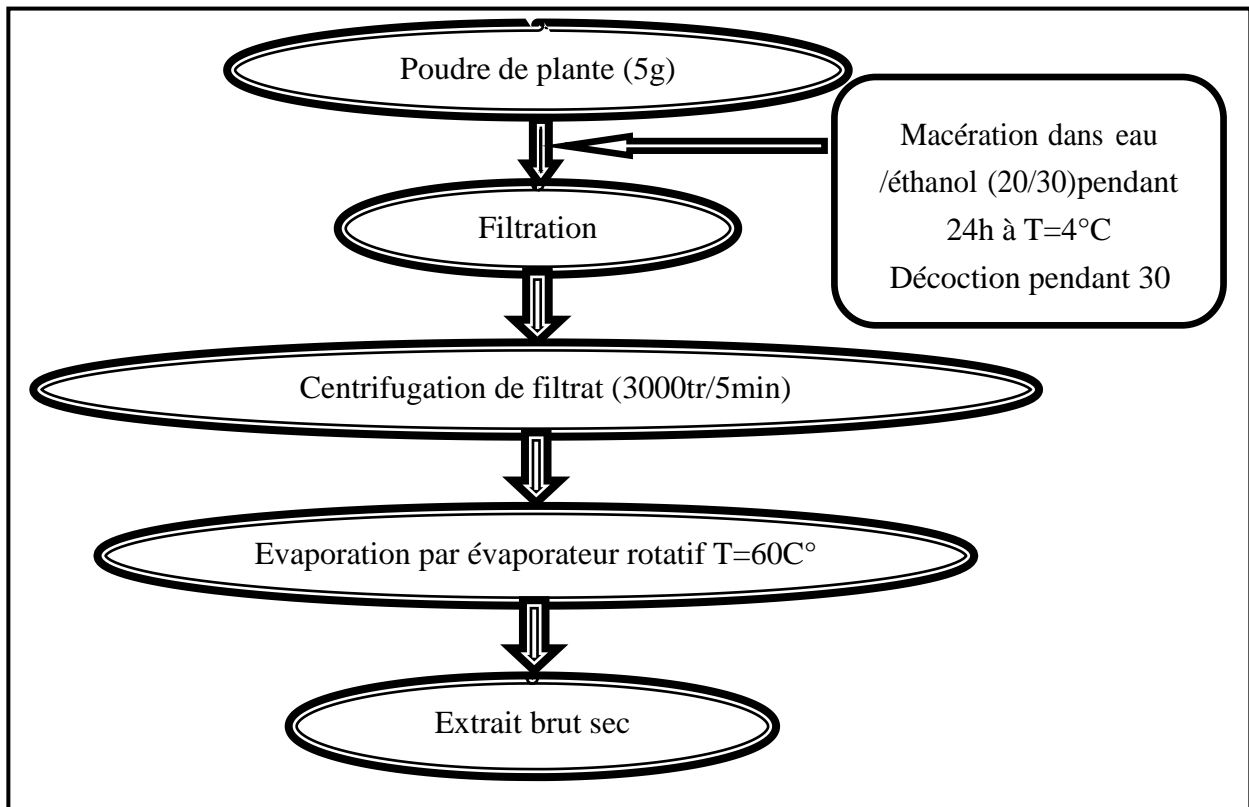


Figure 17. Protocole d'extraction hydro-éthanolique

1.3.2.1. Calcul du rendement d'extraction

Le rendement d'extraction est exprimé en pourcentage par rapport au poids du matériel sec du départ, il est déterminé par la relation suivante. (Djahra, 2014) :

$$R \% = (P_{EB} / P_{MV}) \times 100$$

- **R%** : rendement en pourcentage.
- **P_{EB}** : poids de l'extrait brut éthanolique (g).
- **P_{MV}** : poids de matière végétale (g).

2. Matériel fongique

2.1. Prélèvement des échantillons

L'objectif principale de cette étude est basé sur l'échantillonnage et l'isolement La collecte des échantillons de pomme de terre pour l'isolement des champignons responsables de mildiou de la pomme de terre (*Phytophthora infestans*), s'est faite à partir d'un champ d'une ferme située à Lemz'air (commune d'Elkannar à 18 km de wilaya de Jijel).

L'échantillonnage est réalisé selon la procédure classique de choix aléatoire des feuilles, des tiges, des fruits atteints présentant des symptômes de mildiou de la pomme de terre (Figure 18. A-B-C).

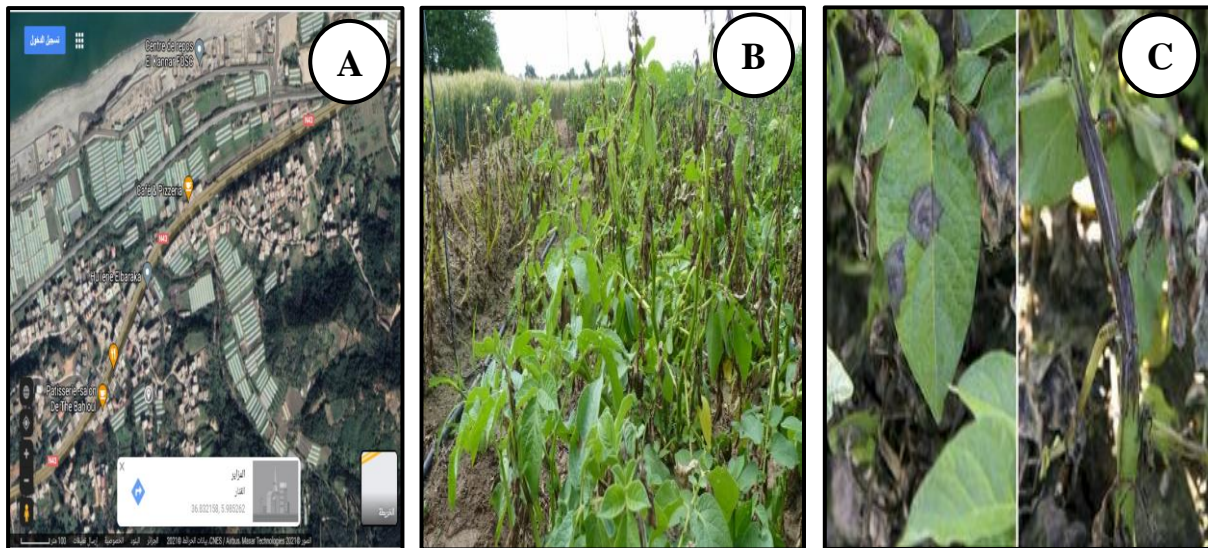


Figure 18. A : Prélèvement des échantillons, B : Champ de la pomme de terre L'emzair, les plantes atteintes sont noirâtres, comme si elles étaient brûlées, C : Plante infectée atteinte par *phytophthora infestans* (tige et feuilles) (Photo prise le 15/04/2021).

2.2. Isolement et purification des isolats fongiques de la pomme de terre

Les tissus végétaux naturellement infectés sont immergés pendant 3 min dans 50 ml de l'eau de Javel à 2% pour éliminer la flore saprophyte superficielle, rincés dans l'eau distillée stérile, séchés sur papier filtre (wattman n° 1), et déposés sur milieu de culture Sabouraud dans des boîtes de Pétri. Les boîtes de Pétri sont incubées à 25 C° pendant une semaine. Après la croissance du champignon, de nouveaux milieux de culture ont été préparés pour servir au repiquage pour purifier la souche fongique (Bessadat, 2014).

2.3. Identification

2.3.1. Identification macroscopique

La reconnaissance de champignon macroscopique s'est fait selon les caractères suivants : aspect de la colonie, aspect de la marge, vitesse de croissance, couleur de colonie, forme de colonies et couleur de l'envers de colonie, etc.

L'aspect des colonies jugées à l'œil nu. Ce jugement de déterminer si les colonies sont

homogènes ou non.

2.3.2. Identification microscopique

Sous microscope à grande grossissement (objectif x10) voir l'aspect des hyphes pourra être noté : parallèles, ramifiés, type de ramification, ondulés, contournés..., aussi voir l'aspect des sporanges et des sporangiophores.

3. Activités antifongiques

Pour la réalisation de l'activité antifongique on a adopté la méthode de contact direct (Alilou, 2012).

3.1. Essai d'activité antifongique des extraits de la plante

Selon (Salhi et Benouaer, 2016) Nous avons préparé 3 concentrations différentes d'extraits aqueux (Eq) les mêmes pour l'extrait hydro-éthanolique, on a pris des volumes différents de l'extrait aqueux stérile (T= 50°C/10 min) de la plante et les ajoutés au même volume du milieu de culture Sabouraud (20 ml), puis le mélange a été secoué avec prudence pendant quelques minutes pour homogénéiser la solution comme suivant et selon le tableau (Tableau 03).

- Concentration 1 (10%) = 2ml Eq + 20 ml Sabouraud
- Concentration 2 (25 %) = 5ml Eq + 20 ml Sabouraud
- Concentration 3 (50%) = 10 ml Eq + 20 ml Sabouraud

Après refroidissement du milieu de culture, un disque de 0,4 mm de la colonie du champignon testé (*Phytophthora infestans*) a été déposé au milieu de culture pour suivre la croissance mycélienne. L'incubation a été faite à une température de 25°C pendant 4 jours. Les manipulations ont été faites dans des conditions d'aseptiques (Alilou, 2012).

Tableau 03. Valeurs des concentrations utilisées

| | | | |
|------------------------|----|----|----|
| ml Ex/20ml Sabouraud | 2 | 5 | 10 |
| Concentrations d'Ex(%) | 10 | 25 | 50 |

3.2. Paramètres étudiés

3.2.1. Evaluation de la croissance mycélienne

Dans cette étude, on a tenté d'observer l'influence de l'extrait sur la croissance mycélienne. L'estimation de la croissance mycélienne est basée sur la mesure du diamètre de la colonie du champignon. Cette lecture est toujours réalisée en comparaison avec les cultures témoins qu'ils sont démarré le même jour et dans les mêmes conditions (**Kordali et al, 2003**). Le TI est calculé selon la formule suivante :

$$TI(\%) = [(Dc-De)/D] \times 100$$

- **TI(%)** = Taux d'inhibition exprimé en pourcentage.
- **Dc** = Diamètre de colonies dans les boîtes « témoins positifs ».
- **De** = Diamètre de colonies dans les boîtes contenant l'extrait de plante.

3.2.2. Détermination des concentrations minimales inhibitrice (CMI)

La plus faible concentration en extraits aqueux pour laquelle on n'observe pas de croissance visible à l'œil nu sur le milieu solide (**Garkoti, 2013**). Elle mesure donc un effet fongistatique et ne renseigne pas sur l'état de la population du champignon, ne permettant notamment pas de préciser si a été tuée en partie ou totalement ou si elle a seulement cessé de se multiplier. Les boîtes de Pitri dont les concentrations ayant montré une absence totale de la croissance mycélienne ; ont été sélectionnées pour détermination les concentrations minimales inhibitrices (CMI) (**Debillerbeck et al, 2002 ; Bassole et al, 2001**).

3.2.3. Détermination de la vitesse de croissance mycélienne (VC)

La vitesse de la croissance mycélienne de chaque concentration est déterminée par la formule (**Mohammedi, 2013**) :

$$VC = [D1/Te1] + [(D2-D1)/Te2] + [(D3-D2)/Te3] + \dots + [(Dn-Dn-1)/Te]$$

- **VC**: vitesse de croissance mycélienne.
- **D**: diamètre de la zone de croissance de chaque jour.
- **Te**: temps d'incubation.



Chapitre



**Résultats et
discussion**

Chapitre IV : Résultats et discussion

1. Taux d'humidité

Comme la plupart des végétaux, notre plante contient de l'eau. Le résultat du test d'humidité montre que les parties aériennes de l'espèce étudiée possède de taux moyen d'humidité de 50.45% pour *Cupressus sempervirens* (Figure 19, Annexe 1-Tableau 06).

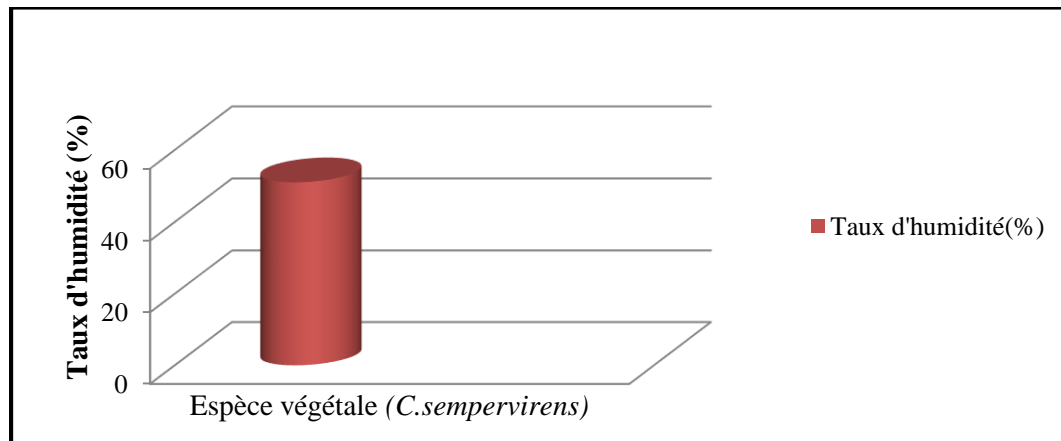


Figure 19. Taux d'humidité de l'espèce *Cupressus sempervirens*

Le résultat confirmant sa richesse relative en eau, en effet, le poids de l'eau représente presque la moitié de la masse de la plante (**Raven et al., 2006**).

2. Rendements d'extraction

Le rendement en extrait brut de notre plante a donné un rendement de 1.19g ce qui est enregistré à un pourcentage de 23.8 % pour *C.sempervirens* (Figure 20, Annexe 1-Tableau 07).

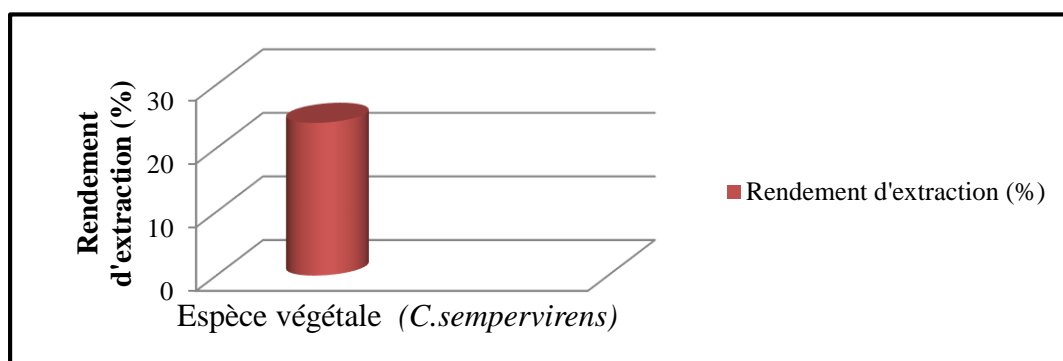


Figure 20. Rendement d'extraction des feuilles de *Cupressus sempervirens*

Pour le rendement de l'extrait, selon **Svoboda et Hampson (1999)** et **Smallfield (2001)** rapportent que les conditions environnementales, la période de récolte et l'âge du matériel végétal peuvent influencer sur les rendements d'extraction. De plus, les espèces végétales n'ont pas toutes le même potentiel, certaines familles botaniques offrant des rendements plus élevés que d'autres.

3. Caractéristiques sensorielles des extraits

Les deux extraits comprennent un aspect liquide colloïde, la couleur jaune dorée pour l'extrait aqueux, et jaune orangé pour l'extrait hydro-éthanolique alors que l'odeur est différente entre les deux extraits (Figure 21, Tableau 04).



Figure 21. Les caractéristiques sensorielles des extraits bruts secs et l'extrait aqueux de *Cupressus sempervirens*.

Tableau 04. Résultats des caractéristiques sensorielles des extraits bruts secs et l'extrait hydro-éthanolique.

| Extraits étudiées | Aspect | Couleur | Odeur |
|-------------------|------------------|--------------|--------------|
| Extrait aqueux | Liquide colloïde | Jaune dorée | Chlorophylle |
| Extrait brut sec | Liquide colloïde | Jaune orangé | Chlorophylle |

La couleur des extraits sont due à des pigments de différentes nature : alors que la présence d'odeur à cause de présence des composants phénoliques.

4. Identification de *Phytophthora infestans*

4.1. Etude macroscopique

L'isolement à partir de quelques organes infectés de la pomme de terre (feuilles, tubercules et tiges) dans un milieu favorable et dans des conditions d'incubation adéquates (25 °C) pendant 8 jours a permis l'apparition des colonies homogène de couleur blanche cotonneuse claires qui poussent de façon radiale et environ 80 mm ,compacte sans marge nette. Elles sont duveteuses et présentent de courts hyphes aériens (Figure 22).



Figure 22. Observation macroscopique de champignon *Phytophthora infestans*

4.2. Etude microscopique

L'étude microscopique du pathogène sous le microscope optique est basée sur l'observation des thalles et des spores caractéristiques de la maladie telle que :

- Les filaments siphonnés.
- Les endospores ou les exospores comme les sporangiophores, les sporanges, les oospores etc.

Dans ce travail, la dissémination de la maladie s'effectue une fois le pathogène pénètre dans les tissus de son hôte, *P. infestans* émet des sporangiophores. Ces organes produisent de nombreux sporanges cristiformes qui libèrent à leurs tours des zoospores flagellées. Ces zoospores, une fois fixées, émettent un tube germinatif qui pénètre dans le limbe surtout via les stomates mais aussi, parfois, directement au travers de la cuticule et des cellules épidermiques. Les sporanges peuvent aussi donner directement naissance à un filament germinatif. Les tissus foliaires sont par la suite rapidement envahis par le mycélium non cloisonné (la température optimale de croissance est de 25 °C).

De ce fait, cette étude nous a menés à indiquer que l'isolat étudié est un *Phytophthora infestans*, puisqu'il présente l'ensemble des caractéristiques signalées précédemment (Figure 23) :

- **Mycélium** : duveteuses, non cloisonné, présentent de courts hyphes aériens.
- **Sporanges** : Présentent des papilles caractéristiques. Les sporanges sont terminaux, rarement intercalaires. Ils sont caduques et portent un court pédicelle ($3\mu\text{m}$), ils ont une forme voïde ou en forme de citron.
- **Sporangiophores** : ramifiés, présente un renflement.

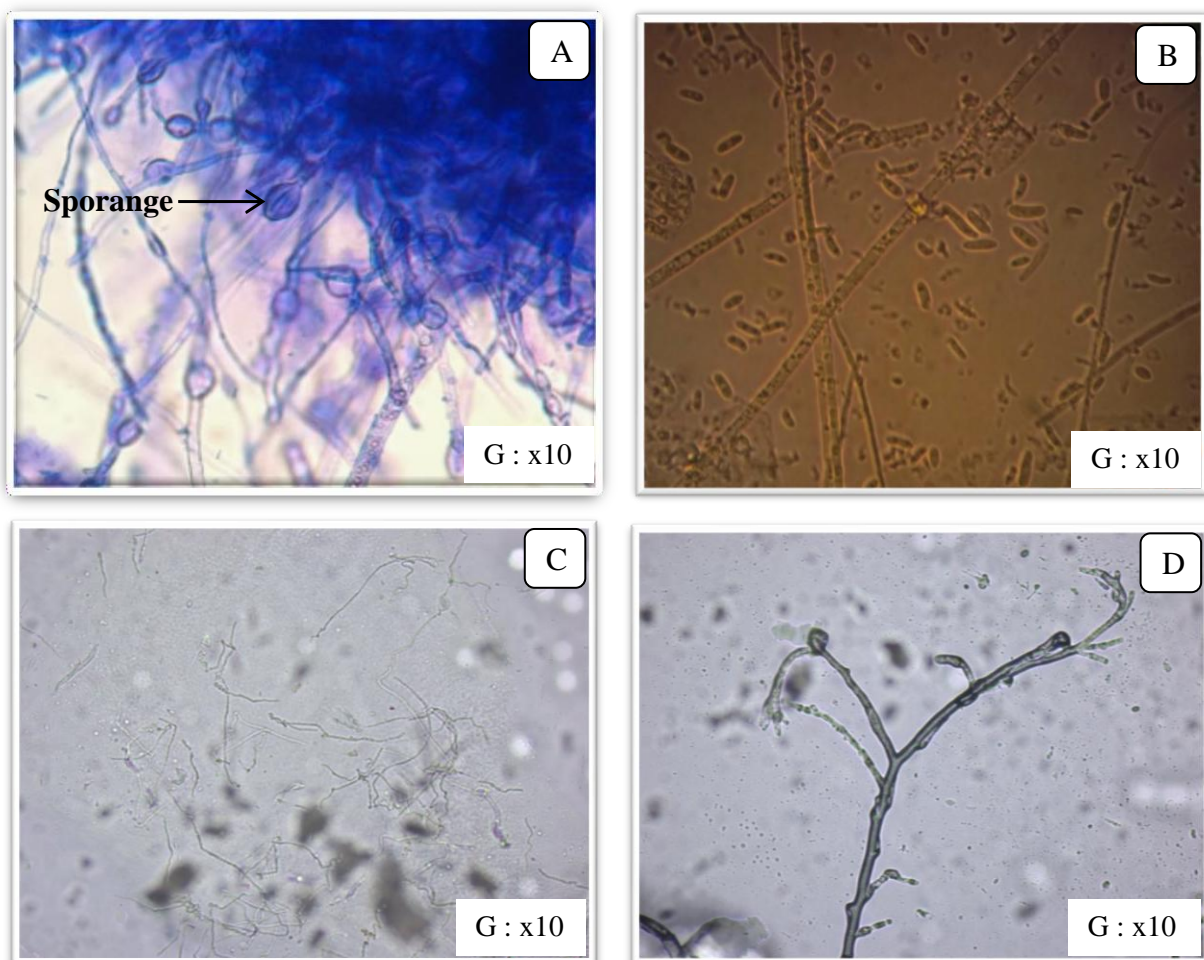


Figure 23. Observation microscopique de *Phytophthora infestans* sous microscope - A : Des sporangiophores produisant des sporanges. - B : Des zoospores. - C et D : Mycélium non septé.

5. Résultats des tests antifongiques

5. 1. Evaluation de la croissance mycélienne

L'activité antifongique est révélée par l'absence ou la présence de la croissance mycélienne.

Selon la figure (24), traduite dans l'Annexe 1 - Tableaux 08 et 09 : il y a une différence de croissance mycélienne entre les différents extraits et les différentes concentrations.

L'effet de l'extrait brut (sans dilution) a marqué une inhibition totale de croissance avec une valeur 0 mm, la croissance est grande avec la concentration 10% dans les deux extraits, elles sont 20 mm avec l'extrait aqueux et 30 mm avec l'extrait hydro-éthanolique. Le détail est représenté dans les paragraphes suivants avec leurs figures.

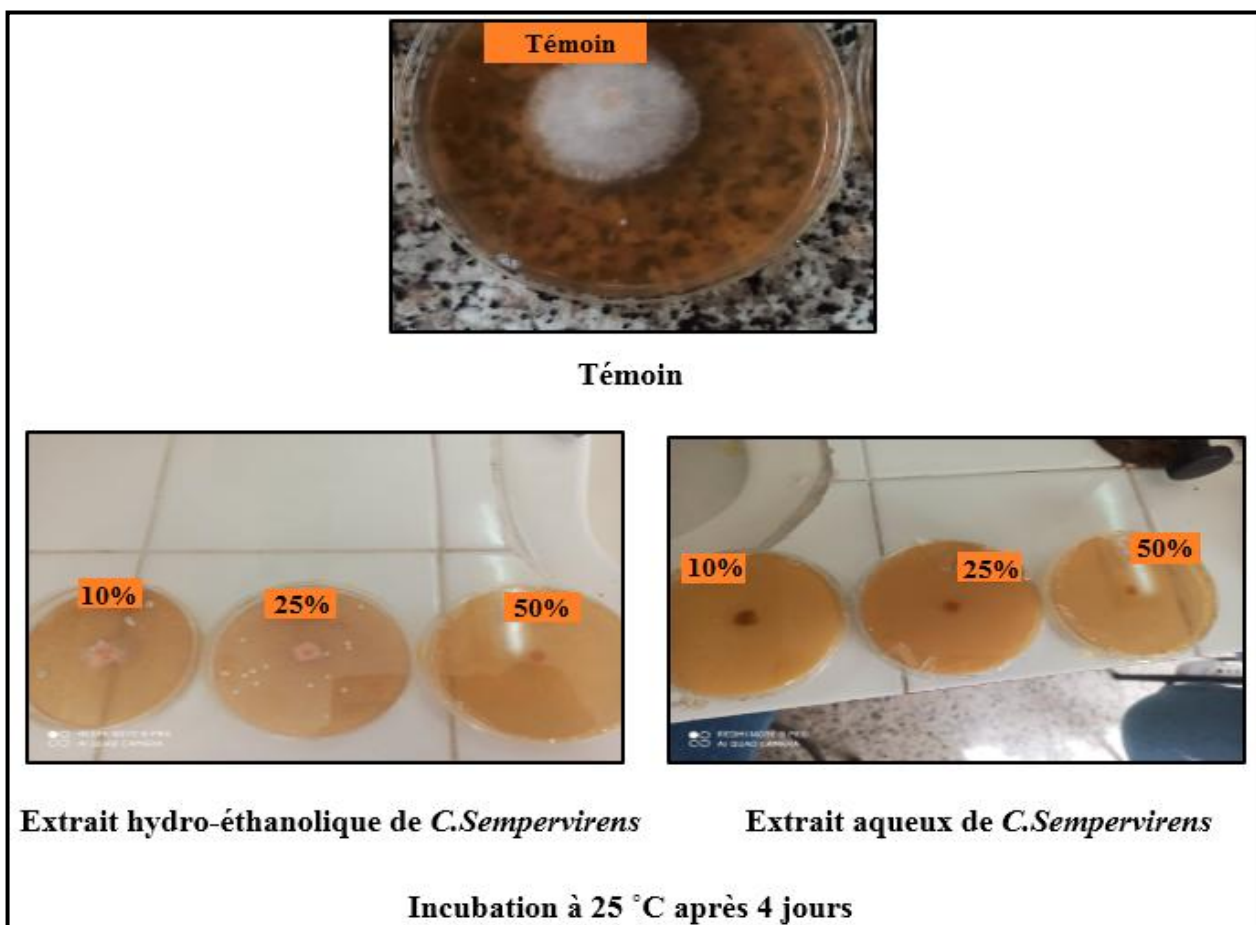


Figure 24. Diamètre de la croissance mycélienne après l'application des différentes concentrations des extraits (aqueux, hydro-éthanolique) de *C.Sempervirens* par la méthode de contact directe

A. Témoin

En premier lieu, la croissance mycélienne du témoin était normale, elle évolue progressivement jusqu'à atteindre 56 mm en 4 jours (Tableau 05).

Tableau 05. Evaluation de la croissance mycélienne pendant 4 jours.

| Jour | 1 ^{er} jour | 2 ^{ème} jour | 3 ^{ème} jour | 4 ^{ème} jour |
|-----------------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Témoin Croissance mycélienne (mm) | 18 | 27 | 44 | 56 |

B. Extraits aqueux

▪ Concentration 50 %

Pour la concentration (50%), on remarque une inhibition totale de la croissance mycélienne de *P.infestans* pour Eq de *Cupressus sempervirens* (0 mm) le résultat de lecture est présent dans l'Annexe 1-Tableau 08, et par la figure ci-dessous.

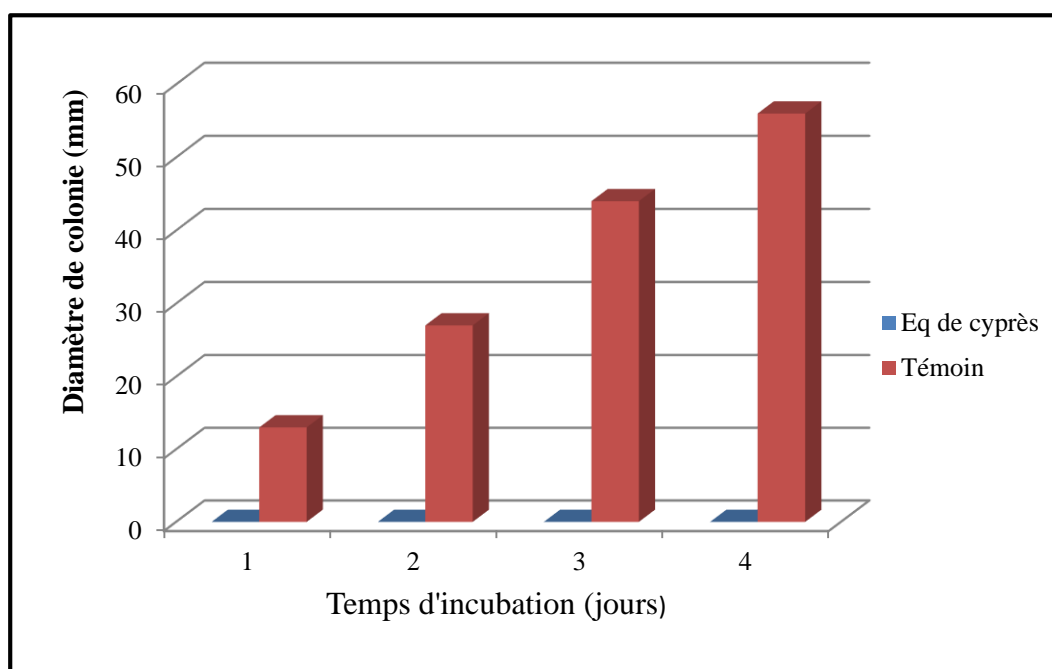


Figure 25. L'effet de l'extrait aqueux sur *Phytophthora infestans* (concentration 50%).

La croissance mycélienne de *Phytophthora infestans* en présence de l'Eq de *C.sempervirens* est nulle (0mm), ce qui signifie grande différence avec le témoin (56 mm).

▪ Concentration 25 %

Les résultats de figure montre que la croissance mycélienne sous l'effet d'extrait est décroître par l'augmentation de la concentration de l'extrait (Annexe 1-Tableau 08).

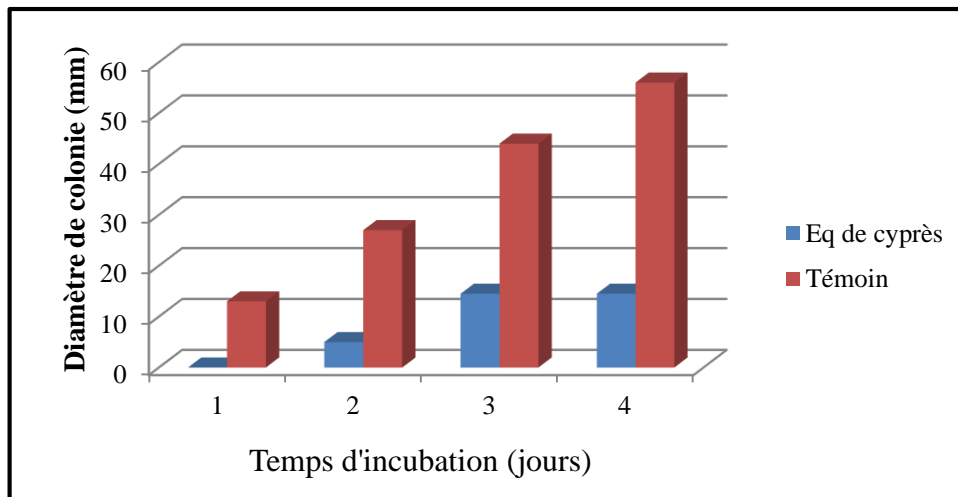


Figure 26. L'effet de la concentration 25% de l'extrait aqueux sur *Phytophthora infestans*.

La croissance mycélienne de *P.infestans* en présence de l'Eq de *C.smpervirens* a débuté à partir de deuxième jour progressivement jusqu'à atteint 12,5 mm de diamètre ce qui exprime une grande différence avec le témoin (56 mm).

▪ Concentration 10%

La figure (27) représente l'effet de l'extrait sur la croissance ont observé que la croissance de diamètre avec l'augmentation de la concentration.

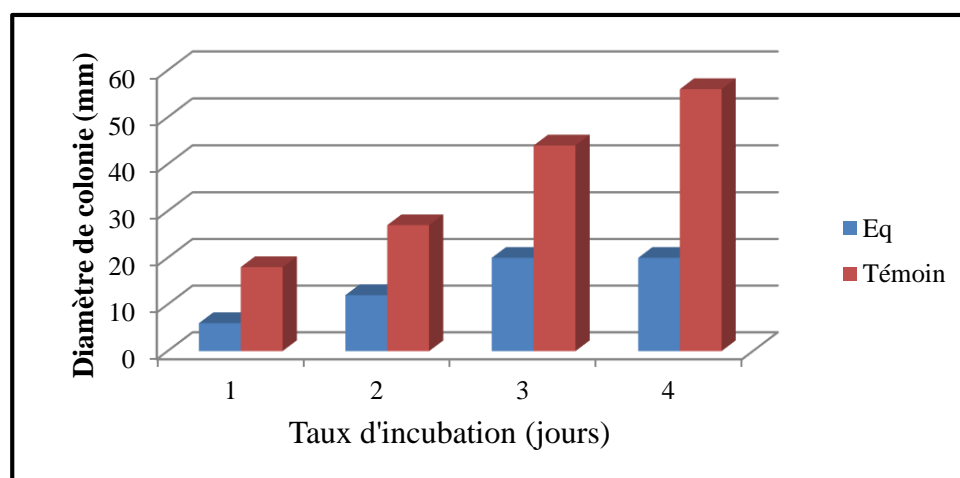


Figure 27. L'effet de la concentration 10% des extraits aqueux sur *Phytophthora infestans*.

La croissance mycélienne de *phythophthora infestans* en présence de l'Eq de *C.sempervirens* progressivement à partir de premier jour jusqu'à atteindre 20 mm de diamètre au quatrième jour. Ce qui exprime une grande différence avec le témoin (56 mm) (Annexe 1-Tableau 08).

C. Extraits hydro-éthanolique

▪ Concentration 50%

Pour la concentration (50%), on remarque une inhibition totale de la croissance mycélienne de *phythophthora infestans* pour l'extrait hydro-éthanolique de *C.Sempervirens* (0 mm) comme le montre la figure (28).

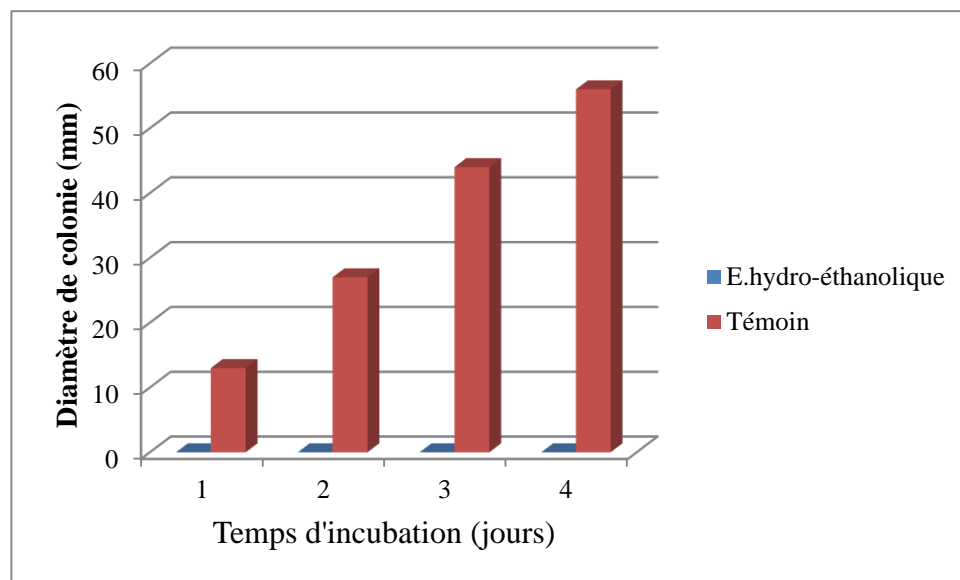


Figure 28. L'effet de la concentration 50 % de l'extrait hydro-éthanolique sur *P.infestans*.

La croissance mycélienne de *P.infestans* en présence de l'extrait hydro-éthanolique de *C.Sempervirens* est nulle (0 mm) ce qui signifie grande différence avec le témoin (56 mm) (Annexe 1-Tableau 09).

▪ Concentration 25%

Les résultats de la figure (29) montre que la croissance mycélienne sous l'effet de l'extrait hydro-éthanolique est décroître par l'augmentation de la concentration de l'extrait.

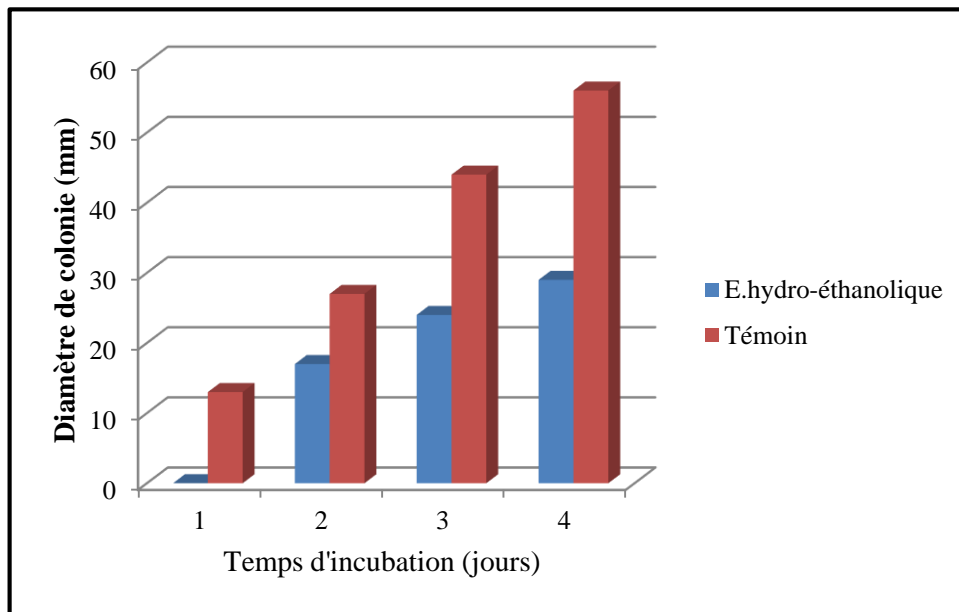


Figure 29. L'effet de la concentration 25% de l'extrait hydro-éthanolique sur *P. infestans*.

La croissance mycélienne de *P. infestans* en présence de l'extrait hydro-éthanolique de *C. sempervirens* a débuté à partir du deuxième jour progressivement jusqu'à atteint (28 mm) de diamètre ce qui exprime une grande différence à le témoin (56 mm) (Annexe 1-Tableau 09).

▪ **Concentration 10%**

D'après la figure 30 qui présente l'effet de la concentration, on observe que la croissance de diamètre augmente avec la dilution de la concentration (Annexe 1-Tableau 09).

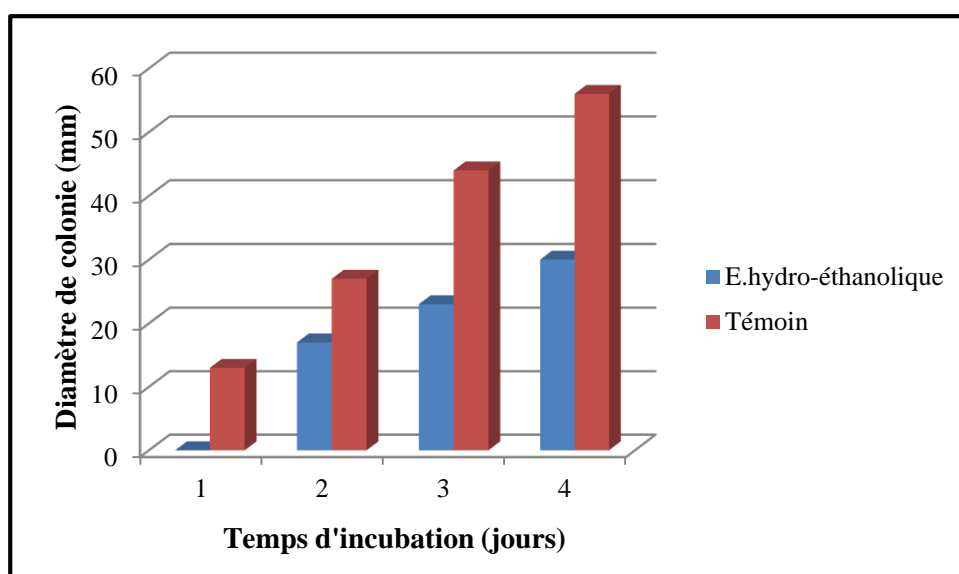


Figure 30. L'effet de la concentration 10% de l'E. hydro-E de *C. sempervirens*.

La croissance mycélienne de *Phytophthora infestans* en présence de l'extrait hydro-éthanolique de *C.sempervirens* progressivement à partir de premier jour jusqu'à atteindre 30 mm de diamètre au quatrième jour. Ce qui exprime une grande différence avec le témoin (56 mm) (Annexe 1-Tableau 09).

5.2. Vitesse de la croissance mycélienne

a. Pour l'extrait aqueux

Les résultats de figure (31) montre que la vitesse de la croissance mycélienne est décroître par l'augmentation de la concentration de l'Eq de la plante.

b. Pour l'extrait hydro-éthanolique

Les résultats de la figure (31) montre que la vitesse de la croissance mycélienne est décroître par augmentation de la concentration de l'extrait hydro-éthanolique de la plante.

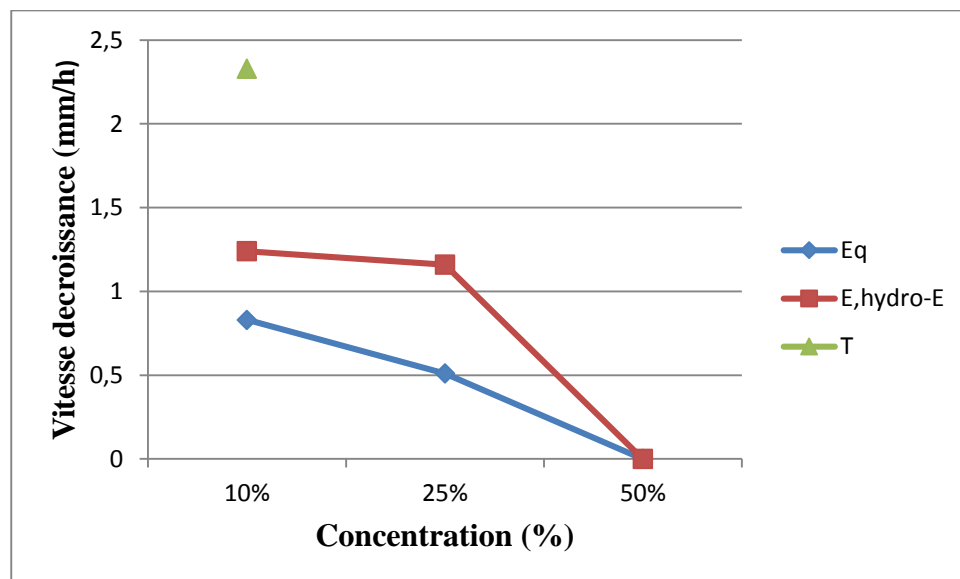


Figure 31. La vitesse de croissance mycélienne de *P.infestans* en présence de l'extrait aqueux et l'extrait hydro-éthanolique de la plante étudiée.

La plus haute vitesse de croissance mycélienne (1.24 mm/h) en absence de l'extrait aqueux et (0.83 mm/h) en absence de l'extrait hydro-éthanolique, cette vitesse décroît jusqu'à (0 mm/h) à la concentration (50%) des deux extraits (Annexe 1-Tableaux 10, 11).

5.3. Taux d'inhibition

Les taux d'inhibition des deux extraits (Eq, E.hydro-Ethanolique) sont organisés dans la figure ci-dessous et Annexe 1-Tableaux 12 et 13.

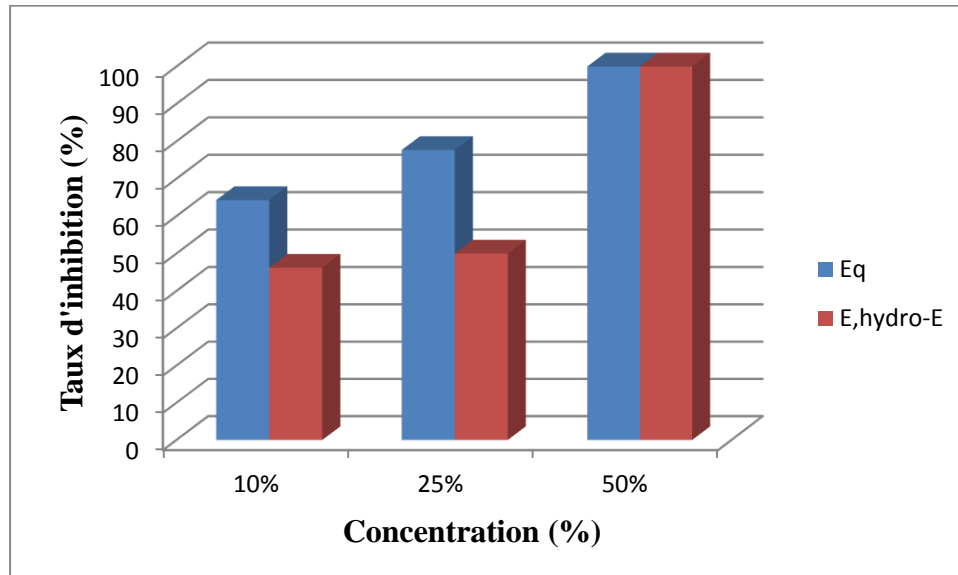


Figure 32. Les taux d'inhibition de l'extrait aqueux et de l'extrait hydro-éthanolique de *C.Semperirens*.

On remarque qu'il y'a toujours une inhibition de la croissance quelle que soit la dilution pour les deux types d'extraits (Eq, E.hydro-Ethanolique).

5.4. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI)

À partir des résultats enregistrés dans la figure (31), on trouve que la concentration minimale inhibitrice de cyprès est 2% pour le *Phythophthora infestans*, il s'agit de la concentration qui inhibe totalement la croissance du champignon.

❖ Discussion

En effet, le contrôle biologique à travers l'usage d'alternatives naturelles a donné beaucoup d'intérêt dans ce moment. Beaucoup de chercheurs ont noté que la possibilité d'utiliser l'extrait de la plante comme une alternative naturelle efficace (**prabavathy et al., 2006**).

La recherche des effets antifongiques sur les souches rencontrées dans le champs de la pomme de terre a révélé une efficacité des extraits aqueux des plantes sur les souches fongiques testées, ce qui confirme que les substances bioactives des plantes sont considérées comme des composés potentiellement efficaces contre les champignons pathogènes (**prabavathy et al., 2006 ; chang et al., 2008**).

La technique de contact direct consiste à mettre en contact l'extrait aqueux et l'extrait hydro-éthanolique les micro-organismes, puis à observer la croissance de ces derniers.

L'extrait aqueux et l'extrait hydro-éthanolique de *cupressus semervirens* a une activité antifongique vis-à-vis des champignons *phythophthora infestans*, les diamètres, la vitesse de la croissance de mycélium et l'indice antifongique sont diminués qu'on augmente la concentration d'extrait cela est confirmé par les travaux de **Gacem (2011)** jusqu'à l'inhibition totale pour *phythophthora infestans* à la concentration (50%) d'extrait aqueux ou d'extrait hydro-éthanolique.

Traditionnellement, l'identification des champignons repose sur l'observation de critères morphologique (macroscopique et microscopique) (**Botton et al., 1990**). Parmi les critères macroscopiques, on prend en compte la couleur, la texture et la taille de colonie sur le milieu de culture. Les colonies peuvent être laineuses, cotonneuses, poudreuse ou granuleuses. Tenant compte de toutes ces critères et après étalement entre lame et lamelle l'observation microscopique nous a permis d'identifier et isolé le *P.infestans* à partir des différentes parties de la pomme de terre ensuite on a procédé une teste d'extraits sur ce champignon.

D'autre part pour la croissance mycélienne et à la concentration 10% : on remarque qu'elle débute après 24h en présence de l'extrait aqueux et après 24 h pour l'extrait hydro-éthanolique. Et à 25%: on remarque une inhibition moyennement totale de la croissance mycélienne pendant les premières 48 h en présence de l'extrait aqueux et l'extrait hydro-

éthanolique ; pour la concentration 50% : on remarque une inhibition totale de la croissance mycélienne. Ce déphasage dans le temps de démarrage de la croissance mycélienne est due au fort pouvoir inhibiteur de l'Eq en question et de phase de latence du champignon exposé à l'extrait.

La vitesse de croissance mycélienne enregistrée pendant les 4 jours d'expérimentation ; est décroissante avec l'utilisation des différentes concentrations des extraits, donc elles diminuent avec l'augmentation des concentrations jusqu'à l'inhibition totale à 50% pour l'E.hydro-E et l'Eq du cyprès elle devient nulle et qui présente la CMI d'extrait testée, et à la combinaison des deux extraits. Sur la base de tout ce qui a été exposé, on peut faire un classement de nos extraits comme suit :

- A partir de méthode du contact direct : on peut classer le pouvoir antifongique des extraits (E.hydro-E, Eq) testées en trois catégories de doses :
- **Dose très active présentée par** : sans dilution 50% : elle possède une inhibition totale, et dans cette situation l'espèce fongique est dite **très sensible**.
 - **Dose active présentée par** : les dilutions 25% on a un taux inhibition, compris dans l'intervalle 50-78 %, donc l'espèce fongique est dite **sensible**.
 - **Dose moyennement active** : la dilution 10% ce taux est compris entre 44-60 % donc l'espèce fongique dite **limitée**.

Une sensibilité de champignon à tous les extraits par rapport aux différentes concentrations dépend de la composition chimique des métabolites secondaires et en fonction de la nature des substances naturelles à caractère antifongique, qui sont présentes et caractérisent chaque extrait.



**CONCLUSION
GENERALE**

Conclusion

Un grand nombre de plantes médicinales contiennent des composés chimiques ayant des propriétés antifongiques. Plusieurs travaux de recherche ont été focalisés sur les extraits aqueux et hydro-éthanolique des plantes spontanées.

Au cours de notre étude, sur l'activité antifongique d'extrait aqueux et l'extrait hydro-éthanolique de *Cupressus sempervirens* sur quelques souches fongique du la pomme de terre. La méthode de contact direct nous a permis de mettre en évidence le pouvoir antifongique des extraits vis-à-vis de souche testé.

La méthode de dilution des extraits dans le milieu de culture solide nous a permis de mettre en évidence le pouvoir anti fongique des extraits végétaux vis-à-vis du *phythophthora infestans* l'étude des propriétés anti fongiques *in vitro* a montré que l'extrait aqueux et l'extrait hydro-éthanolique de *cupressus sempevirens* testés inhibent efficacement la croissance myélieenne de *phythophthora infestans* (taux d'inhibition >50%).

L'activité antifongique croit au fur et à mesure d'augmentation la concentration de l'extrait ce qui a induit la régression de la vitesse de croissance mycélienne. Ceci a été observé à l'œil nu par une diminution des diamètres.

Donc suite à nos résultats positifs au laboratoire, qui indiquent que l'extrait aqueux et l'extrait hydro-éthanolique de *Cupressus sempervirens* ont des bonnes activités antifongiques pouvant être considérée comme un agent conservateur très prometteur pour l'industrie agroalimentaire et de réduire la croissance mycélienne responsable de l'altération des principaux aliments. Nous pouvons conclure que l'extrait de cyprès pourra être valorisé d'avantage particulièrement dans la lutte contre l'espèce fongique responsable de phytopathogènes.

En perspective et en se basant sur les résultats fort encourageants de notre travail, il serait important d'intensifier les tests antifongiques et d'approfondir les connaissances concernant les phénomènes de résistance des champignons vis à vis des produits chimiques, afin de proposer des bio fongicides à base d'extraits végétales comme alternatif et ceci pour protéger les cultures et les consommateurs.

Références bibliographiques

-A-

Al-Snafi Esmail A., 2016. “Medical importance of *Cupressus sempervirens*- A reviews”, IOSR. Journal of Pharmacy, Vol : 6, Version : 2 (June 2016), pp. 66-76.

Amara N., Boughérara Y., 2017. Activité Antimicrobienne de l’Huile Essentielle du Cyprès Vert (*Cupressus Sempervirens* L.). Algerian Journal of Natural Products, 5(2) : 455-462.

Alilou H., 2012. Etude phytochimique et antifongique de deux plantes du Sud du Maroc : *Asteriscus graveolens* subsp. *Odorus* (Schousb.) Greuter et *Asteriscus imbricatus* (Cav.) DC. Thèse de Doctorat. UFR : biologie appliquée. Biotechnologies végétales. Université Ibn zohr Agadir .Maroc . P : 215.

Al-Mughrabi,K., 2004. Comprendre et gérer le mildiou de pomme de terre, New Nouveau Brunswick. P 3, disponible sur « Khalil.al-maghrabi@gnb.ca ». Canada.

Ampa R., Ahombo G., Nguimbi E., Diatewa M., Dimo T., Ouamba J. M., Abena A. A., 2013. Evaluation of hypoglycemic, antihyperglycemic and antidiabetics properties of *Trilepisium madagascariense* D.C. Leeuwenberg (Moraceae). Ed 3 Journal of Biotechnology and Pharmaceutical Research; Vol. 4(3), PP: 48-53.

-B-

Becker M., Picard J. F., Tibai J., 1982. “ la rousse des arbres de arbustes de l’Europe Occidentale ”, Ed : Larousse, Paris, p 330.

Bouyahyaoui A., 2017. Contribution à la valorisation des substances naturelles : Etude des huiles essentielles des cupressacées de la région de l’Atlas algérien. Thèse Pour l’obtention du diplôme de Doctorat en Sciences biologique. Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, 89p.

Brofas G., Karetos G., Dimopoulos P., Tzagari C., 2006. The natural environment of *Cupressus sempervirens* in greece as a basis for its use in the mediterranean region. Land Degrad. Develop., 17 : 645–659.

Beninal, L. 2010. (s.d.). Diversité génétique de *Phytophthora infestans* agent du mildiou de la Pomme de terre en Algérie. *Thèse de Magister*.

Bennani, Y., 2011. Le mildiou de la pomme de terre. Microbiologie, Université de Farhat Abbas-Setif. p 1-35 disponible sur : www.docstoc.com/docs/91973287/phytophthora-infestans. iomasse asbl. p7.

Ben Nouri A., Dhifi W., Bellili S., Ghazghazi H., Aouadhi Ch., Chérif A., Hammami M., Mnif W., 2015. “*Chemical Composition, Antioxidant Potential, and Antibacterial Activity of Essential Oil Cones of Tunisian Cupressus sempervirens*”. Hindawi Publishing Corporation, Journal of Chemistry, p: 1-8.

Bassol I., Ouattara A.S., Nebie R., Kabore Z., Traore S.A., 2001. Composition chimique et activités antibactériennes des huiles essentielles des feuilles et des fleurs de *Cymbogon proximus* et d'*ocimum canum*. Pharm. Méd. Trad. AF., Vol II. PP : 37 – 51.

Bessadat N., 2014. Isolement, identification et caractérisation des *Alternaria sp.* Responsables de la détérioration des plantes maraichères par des systèmes enzymatiques et moléculaires. Thèse de Doctorat. Université d'Oran. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie .Département de Biologie .P : 199.

Botton B., Breton A., Fèvre M., Ganthier S., Guy P., Larpent J.P., Reymond P., Sanglier J.J., Vayssier Y., Veau R., 1990. Moisissures utiles et Nuisibles : Importance Industrielle. Edition Masson, Paris. p 349.

-C-

Caudullo G., de Rigo D., 2016. *Cupressus sempervirens* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. European Atlas of Forest Tree Species, 3:87-89.

Cheraief I., Ben Jannet H., Hammami M., Gannoun S., 2006. “*Composition chimique de l'huile Essentielle des cônes du cupressus sempervirens. L.* ” Poussant en Tunisie, Journal de la société Algérienne de chimie, 16 (1), pp 91-98.

Chauvin, J., Esnault, F., Ellissèche, D., 2008. Les recherches pour filière pomme de terre ; verrous et avancés. Ressources génétiques et innovation variétale chez la pomme de terre. Stand Inra. Parc des expositions de Paris.

Cirad et Gret, 2015. Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement et Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques. MEMENTO de l'agronome. Tome 1. Edition Quae. France Pp854-855.

-D-

Davet , P., 1996. Vie microbienne du sol et production végétale INRA 10, 79-86.

Debillerbeck V. G.,Roques C., Vaniere P., Marquier P., 2002. Activité antibactérienne et antifongique de Produits à base d'huiles essentielles. Revue Hygiène, 10 (3). P : 248-254.

Djahra A. B., 2014. Etude physicochimique et activité antimicrobienne, antioxydant, anti hépatotoxique du Marrube blanc ou *Marrubium vulgare L.* Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences. Université Badji Makhtar. Annaba. P : 144.

-F-

Ferrandes. P., 1979. Les cyprès africains. In Il cipresso : malattie e difesa (Grasso, Raddi eds.) : pp. 45-49.

-G-

Gacem C., 2011. Contribution à l'étude de l'activité antifongique et antimycotoxinogène des extraits méthanolique et aqueux des graines de *Citrullus colocynthis* sur la croissance de quelque moisissure d'altération de blé tendre stocké. PP: 1- 22.

Garkoti R., 2013: Management of vascular wilt of lentil through aqueous plant extracts in tarai region of uttarakhand state. P 263-145

Gaucher, D., 1998. Maadies de la pomme de terre. Institut techniques des céréales et des fourrages. Paris, 48 pages.

Grünwald, N. and Flier, W. G. 2005. The biology of *Phytophthora infestans* at its center of origin. Annual Review of Phytopathology. 43 :10.1-10.20.

-H-

Hireche B., Ferhat H., 2019. Etude de l'effet inhibiteur des huiles essentielles de Cyprès (*Cupressus Sempervirens. L*) sur la corrosion de l'acier X70 (sans et avec soudure). Mémoire de master. Université Mohamed Khider de Biskra, faculté des sciences exactes et des sciences de la nature, 154p.

Hampton, M.C. 1992. Some thoughts on demography of the great potato famine. *Plant. Dis.* 76: 1284-1286.

-J-

Jo, K.R; Visser, R.G.F; Jacobsen, E; Vossen, J.H. (2015). Characterisation of the late blight resistance in potato differential MaR9 reveals a qualitative resistance gene, R9a, residing in a

cluster of Tm-22 homologs on chromosome IX. *Theor Appl Genet* 2015 ; 128(5) : 931–941.

-K-

Kassem F.F., Harraz F.M., El-Sebakhy N.A., 1991. “Composition of the Essential Oil of Egyptian *Cupressus sempervirens* L. Cones”, *Flavour and fragrance journal*, vol: 6, pp 205-207.

Khan M. F., Ahamad T., Rawat P., 2017. Biomedicinal and chemical profile of *Cupressus sempervirens*-A Mini Review. *Insights Biomed*, 2(3):16.

Kerroum.F, 2016. Identification et Caractérisation du *Phytophthora infestans* agent pathogène du mildiou de la pomme de terre et essai de lutte biologique. Mémoire de Doctorat. Université d’Oran faculté des sciences spécialité phytopathologie ,2-16p.

Koreim K., 2009. Lead toxicity and the protective role of *Cupressus sempervirens* seeds growing in Egypt. *Rev. Latinoamer. Quím*, 37 (3) :230-242

Kordali S., Cakir A., Zengin H., et Duru M. E., 2003. Antifungal activities of the leaves of three *Pistacia* species grown in Turkey. *Fitoterapia*. PP: 74-164-167.

-L-

Leonard K.J., Bushnell W.R., 2003. *Fusarium* head blight of wheat and barley. St. Paul, U.S.A.:APS Press.

Lokossou, A.A; Rietman, H; Wang, M; Krenek, P; Van der Schoot, H; Henken, B; Hoekstra, R; Vleeshouwers, V.G; Van der Vossen, E.A; Visser, R.G; Jacobsen, E; Vosman, B. (2010). Diversity, distribution, and evolution of *Solanum bulbocastanum* late blight resistance genes. *Mol Plant Microbe Interact*. 23(9) :1206-16.

Lazouni H.A., Benmansour A., Taleb-Bendiab S.A., Chabane S., 2007. Composition des constituants des huiles essentielles et valeurs nutritives du *Foeniculum vulgare* Mill. *J. Sci. Technol*. PP : 25-7-1

-M-

Morcia C et Terzi V., 2011. Plant essential oils and their components for the control of phytopathogen and mycotoxigenic fungi in crops. In: A. Mendez-Vilas editor. *Science and Technology Against Microbial Pathogens. Research, Development and Evaluation*. 2011. 13: 114-117.

Morcia C., Mehani M., Salhi N., Nazari L., Khalil A., Bara A., Ghizzonir., Tumino G., Terzi

V.,2015. On the role of natural compounds in mycotoxigenic fungi control. The Battle Against Microbial Pathogens: Basic Science, Technological Advances and Educational Programs (A. Méndez-Vilas, Ed.)

Mazáková, J. (2011). Effect of *Phytophthora infestans* on potato yield in dependence on variety characteristics and fungicide control. *Plant Soil Environ* 57:486–491.

Makhloufi A., 2010. Etude des activités antimicrobienne et antioxydante de deux plantes médicinales poussant à l'état spontané dans la région de bechar (*Matricaria pubescens* (Desf.) et *Rosmarinus officinalis* L) et leur impact sur la conservation des dattes et du beurre cru. Laboratoire produits naturels. Thèse de Doctorat d'état en biologie, Spécialité : Microbiologie et sécurité sanitaire des aliments. Faculté des sciences L'Université Aboubaker belkaid. Tlemcen. Algérie. PP : 166.

Messiaen M., 1981. Les variétés résistantes. Méthodes de lutte contre les maladies et ennemies des plantes. Edition INRA. Paris. P : 374.

Mohammedi M., 2013. Etude Phytochimique et Activités Biologiques de quelques Plantes médicinales de la Région Nord et Sud-Ouest de l'Algérie. P: 84.

Morcia. C et Terzi.V, 2011. Plant essential oils and their components for the control of phytopathogen and mycotoxigenic fungi in crops. In: A. Mendez-Vilas editor. Science and Technology Against Microbial Pathogens. Research, Development and Evaluation. 2011. 13: 114-117.

Morcia C., Mehani M., Salhi N., Nazari L.,Khalil A., Bara A., Ghizoni R.,Tuminto G., Terzi V.,2015. On the role of natural compounds in mycotoxigenic fungi control. The Battle Against Microbial Pathogens: Basic Science, Technological Advances and Educational Programs (A. Méndez-Vilas, Ed.)

-N-

Nehdi .I.A., 2013. “Cupressus sempervirens var. “*horizontalis* seed oil : Chemical composition, physicochemical characteristics, and utilizations”, Industrial Crops and Products, pp. 381– 385.

Nichane N., 2015. Contribution à l'étude du dépérissement du Cyprès vert (*Cupressus sempervirens* L.) dans les monts des Traras Occidentaux (Wilaya de Tlemcen). Département d'Ecologie et Environnement. Université Tlemcan. Algérie. Pp : 22-26

Nichane M., 2015. Contribution à l'étude du dépérissement du Cyprès vert (*Cupressus*

sempervirens L.) dans les monts des Traras Occidentaux (Wilaya de Tlemcen). Thèse en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat. Université de Tlemcen, faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers, 187p

Nichane N., 2015 "Contribution à l'étude du dépérissement du Cyprès vert (*Cupressus sempervirens* L.)

Nyabyenda, P., 2005. Les plantess cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique, les presses agronomiques de gembloux A, S, B, L. p. 107-109.

Niederhauser, J.S. (1991). (J.A. Lucas, R.C. Shattock, D.S. Shaw & L.R. Cooke eds.), Cambridge University Press, Cambridge. *Phytophthora infestans: the Mexican connection.* In: *Phytophthora.* pp. 25-45.

-O-

Olmstead, R.G. and Bohs, L. (2007). A Summary of molecular systematic research in Solanaceae: 1982-2006. *Acta Hort. (ISHS)* 745:255-268.

Orbegozo, J; Roman, M.L; Rivera, C; Gamboa, S; Tovar, J.C; Forbes, A.G; Lindqvist-Kreuze, H; Kreuze, J.F; Ghislain, M. (2016). Rpi-blb2 gene from *Solanum bulbocastanum* confers extreme resistance to late blight disease in potato. *Plant Cell Tiss Organ Cult.* DOI 10.1007/s11240-016-0947-z.

Okigbo R.N., Nmeka I.N., 2005. Control of Yam tube rot with leaf Extracts of *Xylopia aethiopica* and *Zingiber officinale*. *Afr. J. Biotechnology* 4(8): 804-807.

Okigbo R.N., Omodamiro O.D., 2006. Antimicrobial effect of leaf extract of pigeon pea (*Cajanus cajan* (L) Mill sp) on some human pathogen. *J. Herbs,spices and Med. Plants* 12 (1/2) : 117-127.

-R-

Rawat. R., Kumar R., Mutande T., Bux F., 2011. "Dual role of microalgae phytoremediation of domestic wastewater and biomass production for sustainable biofuels production", *Applied Energy*, vol: 88, n° 10, pp.3411–3424.

Riom, C. (2010). Le *Cupressus Sempervirens* et l'approche du concept du polinier sentinelle nantais. Faculté de pharmacie. Université de Nantes. France. Pp : 3-79.

Rouselle,P., Robert,Y., Crosnier,J.C., 1996.La pomme de terre, production,

amelioration,ennemies et maladies, utilization. Ed : INRA, Paris.P49-62-27-82-83.I

Rakotonindraina, T.F. (2012). Analyse et modélisation des effets des pratiques culturales sur les épidémies de mildiou de la pomme de terre. Agrosystème Ecosystème et environnement. *Thèse de doctorat* Université de toulouse. p 1.SBN :2-7380-0676-0.

Reynes M., Bouabidi H., Piombo G., Risterucci A. M., 1994. Caractérisation des principales variétés de dattes cultivées dans la région des Djerid en Tunisie. *Fruit*. PP :49,289-298

Raven P.H., Evert F.R., Eichhorn S.E., 2006. Biologie végétale, 2^{ème} Edition. De Boeck Supérieur. PP: 30.

-S-

Sebbane B., Khaldi M., 2019. Quelques composés secondaires isolés à partir des plantes de la famille de Cupressacée (*Cupressus sempervirens*, *Juniperus oxycedrus* et *Juniperus communis*) : extraction, caractérisation et activité antibactérienne. Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme master. Université Akli Mohand Oulhadj – Bouira, faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre, 67p.

(*sempervirens L.*) *Dans les monts des Traras Occidentaux (Wilaya de Tlemcen)*”, Thèse de doctorat, Université de Tlemcen, p 247.

Shahali Y., Sutra J.P., Peltre G., Charpin D., Sénéchal H. Poncet P., 2010. IgE Reactivity to Common Cypress (*C. sempervirens*) Pollen Extracts: Evidence for Novel Allergens. *WAO Journal*, 3 :229–234.

Soltner, D., 1990. Les grandes productions végétales ; céréales, plantes sarclées, prairies. Ed.Saint. Gémme-sur- Loire, Sciences et techniques agricoles, 464 p.

Sedláková, V ; Dejmalová, J ; Hausvater, E ; Sedlák, P ; Doležal, P ;Sediki,M., Carroll, R. B. and Morehart, A.L.1997. First report from Morocco of *phythophthora infestans* isolates with metalaxyl resistance .*plant Dsease*. 81:831.

Salhi, 2012: Allelochemicals from some medicinal and aromatic plants and theirpotential use as bioherbicides. P: 39.

Salhi et Benouaer, 2016. L'activité antifongique des extraits aqueux et des huiles essentielles d'Artemisia herba-alba sur des champignons potentiellement mycotoxigéniques du blé dur (*Triticum durum* var VITRON).mémoire de master (Biotechnologie végétale) Université

Kasdi Merbah Ouargla 9p.

Svoboda K.P., Hampson J.B., 1999. Bioactivity of essential oils of selected temperate aromatic plants: antibacterial, antioxidant, anti-inflammatory and other related pharmacological activities. Plant Biology Department, SAC Auchincruive, Ayr, Scotland,UK.

-T-

Tumen I., Süntar I., Keleş H., Küpeli Akkol E., 2012. A therapeutic approach for wound healing by using essential oils of *Cupressus* and *Juniperus* species growing in Turkey. Evidence-based complementary and alternative medicine, 2012:1-7

-Z-

Zirihi G. N., Kra A.K.M., Dibie E.T., 2007. Etude botanique et évaluation des activités antifongiques de *Mitracarpus villosus* (MV) (Rubiaceae) et *Spermacoce verticillata* (SV) (Rubiaceae) sur la croissance in vitro de *A. fumigatus*. Rev.Med. Pharm. Afr. PP : 9-17.

Site Internet

Site Web 1: <http://www.eucablight.org>

Site Web 2: <http://www.univ-brest.fr>

Site Web 3: <http://madrp.gov.dz>

Site Web 4: <http://www.fao.org>

Annexes

✓ **Tableau 06.** Résultat de taux d'humidité de l'espèce

| Espèces étudiée | Poids frais (g) | Poids sèche (g) | Taux d'humidité (%) |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------|
| <i>Cupressus sempervirens</i> | 22.2 | 11 | 50.45 |

✓ **Tableau 07.** Résultat de rendement en extrait sec

| Espèces étudiée | Poids de résidu sec (g) | Rendement (%) |
|-------------------------------|-------------------------|---------------|
| <i>Cupressus sempervirens</i> | 1.19 | 23.8 |

✓ **Tableau 08.** La croissance mycélienne de champignon *Phytophthora infestans* avec l'extrait aqueux de cyprès.

| | Espèces | C% | 1 ^{er} jour | 2 ^{ème} jour | 3 ^{ème} jour | 4 ^{ème} jour |
|----------------|---------|-----|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Extrait aqueux | Cyprès | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 25% | 0 | 5 | 12.5 | 12.5 |
| | | 10% | 6 | 12 | 20 | 20 |

✓ **Tableau 09.** La croissance mycélienne de champignon *Phytophthora infestans* avec l'extrait hydro-éthanolique de cyprès.

| | Espèces | C% | 1 ^{er} jour | 2 ^{ème} jour | 3 ^{ème} jour | 4 ^{ème} jour |
|---------------------------|---------|-----|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Extrait hydro-éthanolique | Cyprès | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 25% | 0 | 15 | 22 | 28 |
| | | 10% | 0 | 17 | 23 | 30 |

✓ **Tableau 10.** Vitesse de la croissance mycélienne avec l'extrait aqueux de cyprès

| | Espèces | C% | VC (mm/h) |
|----------------|---------|-----|-----------|
| Extrait aqueux | Cyprès | 50% | 0 |
| | | 25% | 0.51 |
| | | 10% | 0.83 |
| Témoin | | | 2.33 |

- ✓ **Tableau 11.** Vitesse de croissance mycélienne avec l'extrait hydro-éthanolique

| | Espèces | C% | VC (mm/h) |
|---------------------------|---------|-----|-----------|
| Extrait hydro-éthanolique | Cypès | 50% | 0 |
| | | 25% | 1.16 |
| | | 10% | 1.24 |

- ✓ **Tableau 12.** Taux d'inhibition d'extrait aqueux de cypès contre le champignon *Pythophthora infestans*

| | C% d'extrait aqueux | Taux d'inhibition (%) |
|-------|---------------------|-----------------------|
| Cypès | 50% | 100 |
| | 25% | 77.67 |
| | 10% | 64.28 |

- ✓ **Tableau 13.** Taux d'inhibition d'extrait hydro-éthanolique de cypès contre le champignon *Pythophthora infestans*

| | C% d'extrait hydro-éthanolique | Taux d'inhibition (%) |
|-------|--------------------------------|-----------------------|
| Cypès | 50% | 100 |
| | 25% | 50 |
| | 10% | 46.42 |

Membre du jury

Président : Dr SEBTI.M

Examinatrice : Dr BOUZIANE.Z

Encadreur : Dr BENABDELKADER.M

Présenté par : M^{elle} KISMOUNE Samiha

Date de soutenance : juillet 2021

L'effet de l'extrait aqueux de cyprès sur la croissance de champignon *Phythophthora infestans*

Résumé

Le présent travail porte sur l'étude de l'effet antifongique des extraits aqueux et hydro-éthanolique de la plante médicinale de cyprès vis-à-vis du *Phythophthora infestans*.

L'extraction aqueuse et hydro-éthanolique a été faite à partir des feuilles de *Cupressus sempervirens*, l'extrait aqueux est préparé par la méthode de macération et l'extrait hydro-éthanolique par l'évaporateur rotatif. L'étude des propriétés antifongique in vitro a montré que l'extrait aqueux et hydro-éthanolique de *Cupressus sempervirens* inhibe efficacement la croissance mycélienne de *Phythophthora infestans* (taux d'inhibition > 50 %)

• **Mots clés** : Extrait aqueux extrait hydro-éthanolique, *Cupressus sempervirens*, effet antifongique, *Phythophthora infestans*, plante médicinale.

Abstract

The present work concerns the study of the antifungal effect of aqueous and hydro-ethanolic extracts of the medicinal plant of cypress on *Phythophthora infestans*.

The aqueous and hydro-ethnolic extraction was made from the leaves of *Cupressus sempervirens*, the aqueous extract is prepared by the maceration method and the hydro-ethanolic extract by the rotary evaporator. The study of the antifungal properties in vitro showed that the aqueous and hydro-ethanol extract of *Cupressus sempervirens* effectively inhibits the mycelial growth of *Phythophthora infestans* (inhibition rate > 50%).

• **Key words**: Aqueous extract hydro-ethanolic extract, *Cupressus sempervirens*, antifungal effect, *Phythophthora infestans*, medicinal plant.

ملخص

يتعلق العمل الحالي بدراسة التأثير المضاد للفطريات للمستخلصات المائية والإيثانولية المائية للنبات الطبي لشجر السرو على فطر *إنفستانس فيثوفثورا*.

تم عمل الاستخراج المائي والمائي الإيثانولي من أوراق السرو، وتم تحضير المستخلص المائي بطريقة النقع، والمستخلص المائي الإيثانولي بواسطة المبخر الدوار.

أظهرت دراسة الخصائص المضادة للفطريات في المختبر انخفاض كبير لنمو الفطريات بالنسبة للمستخلص المائي والإيثانول المائي لنبات السرو (معدل التثبيط < 50%).

• **الكلمات المفتاحية**: مستخلص مائي، مستخلص مائي إيثانولي، السرو، تأثير مضاد للفطريات، *إنفستانس فيثوفثورا*، نبات طبي.

