

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

جامعة محمد الصديق بن يحيى- جيجل
Université Mohammed Seddik Ben Yahia-Jijel



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de l'Environnement
et des Sciences Agronomiques

كلية علوم الطبيعة و الحياة
قسم علوم المحيط و العلوم الفلاحية

Mémoire de fin d'études

En Vue de l'obtention du diplôme : Master Académique en Sciences de la
Nature et de la Vie

Filière : Sciences Agronomiques
Option : Phytopharmacie Appliquée

Thème :

**L'effet de l'extrait de cyprès commun (*Cupressus sempervirens* L.)
sur la croissance du champignon**

***Phytophthora infestans* (mont.) de Bary**

Membres de Jury :

Présidente: Dr. BENFRIDJA Leila
Examinatrice: Dr. KHENNOUF Hanane
Encadrante: Dr. BENABDELKADER Messaouda

Présenté par :

M^{elle} BELADJILA Samira

Année Universitaire : 2021-2022

Numéro d'ordre : /

Remerciements

En premier, je remercie le bon Dieu le tout puissant de m' avoir donné la santé, le courage et de la patience pour être ce que je suis aujourd' hui et pour mener à terme ce modeste travail.

*Je tiens à remercier vivement M^{me} **BENABDELKADER Messaouda** mon encadrante, enseignante à l' université de Jijel, pour son accueil, et le partage de son expertise au quotidien. Je la remercie profondément pour la confiance et l' autonomie qu' elle m' a accordée.*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à M^{me} **Benfridja Leila** d' avoir accepté de présider le jury ainsi que l' ensemble de ses membres, M^{me} **KHENNOUF Hanane** qui fait l' honneur de juger mon travail. Enfin, je tiens à remercier vivement tous les enseignants qui ont contribué à notre formation et aux étudiants de notre promotion qui m' ont témoigné leur amitié et solidarité, et leur expriment ma plus profonde gratitude.*



Dédicaces

À la mémoire de mon défunt père.

À la plus belle créature que Dieu a créée sur terre,

À cette source de tendresse, de patience et de générosité,

À ma mère !

À mes frères 'Zakaria' et 'Abdenour'

*À Loubna, Kaouter, Amira et Nada qui ont toujours été à mes
côtés*

À mes chères amies et à toute ma famille

À toutes les étudiantes de la promotion 2021/2022

À tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer



Samira

Sommaire

Remerciements	
Dédicace	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction	1

PARTIE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : Considération générale sur *Cupressus sempervirens*

1. Définition et Origine	2
2. Classification	2
3. Caractéristiques botaniques.....	3
3.1. Les feuilles	3
3.2. L'écorce.....	4
3.3. Les fleurs	4
3.4. Les fruits	5
4. Ecologie de l'habitat.....	6
5. Aire de répartition.....	6
6. Utilisation de cyprès	7
7. Importance économique	8
8. Toxicité	8
9. Composition biochimique	8

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

❖ La Plante hôte *Solanum tuberosum*

1. Généralités et Classification	10
2. Historique et répartition	10
2.1. Dans le monde	10
2.2. En Algérie	10
3. Valeurs nutritionnelles et importance économique de la pomme de terre	11
4. Description botanique de la pomme de terre.....	11
4.1. L'appareil aérien	12
4.2. L'appareil souterrain	12

5. Exigences écologiques de la pomme de terre.....	12
6. Principales maladies et ravageurs de la pomme de terre.....	13
6.1. Mildiou.....	14
6.1.1. Historique.....	14
6.1.2. Nuisibilité et pertes importantes.....	14
6.2. <i>Phytophthora infestans</i>	15
6.2.1. Origine et Historique.....	15
6.2.2. Information taxonomique.....	15
6.2.3. Mode de reproduction.....	16
A. Phase asexuée.....	16
B. Phase sexuée.....	16
6.2.4. Caractères morphologiques de <i>Phytophthora infestans</i> et processus de l'invasion.....	17
6.2.5. Description des symptômes causés par le <i>Phytophthora infestans</i>	18
6.2.6. Les méthodes de luttés.....	20
6.2.6.1. La lutte chimique.....	21
6.2.6.2. La lutte culturale.....	21
6.2.6.3. La lutte biologique.....	22

DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE

Chapitre III : Matériel et méthodes

1. Matériel végétal	23
1.1. Echantillonnage	23
1.2. Préparation	24
1.2.1. Séchage	24
1.2.1.1. Détermination de taux d'humidité.....	25
1.2.2. Broyage et tamisage	25
1.3. Préparation des extraits	26
1.3.1. Préparation de l'extrait aqueux de la plante	26
1.3.2. Préparation de l'extrait hydro-éthanolique.....	26
1.3.2.1. Calcul du rendement d'extraction	27
2. Matériel fongique	27
2.1. Prélèvement des échantillons	27
2.2. Isolement et purification	28
2.3. Identification	29
2.3.1. Identification macroscopique	29
2.3.2. Identification microscopique	29
3. Activité antifongique	29
3.1. Essai d'activité antifongique des extraits de la plante	29
3.2. Paramètres étudiés	30
3.2.1. Evaluation de la croissance mycélienne	30
3.2.2. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI)	30
3.2.3. Détermination de la vitesse de croissance mycélienne (VC)	30

Chapitre IV. Résultats et discussions

1. Taux d'humidité	30
2. Rendement d'extraction	30
3. Caractéristiques sensorielles des extraits	30
4. Identification de <i>Phytophthora infestans</i>	31
4.1. Etude macroscopique	31
4.2. Etude microscopique	32
5. Résultats des tests antifongiques	32
5.1. Evaluation de la croissance mycélienne	32

A. Témoin.....	33
B. Extrait aqueux	34
C. Extrait hydro-éthanolique	36
5.2. Vitesse de la croissance mycélienne	38
5.3. Taux d'inhibition	39
❖ Discussion	40
Conclusion.....	42
Références bibliographiques	43
Annexes	

Liste Des Tableaux

Tableau01. Classification taxonomique de <i>Cupressus sempervirens</i> L.....	02
Tableau 02. Classification de la <i>Solanum tuberosum</i> L.....	10
Tableau 03. Les principales maladies et ravageurs de la pomme de terre	14
Tableau04. Classification de phytophthora.....	15
Tableau 05. Taux d'humidité des feuilles de cyprès	30
Tableau 06. Rendement en extrait sec.....	30
Tableau07 : Caractéristiques sensorielles des extraits aqueux et l'extrait hydro-éthanolique..	30
Tableau08. Evaluation de la croissance mycélienne pendant 4 jours	33

Liste Des Figures

Figure01 : Le <i>Cupressus sempervirens</i> L. A (forme horizontalis) ; B (forme pyramidalis)	03
Figure02 : rameau de <i>Cupressus sempervirens</i> L. portant écailles et cônes	04
Figure03 : Ecorce de <i>Cupressus sempervirens</i> L.....	04
Figure04 : Les fleurs de <i>Cupressus sempervirens</i> L.	05
Figure05 : Cônes <i>Cupressus sempervirens</i> L.	05
Figure06 : Aire et répartition de <i>Cupressus sempervirens</i> L.dans le monde	07
Figure07 : Structure chimique de quelques polyphénols, flavones, flavonoïdes Et glycosides de flavones (1) biflavones	09
Figure08 : Caractéristiques morphologiques de la pomme de terre.....	12
Figure09 : Cycle de reproduction probable de <i>Phytophthora infestans</i>	17
Figure 10 : Des sporangiophores produisant des sporanges	18
Figure11 : description des symptômes sur les bouquets terminaux de la pomme de terre infectée	19
Figure12 : description des symptômes sur la tige de la pomme de terre infectée.....	19
Figure13 : description des symptômes sur le tubercule de la pomme de terre infectée	20
Figure14 : description des symptômes sur les feuilles de la pomme de terre. a-sur la face inférieur. b-sur la face supérieure.....	20
Figure 15 : la plante <i>Cupressus sempervirens</i> L.....	23
Figure 16 : image de satellite de la région de l'Aouana-Jijel.....	24
Figure17 : Les feuilles de <i>Cupressus sempervirens</i> avant (A) et après (B) le séchage.....	24
Figure 18 : Poudre des feuilles de cyprès a- dans le broyeur, b-dans le tamis	25
Figure19 : Protocole d'extraction d'un extrait brut sec (hydro-éthanolique).....	26
Figure20 : site de Prélèvement des échantillons	27
Figure21 : une serre de la pomme de terre a Jimar	28
Figure22 : Plante infectée attaquée par <i>phytophthora infestans</i> (tige et feuilles)	28
Figure23 : Les couleurs des extraits bruts secs (à droite) et l'extrait aqueux (à gauche) de <i>Cupressus sempervirens</i>	31
Figure24 : Observation macroscopique de champignon <i>Phytophthora infestans</i>	31
Figure25 : Observation microscopique de <i>Phytophthora</i> sous microscope optique (Grossissement X40):- A Mycélium non septé;- B Des sporanges avec sporangiophores	32

Figure26 : 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 contacte directe.....	33
Figure27 : Diamètre de la croissance mycélienne témoin de <i>C.sempervirens</i> dans incubation 28 c après 4 jours.....	34
Figure28 : L'effet de l'extrait aqueux sur <i>Phythophthora infestans</i> (concentration 75% et 50%)).....	34
Figure29 : L'effet de la concentration 25% de l'extrait aqueux sur <i>Phythophthora infestans</i>	35
Figure30 : L'effet de la concentration 12.5% des extraits aqueux sur <i>Phythophthora infestans</i>	35
Figure31 : L'effet de la concentration 75% et 50 % de l'extrait hydro-éthanolique sur <i>P.infestans</i>	36
Figure32 : L'effet de la concentration 25% de l'extrait hydro-éthanolique sur <i>P.infestans</i>	37
Figure33 : L'effet de la concentration 12.5% de l'E.hydro-E de <i>C.sempervirens</i>	37
Figure34 : 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	38
Figure35 : Les taux d'inhibition de l'extrait aqueux et de l'extrait hydro-éthanolique de <i>C.semperirens</i>	39

Liste Des Abréviations

CMI : Concentrations minimales inhibitrice

D : Diamètre de la zone de croissance de chaque jour

Dc : Diamètre de colonies dans les boîtes « témoins positifs »

De : Diamètre de colonies dans les boîtes contenant l'extrait de plante

DSA : Direction d'Agronomie Saharienne

Eq : Extrait aqueux

P. infestans : *Phytophthora. infestans*

PEB : Poids de l'extrait brut éthanolique (g)

PMV : Poids de matière végétale (g)

P α : Poids de l'échantillon « plante fraîche »

P β : Poids de l'échantillon « plante sèche »

R% : Rendement en pourcentage

T : taux d'inhibition

Te : Temps d'incubation

TH% : Taux d'humidité exprimé en pourcentage

TI(%) : Taux d'inhibition exprimé en pourcentage

US : Usage

VC : Vitesse de croissance mycélienne

Introduction

Introduction

Les plantes médicinales sont utilisées depuis l'antiquité comme remèdes pour soulager et guérir les maladies humaines, parce qu'elles contiennent des composants riches en principes thérapeutiques (Abuzeid et al., 2014). Ces plantes sont également utilisées pour leurs propriétés antibactériennes et antifongiques. Cependant, en tant que sources de médicaments, les plantes restent encore sous exploitées surtout dans le domaine de la microbiologie médicale (Mohammedi, 2013).

Le Cyprès (*Cupressus sempervirens* L.), est une espèce d'arbre sempervirent de la famille des Cupressacées. Répartie dans le Bassin Méditerranéen. Les huiles essentielles de cette plante sont utilisées dans le domaine de la médecine humaine car elles contiennent les propriétés des antioxydants.

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 le *Phytophthora infestans* qui est un champignon responsable d'attaque fulgurante sur la culture de la pomme de terre pouvant anéantir la récolte. Connu pour être la cause de la grande famine du 19^{ème} siècle en Irlande, cet organisme nuisible a fait l'objet de nombreuses études et recherches de technique de lutte (Fry, 2008).

Récemment, les chercheurs sont orientés dans leurs études à trouver un alternatif aux fongicides de synthèse qui pourra être utilisé contre les maladies des plantes, car leurs utilisation a prouvé leurs nuisibilités envers l'homme et l'environnement. Les études sont faites généralement sur les produits naturels comme les huiles essentielles et les extraits des plantes (Djeugap et al., 2011).

Sur cette base, notre objectif dans ce travail est porté sur l'étude de l'efficacité inhibitrice des extraits des feuilles du (*Cupressus sempervirens* L.) sur le champignon *Phytophthora infestans*.

Ce travail a été axé sur deux parties : une partie bibliographique qui se compose de deux chapitres : le premier sur la plante médicinale (*Cupressus sempervirens* L.) et ses substances bioactives et le deuxième sur le champignon (*Phytophthora infestans* L.). La deuxième partie est réservée au travail pratique, constituée de deux chapitres, le premier traitera le matériel et les méthodes utilisés et le deuxième sera consacré aux résultats et discussion. Enfin, une conclusion pour terminer.

PREMIERE PARTIE :
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I :
Considération générale sur Cupressus
sempervirens

Chapitre I : Considération générale sur *Cupressus sempervirens*

1. Définition et origine

Le nom *Cupressus* est un nom latin d'un cyprès, du grec, κυπάρισσος / kuparissos. Cette famille aussi nommée Cupressacées ou bien Cupressinées; regroupe des plantes gymnospermes spermatophytes. Elle correspond à la plus grande famille de conifères, qui sont résineux et qui possèdent des feuilles résistantes cette famille, qui inclut le cyprès, est référencée parmi les émetteurs de pollens allergisants (Fayed, 2015).

En addition que le genre *Cupressus*, est l'un de plusieurs genres dans la famille de Cupressaceae Sur la base des analyses génétiques et morphologiques, le *Cupressus* est classé dans la sous famille de Cupressoideae (Tumen et al 2012).

L'espèce *Cupressus sempervirens*, connue sous le nom de cyprès méditerranéen, italien ou commun, est une espèce boisée naturelle ou introduite relativement fréquente répartie dans toute la Méditerranée. Elle est aussi connue sous les noms de cyprès pyramidal, cyprès toujours vert, cyprès femelle, ou cyprès funéraire en sempervirens du latin signifiant toujours vert en référence à son feuillage persistant (Caudullo et de Rigo, 2016).

2. Classification

Le cyprès est classé dans l'ordre suivant (Tableau01) (Al-Snafi, 2016) :

Tableau01 : Classification taxonomique de *Cupressus sempervirens* L. (Al-Snafi, 2016).

Règne	Plantae
Sous règne	Viridiplantae
Embranchement	Tracheophyta
Sous embranchement	Spermatophytinae
Classe	Pinopsidae
Sous classe	Pinidae
Ordre	Pinales
Famille	Cupressaceae
Genre	<i>Cupressus</i>
Espèce	<i>Cupressus sempervirens</i>

3. Caractéristiques botaniques

Les espèces du *Cupressus* sont des arbres conifères à grande longévité, monoïque thermophile, et a enracinement fixe et solide au sol qui assure la stabilité de l'arbre. *Cupressus sempervirens* a deux formes (Caudullo et de Rigo, 2016) distinctes:

- ✓ la forme horizontalis avec une large couronne pyramidale et des branches s'étalant horizontalement (**Figure01-A**).
- ✓ la forme pyramidalis ressemblant a une colonne (**Figure01-B**).



Figure01 : Le *Cupressus sempervirens* L. : A (forme horizontalis) ; B (f orme pyramidalis)
(Caudullo et de Rigo, 2016)

Cupressus sempervirens L. (le Cyprès méditerranéen), est une plante de longue vie et de croissance modérée, pouvant atteindre 40 m de hauteur et une largeur de 3 à 5 m (Cheraief *et al.*, 2006).

3.1. Les feuilles

Les feuilles de cet arbre sont persistantes et d'une forme d'écaille triangulaire (**Figure02**). Elles sont persistantes, opposées et imbriquées sur plusieurs rangs couvrant les rameaux. Les petites feuilles au schéma de flocon poussent dans toutes les directions. la couleur vert foncé. Elles se déposent sur de courtes ramules sombre aux pointes émoussées de 2 à 5 mm de long) (Caudullo et de Rigo, 2016).



Figure02 : rameau de *Cupressus sempervirens* L. portant écailles et cônes

(Caudullo et de Rigo, 2016).

3.2. L'Écorce

L'écorce du *Cupressus sempervirens* de couleur gris-brun fibreuse et striée verticalement, avec des crêtes filandreuses rassemblées par paires opposées-décussées au bout des rameaux écailleux (**Figure03**) (Caudullo et de Rigo, 2016).



Figure03 : Ecorce de *Cupressus sempervirens* L.

(Caudullo et de Rigo, 2016).

3.3. Les fleurs

Les fleurs de *Cupressus* apparaissent au début du printemps. Les mâles sont cylindriques de 3 à 5 mm de long, couleur jaune à brun clair à maturité, disposés sous forme de chatons ovoïdes, terminaux chargés en pollen. Les femelles sont réunis en bouquet à l'extrémité des jeunes pousses en chatons globuleux, de couleur vert et brun (**Figure 04**) (Caudullo et de Rigo, 2016)



Figure 04 : Les fleurs de *Cupressus sempervirens* L.

(Caudullo et de Rigo, 2016)

3.4. Les fruits

Le cyprès, se caractérise par des cônes ovoïdes ; ils virent du vert au brun lorsqu'ils atteignent leur maturité. Ils ont une forme strobiles, globulaires dans les extrémités (Caudullo et de Rigo, 2016) (Figure05)

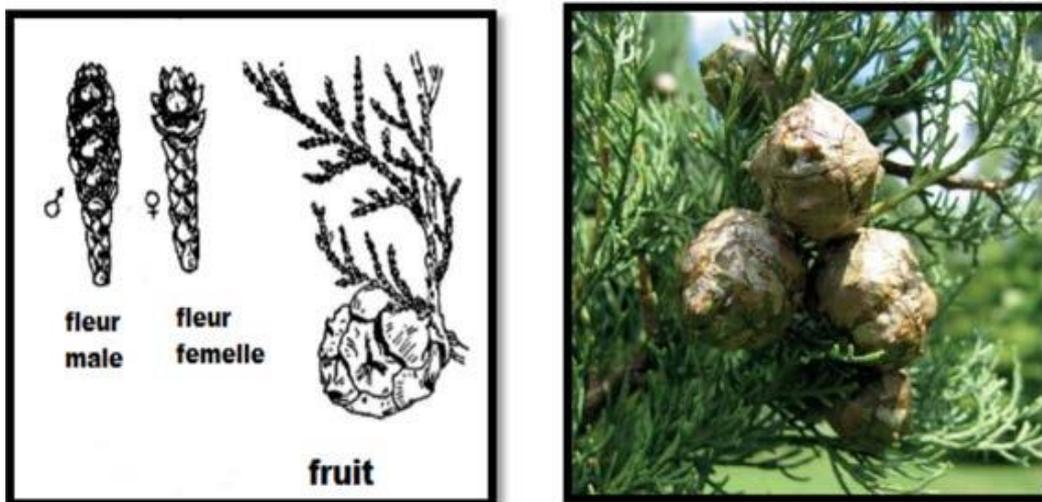


Figure05 : Cônes de *Cupressus sempervirens* L.

(Caudullo et de Rigo, 2016).

4. Ecologie de l'habitat

Dans les habitats naturels, ce cyprès est présent dans les climats méditerranéens avec des étés secs et chauds et des hivers pluvieux, ou dans des climats semi-arides dans les zones orientales. On peut dire originaire de l'Asie Mineure et de la Méditerranée, occupe désormais l'Est de son bassin. C'est une espèce exigeante en lumière, résistante à la sécheresse et à la chaleur, il préfère les climats chauds avec des étés secs et souffre du froid prolongé dans sa période de croissance végétative, mais sa reproduction spontanée et la capacité d'adaptation à tous les types de terrain l'a amené à végéter un peu partout et sur les sols arides, de manière à être aussi utilisé comme un arbre de reboisement, ainsi que des brise-vent et de toute évidence son utilisation importante comme plante ornementale de jardin et paysage (**Ben Nouri et al., 2015**).

5. Aire de répartition

On ne connaît pas exactement l'aire naturelle de Cyprès qui a été depuis très longtemps, planté sur tous le pourtour du bassin méditerranéen. Il est vraisemblablement spontané dans les montagnes du nord de l'Iran et sans doute aussi en Asie mineure. Pour certains auteurs, il serait originaire de l'île de Chypre et de là, il serait propagé en Grèce et en Turquie.

En France, le Cyprès a été planté et se trouve dans toutes les régions côtières allant des Alpes aux Pyrénées.

En Espagne, le *Cupressus sempervirens*, a été introduit seulement récemment et les espèces les plus vieilles ont environ 150 ans.

Au Portugal, le *Cupressus sempervirens* n'est pas très diffusé.

Il serait très anciennement naturalisé partout ailleurs. Quoiqu'il en soit, en Afrique du Nord et tout particulièrement en Algérie, il se comporte actuellement comme une essence autochtone, très bien adaptée à nos climats secs. Il en existe deux formes, souvent présentes dans le même lot de plants : la forme *fastigiata* à cime étroitement conique et la forme *horizontalis* à branches étalées (**Letreuch-belarouci, 1991 in Nichane, 2015**).

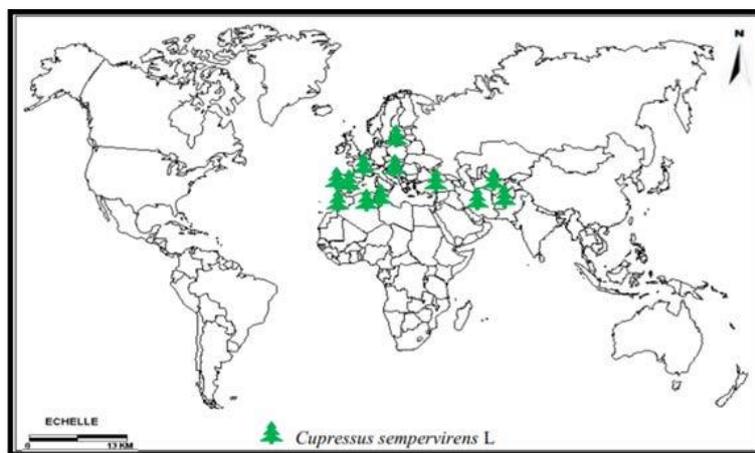


Figure06 : Aire de répartition de *Cupressus sempervirens* L. dans le monde

(In Nichane)

6. Utilisation de cyprès

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)

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'arbres forestiers

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. Importance économique

Le Cyprès vert, depuis son existence forme une source vitale des populations et assure une activité économique très importante, du fait de ses qualités remarquables : sa longévité, sa résistance à la compression et sa bonne production de bois.

Le bois de Cyprès possède une bonne valeur technologique pour différentes raisons :

- Durabilité naturelle élevée contre les agents biotiques.
- Variations de dimensions limitées qui le rendent très stable.
- Bonne dureté et résistance qui le rendent adapté pour différentes utilisations
- Fine texture qui permet un niveau élevé de finition.
- Facilité de collage.

Le bois, à la forte odeur et qui agit comme insectifuge pour différents insectes nuisibles, et utilisé surtout pour des décorations externes comme les portes, les persiennes, les surfaces de piétinement, ainsi que pour les pièces d'ameublements internes comme les armoires, les coffres et les planchers sans oublier les constructions navales (**Larbi et Belgherbi, 2007 in Nichane 2015**)

8. Toxicité

Pas de toxicité signalée à ce jour. Mais il y'a des effets indésirables, Le cyprès peut être à l'origine d'allergies qui se manifestent par des rhinites saisonnières, associées la plupart du temps au classique rhume des foins printanier (**Caudullo et de Rigo, 2016**).

9. 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 caféique, acide coumarique, acide férulique) lignanes, catchol (**koreim, 2009**).

Les cônes renfermes plusieurs principe actif des huiles essentielles (0.3-0.8c/o) qui sont riches en compose terpéniques (monoterpènes, sesquiterpènes, et diterpènes) (**Djaffar et Zenati, 2020**).

Chapitre I : Considération générale sur *Cupressus sempervirens*

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 cônes 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.*,2012).

Les structures chimiques des principaux polyphénols extraits dans d'autres études à partir de la plante sont représentées dans la **figure (07)** (Khan *et al.*, 2017).

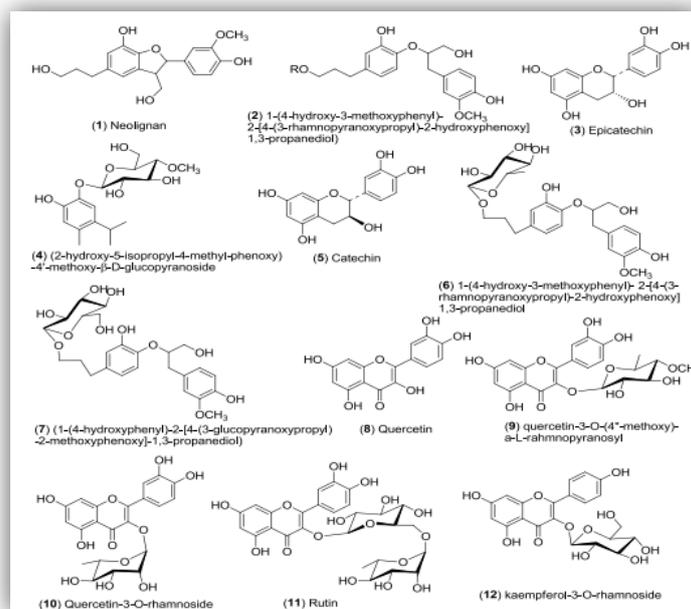


Figure07: Structure chimique de quelques polyphénols, flavones, flavonoïdes et glycosides de flavones biflavones (Khan *et al.*, 2017).

CHAPITRE II :
Etude de l'agent pathogène
Phytophthora infestans

❖ La Plante hôte *Solanum tuberosum*

1. Généralités et Classification

La pomme de terre est originaire des Andes, en Amérique du Sud, ensuite les explorateurs l'ont ramenés des Andes en Europe via l'Espagne en 1565, où elle est restée longtemps confinée dans les jardins botaniques. Après quelques mauvaises récoltes successives des céréales traditionnelles, la pomme de terre a été cultivée à des fins alimentaires et a commencé à conquérir le monde au départ de l'Europe, est cultivée dans plus de 150 pays sous pratiquement toutes les latitudes habitées (**Kerroum , 2019**).

Tableau 02 : Classification de *Solanum tuberosum* L. présentée par (**Reddy et al., 2018**)

Règne	<i>Plantae</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Sous classe	<i>Asteridae</i>
Ordre	<i>Solanales</i>
Famille	<i>Solanaceae</i>
Genre	<i>Solanum</i>
Espèce	<i>S.tuberosum</i>

2. Historique et répartition

2.1. Dans le monde

La pomme de terre semble avoir pris naissance et avoir vécu à l'état spontané dans les rivages Ouest de l'Amérique latine. Sa consommation par la population indienne remonte à des temps immémoriaux et a été introduite en Europe, vers la deuxième moitié de XVI^{ème} siècle par les navigateurs ou les pirates. C'est l'entrée de la pomme de terre dans l'alimentation humaine qui a évité la famine, périodiquement. (**Eastwood et Wahs, 2000 in Chelalga et Benhamed ,2019**)

2.2. En Algérie

En Algérie, la plante de pomme de terre a été introduite une première fois au XVI^{ème} siècle par les Maures andalous qui ont propagé plusieurs cultures dans la région : tomate, poivron,

maïs ...etc. et après dans la deuxième moitié du XIX^{ème} siècle, les colons vont la cultiver pour leur propre usage, car les algériens y sont réticents malgré les pénuries alimentaires successives. C'est la dernière grande famine des années 1930 et 1940 qui ont vaincu cette opposition.

Au niveau d'Oued Souf, les premiers essais de la culture ont été lancés à partir de 1995 par l'assistance technique de la DSA (Direction d'Agronomie Saharienne) en étroite collaboration avec des instituts spécialisés (**Inra, 2004 in CHelalga et Benhamed, 2019**).

3. Valeur nutritionnel et importance économique de la pomme de terre

La pomme de terre est une plante cultivée par ses organes de réserve qui sont les tubercules ; ils sont riches en substances nutritives, majoritairement glucidiques d'amidon, ils sont pauvres en calcium et riches en potassium, vitamine PP et en vitamine C. Sur le plan alimentaire, la pomme de terre est une source d'énergie (**Meitah, 2019**).

La pomme de terre joue un rôle économique surtout dans les pays d'Afrique central et orientale à dominance des terres d'altitude (**Nyabyenda, 2005**). Elle occupe aujourd'hui, après le riz et le blé le troisième rang de la production mondiale (**Raktonindrana, 2012**).

4. Description Botanique de la pomme de terre

la plante de pomme de terre est une espèce herbacée vivace par les tubercules mais cultivée en culture annuelle selon (**Rousselle et al., 1996**). Les différentes espèces et variétés de pomme de terre ont des caractéristiques botaniques différentes. C'est pour cela qu'il est nécessaire de connaître les différentes parties de la plante (**Bamouh, 1999 in Meitah, 2019**).

Elle est constituée de deux parties distinctes (**Figure09**) (**Boufares, 2012 in Saighi et Ben Hamdi 2020**)

- Une partie aérienne (tiges, feuilles, fleurs).
- Une partie souterraine (racines, stolons, tubercules)

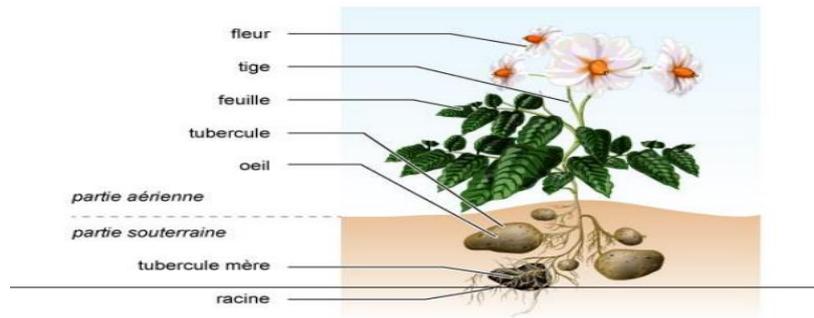


Figure08 : Caractéristiques morphologiques de la pomme de terre
(Boufares 2012).

4.1. L'Appareil aérien

Le système aérien de cette plante est annuel. Chaque plante de pomme de terre est composée d'une ou plusieurs tiges herbacées de porte plus ou moins dressées et portant des feuilles composées, les fleurs sont autogames : ne contiennent pas de nectar, elles sont donc peu visitées par les insectes et la fécondation croisée est presque inexistante dans la nature (Rousselle *et al.*, 1992 in Meitah 2019).

4.2. L'Appareil souterrain

Le système souterrain représente la partie la plus intéressante de la plante puisqu'on y trouve les tubercules qui confèrent à la pomme de terre sa valeur alimentaire. L'appareil souterrain comprend le tubercule mère desséché et des tige souterraines ou stolons. Le tubercule de pomme de terre n'est pas une portion de racine, c'est une tige souterraine. Comme toutes les tiges, il est constitué d'entre nœuds, courts dans le cas présent, et porte des bourgeons. En se développant, les bourgeons donnent les germes et les futures tiges aériennes. (Boufares, 2012 in Meitah , 2019).

5. Exigences écologiques de la pomme de terre

La température influence beaucoup le type de croissance. Les hautes températures stimulent la croissance des tiges ; par contre, les basses températures favorisent davantage la croissance du tubercule. La croissance végétative de la pomme de terre est favorisée par la longueur élevée du jour (14 à 18h). Une photopériode inférieure à 12 h favorise la tubérisation. La plupart des sols conviennent à la culture de la pomme de terre à condition qu'ils soient bien drainés et pas trop pierreux. Les sols préférés sont ceux qui sont profonds, fertiles et meubles. En général, la pomme de terre se développe mieux dans des sols à texture

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

plus ou moins grossière (texture sablonneuse ou sablo-limoneuse) que dans des sols à texture fine et battante (texture argileuse ou argilo-limoneuse) qui empêchent tout grossissement de tubercule. Dans les sols légèrement acides (pH = 5,5 à 6), la pomme de terre peut donner de bons rendements. Une alcalinité excessive du sol peut causer le développement de la galle commune sur tubercule (Meitah, 2019).

6. Principales maladies et ravageurs de la pomme de terre

Importantes maladies et ravageurs sont résumés dans le **tableau (03)** suivant :

Tableau03 : Les principales maladies et ravageurs de la pomme de terre (Jean, 2000 in Meitah, 2019).

Maladies ou ravageurs	Symptômes	Sources d'inoculum	Mesures préventives
La Gale commune	Tubercules ; lésions rond ; irréguliers de couleur marron clair à brune les lésions sont apparentes au moment de la récolte et ne se développent pas pendant l'entreposage	Tubercules infectés et sols contaminés	Eviter l'utilisation de fumier frais, non décomposé comme fertilisant ; éviter d'augmenter rapidement le pH du sol (elle se développe plus rarement dans un sol acide)
Alternarios	Feuilles : taches circulaires ou angulaire, brunes avec des anneaux concentriques Tubercules : taches brun foncé à noires, circulaires à elliptiques et déprimés	Résidu de culture, sols contaminés et tubercules infectés	Eviter de récolter par temps humide
Mildiou	Feuilles : taches ou brûlures circulaires, Foncé, et blanchâtre Tubercules : zones de pelure brun rougeâtre, tissus interne avec des filaments brun diffus	Tubercules de semence infectés,	Choix des cultivars résistants ou moins sensible au mildiou
Rhizoctonie	Manque ou retard à la levée, réduction du nombre de tiges par plant	Sclérotés présents sur les tubercules de semence, dans le sol ou dans résidus de culture	Utilisation des semences saines sans sclérotés

Virus Y	Mosaïque tachetée ou nécrotique sur les feuilles		Utilisation des semences saines
Virus X	Mosaïque rugueuse sur les feuilles		Eliminer les foyers d'infection primaire
Cicadelle	Jaunissement, le brunissement et possiblement la mort du feuillage peuvent provoquer l'enroulement des feuillages		Eliminer les mauvaises herbes en bordure des champs ; favoriser toutes pratiques culturales (fertilisation, irrigation...) qui fourniront de bonnes conditions de croissance aux plants.
Nématodes à galles	Les racines infectées apparaissent des nœuds ou des galles ; les tubercules présentent des galles et perdent leur forme		Utiliser les variétés résistantes, la désinfection du sol avec des nématicides travaux du sol adéquats.

6.1 Mildiou

6.1.1. Historique

Le mildiou, causé par *Phytophthora infestans* a été observé pour la première fois en Europe en 1832 près de Hanovre, mais c'est au mois de juin 1845 dans les Flandres belges que la maladie prend réellement un caractère épidémique. La maladie progresse alors de 100 à 200 km par mois si bien qu'elle atteint, à la mi-octobre, le sud de la France, l'Ecosse, l'Irlande, la Scandinavie et la Prusse. Entre 1846 et 1851, les dégâts de ce bio agresseur sur les cultures irlandaises et la famine qui s'en suivit ont provoqué la mort d'un million d'Irlandais et l'exode d'un autre million vers le continent américain (Andrison, 1996 in Bouakaz, 2016).

6.1.2. Nuisibilité et pertes importantes

Le mildiou peut entraîner des pertes de rendement considérables pouvant aller jusqu'à 70 ou 80% de la récolte, voire dans certains cas la totalité de la récolte. Les dommages causés par le mildiou sont généralement associés à la sporulation du champignon

6.2. *Phytophthora infestans*

6.2.1. Origine et Historique

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

Le nom *Phytophthora* se compose de deux racines grecques soit phyto, une plante et phthora, destruction. Les phytophthoras 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*).

Sur 50 espèces de phytophthora étudiées, 32 ont des spectres d'hôtes larges et 18 n'ont qu'un seul hôte. Par exemple *P. infestans* n'infecte que deux espèces de Solanum (la tomate et la pomme de terre) (Saighi et Ben Hamdi 2020)

6.2.2. Informations taxonomiques

Selon Kirk *et al* (2008) in Beninal (2011) la classification du champignon est comme suit :

Tableau04 : Classification de *Phytophthora infestans* (mont.) de Bary

Règne	<i>Straminopila</i>
Embranchement	<i>Oomycota</i>
Classe	<i>Peronosporae</i>
Ordre	<i>Peronosporales</i>
Famille	<i>Peronosporaceae</i>
Genre	<i>Phytophthora de Bary</i>
Espèce	<i>P. infestans</i>

6.2.3. Mode de reproduction

A. Phase asexuée

Après être installé dans l'hôte, le mycélium de *P. infestans* émet des sporangiophores sur la face inférieure des folioles par les stomates, parfois directement au travers de l'épiderme. Ces sporangiophores produisent de nombreux sporanges citriformes. Cette étape nécessite la présence d'une forte humidité (égale ou supérieure à 90%) et des températures comprises entre 3 et 26°C. La durée de vie des sporanges en dehors du tissu hôte est relativement courte (quelques heures à quelques jours) sur des tissus hôtes sensibles, ils peuvent germer et forment environ 10 à 12 zoospores biflagellées qui se déplacent en nageant dans l'eau libre avant de s'enkyster, puis de former un tube germinatif. Le tube germinatif pénètre directement dans la plante hôte par les stomates ou forme d'abord un appressorium, qui facilite la pénétration de l'hyphe dans les tissus. A l'intérieur de la plante, le mycélium se développe dans les espaces intercellulaires et dans les cellules. Il forme des haustories qui pénètrent dans les cellules. Ces filaments mycéliens forment des sporangiophores qui donnent de nouveaux sporanges, à l'extérieur des tissus (Saighi et Ben Hamdi, 2020)

En fin de culture ou en cas de pluies, les sporanges peuvent tomber sur le sol et sont entraînés par ruissellement d'eau jusqu'aux tubercules. Le parasite pénètre dans les tubercules par les lentilles ou par des blessures, forme un mycélium et constitue une forme de conservation de l'agent pathogène pendant l'hiver et redémarre l'année suivante (Saighi et Ben Hamdi, 2020) (Figure 09).

B. Phase sexuée

Les mycéliums 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 (Drenth *et al.*, 1995 in Saighi et Ben Hamdi 2020)

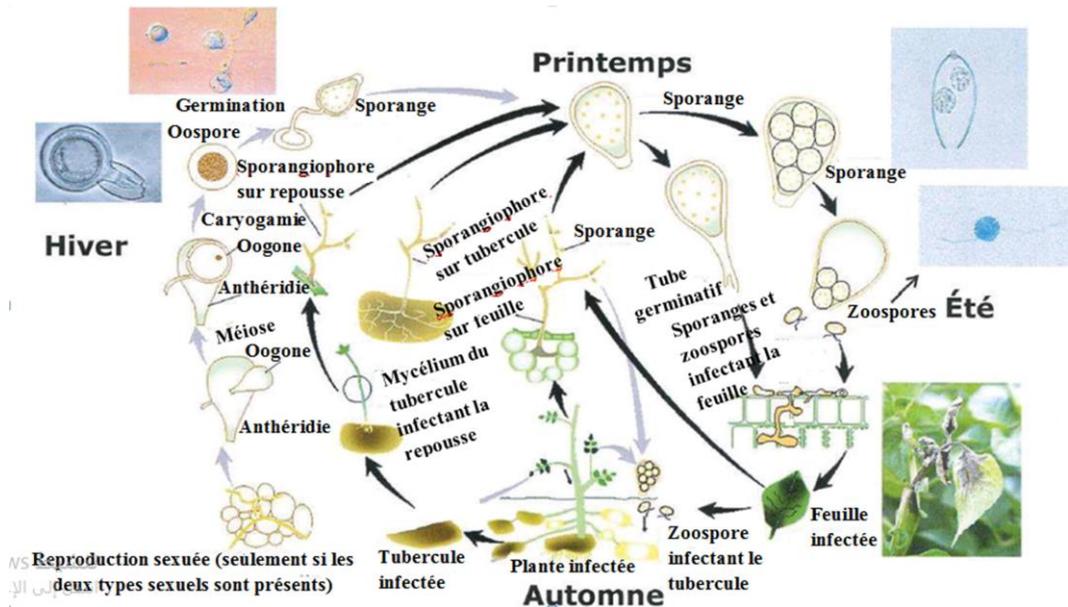


Figure 09 : Cycle de développement et reproduction de *phytophthora Infestans* en fonction des saisons
(in Saighi et Ben Hamdi 2020)

6.2.4. Caractères morphologiques de *Phytophthora infestans* et processus de l'invasion

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 sporangioporteurs, les sporanges, les oospores...etc (kerroum, 2019).

Dans cette maladie par *Phytophthora infestans* ; *P.infestans* possède un mycélium coenocytique hyalin; la dissémination s'effectue quand le pathogène pénètre dans les tissus de son hôte, Les tissus foliaires sont par la suite rapidement envahis par le mycélium non cloisonné.

Il émet des sporangioporteurs. Ces organes produisent de nombreux sporanges citriformes 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.

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

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 :

- Les sporanges : Présentent des papilles caractéristiques. Les sporanges sont terminaux, rarement intercalaires. Ils sont caduces et portent un court pédicelle (3µm); ils ont une forme ovoïde, ellipsoïdale à limoniforme (**kerroum, 2019**)
- Les sporangiophores : sont isolés ou organisés en sporanges arrangés en bouquet. Avec une dimension de : 8 µm (**Figure 10**)

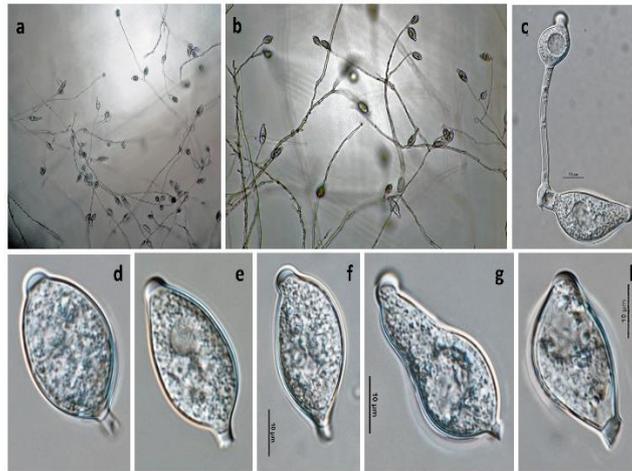


Figure 10 : Des sporangiophores produisant des sporanges

(IDTools.org 2022).

6.2.5. Description des Symptômes causé par le *Phytophthora infestans*

Les symptômes peuvent être observés sur l'ensemble des organes de la pomme de terre : jeunes pousses (foyers primaires), feuilles et pétioles, bouquets terminaux et tiges et enfin les tubercules.

1- Les jeunes pousses attaquées sont grêles et couvertes d'un duvet blanchâtre, elles sont en général détruites très rapidement et donc rarement détectées huileux ; ces taches brunissent rapidement, et s'entourent d'un liseré jaune à la face supérieure des limbes. Sur la face inférieure, le pourtour de la zone nécrosée laisse apparaitre, en condition de forte humidité, les fructifications du parasite.

2- Le même type de symptôme, nécrose affecte les pétioles, les attaques sur bouquets terminaux se manifestent par un brunissement et un léger recroquevillement des feuilles

apicales ; la zone nécrosée s'étend alors le long des tiges, provoquant un dessèchement progressif des folioles (**Figure11**).



Figure11 : description des symptômes sur les bouquets terminaux de la pomme de terre infectée (Al-Mughrabi., 2004).

3- Sur tiges le symptôme typique est une nécrose brune violacée, s'étend sur 2 à 10 cm à partir d'un nœud. Par temps humide, cette nécrose couverte d'une pulvérulence reste souvent rigide, contrairement aux symptômes observés lors de pourritures bactériennes, mais casse très facilement (**Figure12**).



Figure12 : description des symptômes sur la tige de la pomme de terre infectée (Al-Mughrabi., 2004).

4- Sur tubercules, les attaques surviennent en cas de précipitation abondante de la phase de grossissement. A la récolte ou quelque semaine après, le mildiou se révèle par des plages superficielles irrégulières, gris bleuâtres, violacées ou brunes. En section, on remarque des zones marbrées rouilles ou brunâtres, s'étendant de manière diffusent de l'épidémie vers

l'intérieur du tubercule. Il s'ensuit une pourriture sèche n'évoluant pas en cours de conservation (**Figure13**).



Figure13 : les symptômes sur le tubercule de la pomme de terre infectée
(Al-Mughrabi., 2004).

5- Les feuilles se caractérisent par le développement de taches d'abord humides, voire de plages, sur les folioles. Ces attaques confèrent localement aux tissus touchés une teinte vert pâle à vert brun. Les zones infectées en viennent à former des lésions nécrotiques brunes ou noir violet entourées d'un cerne vert pâle à jaunâtre. (Agrios, 2005 in Saighi Ben Hamdi 2020) (**Figure14**).



Figure14 : les symptômes sur les feuilles de la pomme de terre. **a**-sur la face inférieure. **b**-sur la face supérieure. (Al-Mughrabi., 2004).

6.2.6. Les méthodes de lutte

Quelques méthodes importantes

6.2.6.1. La lutte chimique

Les premiers essais pour cette lutte, 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. Après, ces sels sont aujourd'hui largement remplacés par des fongicides de synthèse. Il y'a trois groupes de matières actives, définis par leur niveau de translocation dans la plante, et sont aujourd'hui disponibles.

- Groupe 01 : est compté parmi les produits de contact, inhibant la germination des spores en bloquant divers enzymes du champignon. Ces produits ne sont pas mobilisés par la plante et ne protègent donc que les organes traités .La protection assurée est de l'ordre de 7 à 8 jours.
- Groupe02 : sont des matières actives pénétrantes est réduites au cymoxanil. Ce composé pénètre dans les organes traités, ne pas par la sève, de par son pouvoir pénétrant, le cymoxanil est susceptible de détruire le mycélium du champignon jusqu' a 2 jours après.
- Groupe03 : sont les matières actives systémiques qui comporte des phénylamides, des carbamates et des dérivés de l'acide cinnamique. Ces composés sont redistribués dans l'ensemble de la plante traitée, ce qui leur confère une action curative et la possibilité de protéger des organes non encore développés au moment du traitement (**Bennani, 2011**).

6.2.6.2. 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 saines et la destruction des repousses (sources d'inoculum primaires, mais favorisant également l'expansion de la maladie) .La destruction des fanes avant la récolte par des traitements thermiques, mécaniques ou chimiques permet de diminuer les0 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

6.2.6.3. La lutte biologique

La lutte biologique a pour principe d'utiliser des agents biologiques capables d'entrer en compétition, antibiose et parasitisme avec les agents pathogènes et les ravageurs sans avoir d'activité néfaste pour la plante. Ces agents naturels sont réunis sous le concept de biopesticides. Leur disparition pourrait, en effet engendrer un déséquilibre qui favoriserait l'apparition ou la réapparition de certains pathogènes.

Plusieurs microorganismes du sol ont été utilisés pour lutter contre les maladies des plantes. Ces microorganismes utilisent différents mécanismes pour lutter contre les agents phytopathogènes du sol, à savoir: l'antibiose, la compétition, le parasitisme et l'induction des mécanismes de la résistance de la plante (Saighi et ben Hamdi, 2020).

Plusieurs antagonistes peuvent être utilisés dans la lutte biologique. Nous citerons l'exemple des bactéries comme le genre *Pseudomonas*, et l'exemple des champignons du genre *Trichoderma*. Ces derniers étant les plus préconisés dans la lutte contre le *Phytophthora* (Davet, 1996 in Saighi et ben Hamdi, 2020).

Les extraits de plantes offrent une solution de contrôle efficace et éco favorable contre les maladies des cultures. C'est dans cette optique que le potentiel antifongique. Des extraits de sept plantes camerounaises a été évalué contre *P. infestans*. Les huiles essentielles (HE), les macérâts (MCR), les décoctés (DCT) et les extraits éthanoliques (EET) ont été obtenus à partir de *Ageratum conyzoides*, *Bidens pilosa*, *Callistemon citrinus*, *Cymbopogon citratus*, *Erigeron floribundus*, *Ocimum gratissimum* et *Tephrosia vogelii*. Le criblage phytochimique des extraits aux solvants a montré que leur composition en métabolites secondaires varie en fonction de l'espèce botanique ainsi que de la méthode et du solvant d'extractions. Les extraits à effet fongicide important ont été ceux riches en phénols, stérols, flavonoïdes, tannins condensés, coumarines et alcaloïdes. Ces métabolites agiraient de façon synergique. Ces résultats

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

ont montré que six des vingt-quatre extraits testés possèdent un potentiel bio fongicide

qui peut être exploité dans la lutte contre le mildiou des Solanacées (**Djeugap et al., 2011 in Saighi et ben Hamdi, 2020**).

DEUXIEME PARTIE :
ETUDE EXPERIMENTALE

Chapitre III :

Matériel et méthodes

Chapitre III : Matériel et méthodes

C.sempervirens contient plusieurs constituants biologiques qui ont des propriétés pharmacologiques spécifiques car elle est considérée comme une plante médicinale.

L'organe végétal choisi pour la réalisation des expérimentations de cette étude est la feuille c'est à son niveau que se trouve la majorité des principales substances actives.

L'étude a été réalisée pendant une durée de vingt et un jours, au mois de mai 2022. La partie expérimentale a été réalisée au niveau du laboratoire de microbiologie de la faculté des sciences de la nature et de la vie à l'Université Mohammed Seddik ben Yahia - Jijel.

1. Matériel végétal

1.1. Echantillonnage

Le matériel biologique faisant l'objet de cette expérimentation, correspond aux feuilles de la plante médicinale *C. sempervirens* L. (**Figure 15**)



Figure 15 : L'arbre *Cupressus sempervirens* L.
(Photo prise le 15/05/2022).

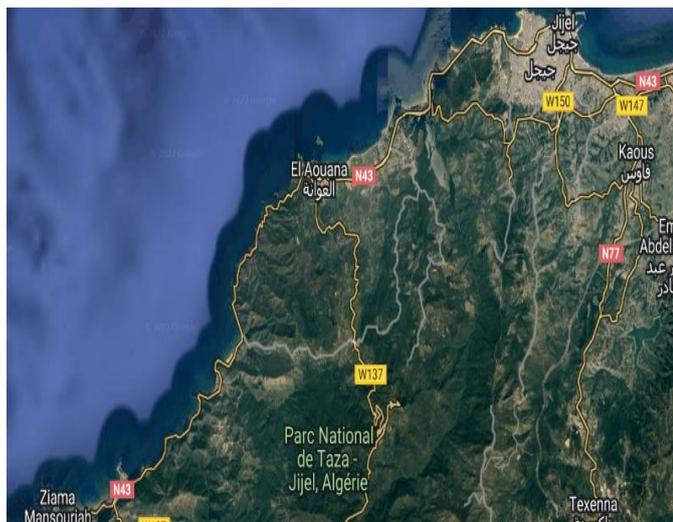


Figure 16 : Image satellitaire de la région de l'Aouana-Jijel (Google Map, 2022).

Les feuilles adultes de cyprès utilisées dans cette étude ont été collectées dans la région de Jijel (pépinière de Kissir), durant le mois de mai 2022, et puis ont été transportées dans des sachets en plastique pour les ramener au laboratoire pour réaliser l'expérimentation.

1.2. Préparation

1.2.1. Séchage

Les feuilles de l'échantillon ont été séchées à l'abri du soleil et à température maximale 27°C pendant une semaine (**Figure17 A et B**).



Figure17 : Les feuilles de *C. sempervirens* avant (A) et après (B) le séchage

1.2.1.1. Détermination du taux d'humidité

Une quantité de feuilles fraîches de cyprès a été séchée jusqu'à un poids constant. Pour déterminer le taux d'humidité on a appliqué une méthode gravimétrique qui consiste à la détermination de la perte de poids par dessiccation. Le poids des feuilles séchées a été mesuré à l'aide d'une balance analytique. Le taux d'humidité est calculé selon la formule suivante (Makhloufi, 2010) :

$$\text{TH \%} = (P_{\alpha} - P_{\beta}) / P_{\alpha} \times 100$$

- **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 feuilles de cyprès séchées ont été broyées à l'aide d'un broyeur électrique jusqu'à l'obtention d'une poudre fine, et ensuite tamisées par un tamis à mailles 250 μm de diamètre. La poudre végétale ainsi récupérée, est placée dans des flacons en verre (La poudre va être soumise à différentes extractions) (**figure18**).

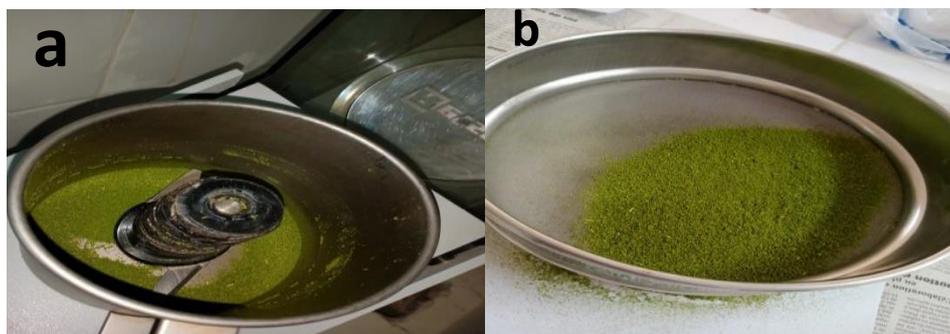


Figure 18 : Poudre des feuilles de cyprès **a**- dans le broyeur, **b**-dans le tamis.

1.3. Préparation des extraits

1.3.1. Préparation de l'extrait aqueux de la plante

Le protocole adopté pour ce type d'extrait, consiste en une macération de 10 g de la poudre végétale dans 100 ml de l'eau distillée pendant 24 h sous agitation. Le mélange a été centrifugé à 3600t/s pendant 30 minutes, Le surnageant a été récupéré puis filtré à l'aide d'un papier filtre Wattman N°1. Cette opération a été répétée 3fois, le filtrat a été conservé à 4°C à l'abri de la lumière jusqu'au moment de son utilisation (**Kasmi et al .,2017**).

1.3.2. Préparation de l'extrait hydro-éthanolique

Cet extrait a été préparé par macération de 10g de poudre végétale mélangé dans 100 ml d'eau distillée-éthanol (40/60) pendant 24 h sous agitation. L'extrait obtenu a été filtré à l'aide d'un papier filtre Wattman N°1, le filtrat obtenu a été centrifugé et puis évaporé à 60°C en utilisant un évaporateur rotatif afin d'obtenir un extrait brut sec. (**Ampa et al., 2014**). Le protocole d'extraction hydro-éthanolique est résumé dans la figure (**Figure19**) ci-dessous :

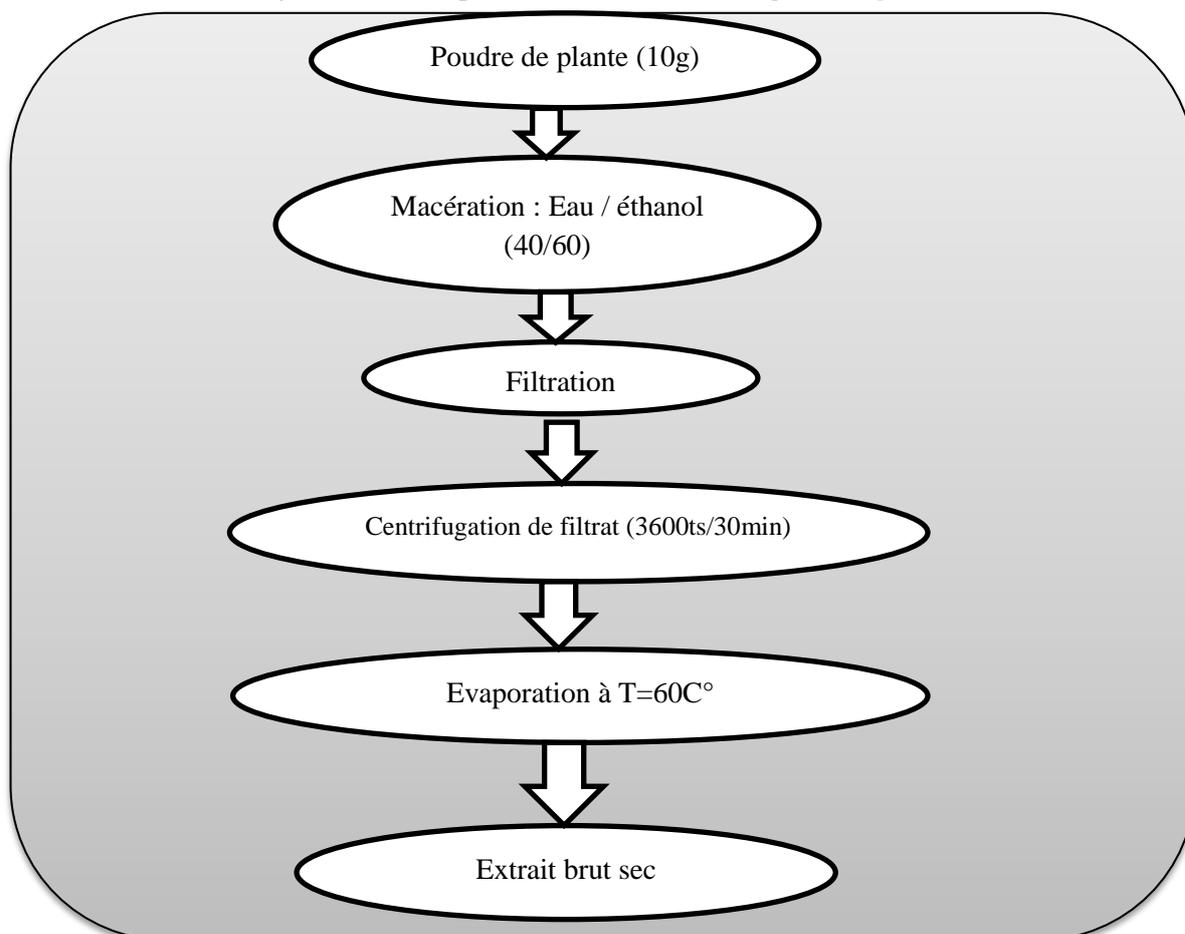


Figure19 : Protocole d'extraction d'un extrait brut sec

1.3.2.1. Calcul du rendement d'extraction

La détermination du rendement (**R**) de l'extrait brut est calculée via la relation (**Makhloufi, 2010**) :

$$\mathbf{R \% = (PEB / PMV) \times 100}$$

- **R%**: Rendement en pourcentage.
- **PEB** : Poids de l'extrait brut éthanolique (g)
- **PMV** : Poids de matière végétale (g)

2. Matériel fongique

2.1. Prélèvement des échantillons

La collecte des échantillons de la pomme de terre a été faite dans une serre, appartenant à une ferme située à Jimar (à l'Est de Jijel commune de Chekfa). L'échantillonnage a été réalisé selon la procédure classique de choix aléatoire des feuilles, des tiges, des fruits attaqués présentant des symptômes typiques de mildiou de la pomme de terre, causé par le champignon *Phytophthora infestans* (**Figure20 -21-22**)



Figure20 : Site de prélèvement des échantillons
(Google Map, 2022).



Figure21 : Une serre de pomme de terre dans la ferme à Jimar
(Photo prise le 15/05/2022).



Figure22 : Plantes infectées par *phytophthora infestans* (tiges et feuilles)
(Photo prise le 15/05/2022).

2.2. Isolement et purification

L'isolement et la purification des isolats fongiques de la pomme de terre ont été réalisés selon les étapes suivantes :

- couper Les tissus végétaux infectés en petites fragments
- les mettre pendant 3 min dans 50 ml de l'eau de Javel à 2% pour éliminer la flore saprophyte

superficielle.

- rincer trois fois à l'eau distillée stérile.
- sécher sur papier filtre.
- les déposer sur la surface du milieu Sabouraud versé dans des boîtes de Petri.
- incubé pendant une semaine les boîtes de pétri à 25°C.

Après la croissance du champignon, de nouveaux milieux de culture ont été préparés pour servir au repiquage pour purifier la souche fongique (Alaoui *et al.*, 2022).

2.3. Identification

L'identification de *Phytophthora infestans* a été effectuée au niveau macroscopique (aspect des colonies.) et microscopique selon (Drenth et Sendall, 2001).

2.3.1. Identification macroscopique

La reconnaissance du champignon macroscopique a été faite selon les caractères suivants :

- Aspect de la colonie.
- Aspect de la marge.
- Vitesse de croissance.
- Couleur de colonie.

2.3.2. Identification microscopique

Sous microscope à grand grossissement (objectif x40) l'aspect des hyphes pourra être noté : ramifié, non cloisonné ..., voir aussi 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 ; Hajji, 2016).

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

Nous avons préparé 4 concentrations différentes d'extraits aqueux (Eq) et les mêmes pour l'extrait hydro-éthanolique : on a pris des volumes différents de l'extrait aqueux stérile de la plante, Ensuite on a préparé des dilutions à partir de chaque solution.

Préparation des dilutions

- Concentration 1 (12,5%) = 1,25 ml Eq + 8,75 ml eau distillée stérile
- Concentration 2 (25 %) = 2,5ml Eq + 7,5 ml eau distillée stérile
- Concentration 3 (50%) = 5 ml Eq + 5 ml eau distillée stérile
- Concentration 4 (75%) = 7,5 ml Eq + 2,5ml eau distillée stérile

Pour la méthode du contact direct, 0.5 ml de l'extrait de cyprès a été incorporée avec le milieu de culture Sabouraud, puis le mélange a été secoué avec prudence pendant quelques secondes pour homogénéiser la solution.

Après le refroidissement du milieu de culture, un disque mycélien de 0,4 cm a été ensemencé dans le centre de la boîte de Pétri. Les boîtes sont incubées à température 25°C pendant 4 jours. La lecture des résultats s'est effectuée par la mesure des zones d'inhibition.

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 qui ont démarré le même jour et dans les mêmes conditions (Alilou, 2012 ; Hajji, 2016).

Le Taux d'inhibition (TI) est calculé selon la formule suivante :

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

- **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 concentration minimale inhibitrice (CMI), c'est la concentration la plus faible qui inhibe le champignon (Moroh et al., 2008).

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

Selon Cahagnier et Richard-Molard, la vitesse de la croissance mycélienne de chaque concentration est déterminée par la formule (Bendali et al., 2019).

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

VC: Vitesse de croissance mycélienne (mm/h)

D: Diamètre de la zone de croissance de chaque jour (mm)

Te: Temps d'incubation(h)

Chapitre IV :
Résultats et Discussion

Chapitre IV. Résultats et Discussion

1. Taux d'humidité

Le résultat obtenu à partir de test d'humidité montre que les parties aériennes (feuilles) de l'espèce *C. sempervirens* possède un taux moyen d'humidité égale à 66.67% ; représenté dans (Tableau05)

Tableau 05. Taux d'humidité des feuilles de cyprès

Poids frais (g)	Poids sèche (g)	Taux d'humidité (%)
120g	80g	66,67%

2. Rendements d'extraction

les feuilles de *C.sempervirens* ont donné un rendement d'extraction de 15% (Tableau06).

Tableau 06. Rendement en extrait sec

Poids de matière végétale	Poids de résidu sec (g)	Rendement (%)
10g	1,50g	15%

3. Caractéristiques sensorielles des extraits

Les caractéristiques sensorielles des deux extraits obtenus à partir de la plante *C. sempervirens* sont résumées dans le (Tableau 07).

Tableau07 : Caractéristiques sensorielles des extraits aqueux et l'extrait hydro-éthanolique.

Type d'extrait	Texture (Aspect)	Couleur	Odeur
Extrait aqueux	Liquide	Jaune dorée	Chlorophylle
Extrait hydro-éthanolique	Liquide colloïde	Marron foncé	Chlorophylle



Figure23 : Les couleurs des extraits bruts secs (à droite) et l'extrait aqueux (à gauche) de *C. sempervirens*.

4. Identification de *Phytophthora infestans*

4.1. Etude macroscopique

L'isolement à partir des morceaux infectés de la pomme de terre dans un milieu nutritif et favorable et aussi des conditions d'incubation adéquates (25 °C) pendant 7 jours, a permis l'apparition des colonies homogènes de couleur blanchâtre cotonneuse claires qui poussent de façon radiale, compacte . Présentent de courts hyphes aériens (**Figure24**).



Figure24 : Observation macroscopique du champignon *Phytophthora infestans*

4.2. Etude microscopique

Mycélium : non cloisonné, présente de courts hyphes aériens.

Sporanges : Présentent des papilles caractéristiques. Les sporanges sont terminaux, ils ont une forme ovoïde ou en forme de citron.

Sporangiophores : ramifiés.

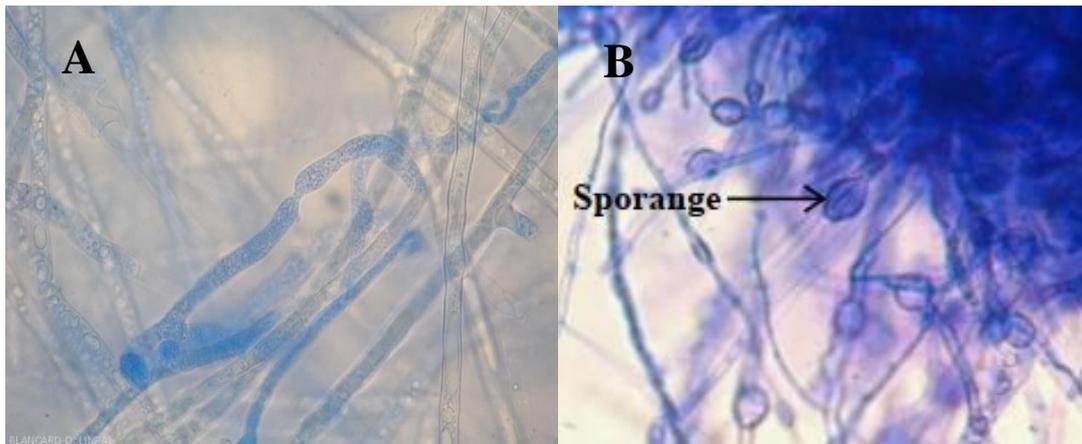


Figure 25 : Observation microscopique de *Phytophthora infestans* sous microscope optique (grossissement X40) : -**A** Mycélium non septé ; -**B** Des sporanges avec sporangiophores

5. Résultats de l'activité antifongique

5.1. Evaluation de la croissance mycélienne

Selon la **Figure (26)** il y a :

- ✚ Différence de taille et de croissance mycélienne entre les différents extraits
- ✚ Différence d'effet entre les concentrations

L'effet de l'extrait aqueux et l'extrait hydro-éthanolique a marqué une inhibition totale de croissance avec une valeur de 0 mm dans les concentrations (75 et 50%), au contraire la croissance est grande avec la concentration 12.5% (**Figure 26**).

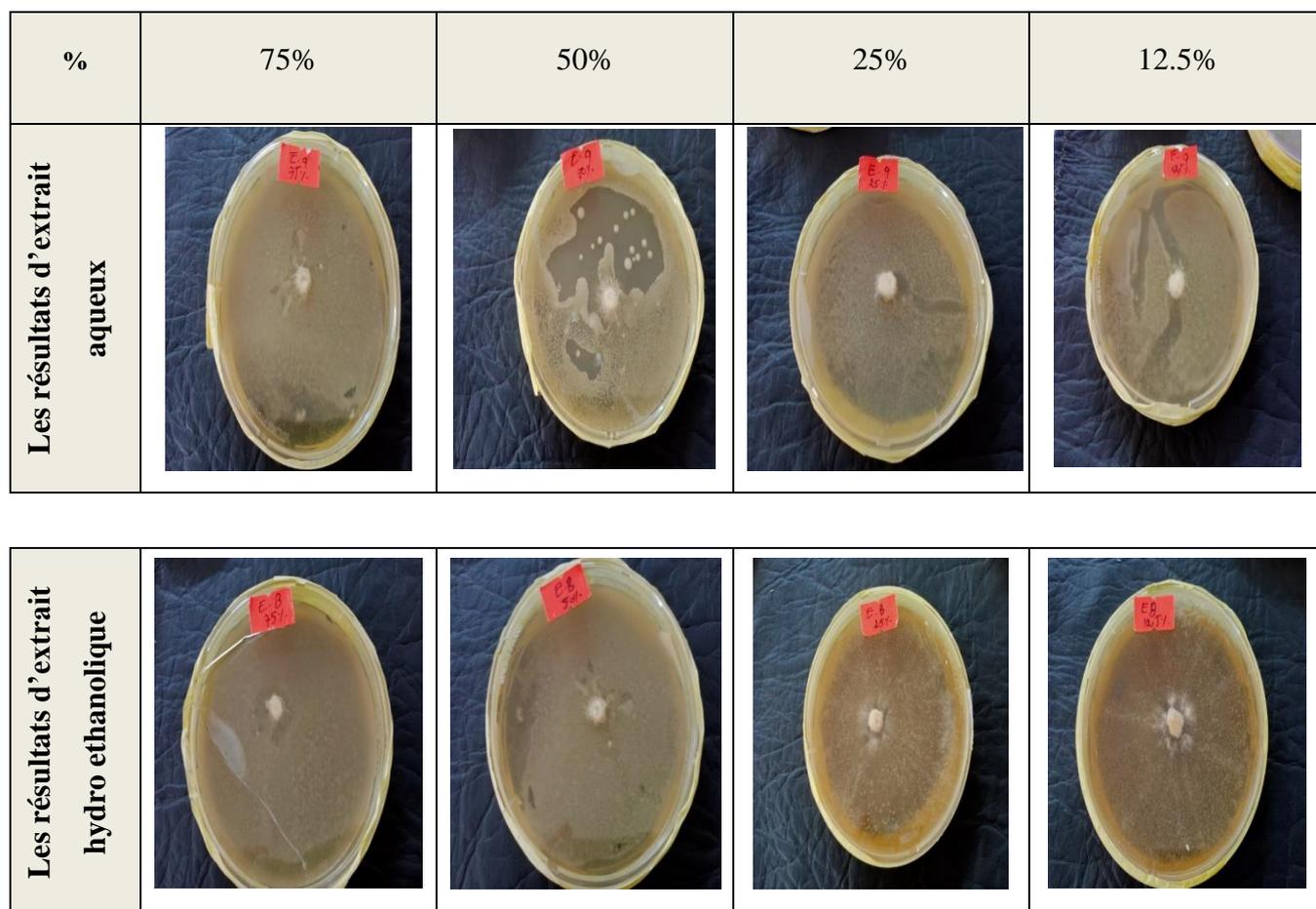


Figure26 : Diamètre de la croissance mycélienne après l'application des différentes concentrations des extraits (aqueux, hydro-éthanolique) de *C.sempervirens* par la méthode de contacte directe.

A. Témoin

En premier lieu, la croissance mycélienne du témoin était normale, elle évolue progressivement jusqu'à atteindre 60 mm en 4 jours (**Tableau 08 ; Figure 27**).

Tableau 08. Evaluation de la croissance mycélienne pendant 4 jours.

Jour	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	3 ^{ème} jour	4 ^{ème} jour
Croissance mycélienne (mm)	17	32	44	60



Figure 27 : Diamètre de la croissance mycélienne (témoin) de *C.sempervirens* dans l'incubation à 25 c° après 4 jours.

B. Extraits aqueux

▪ Concentration 75 % et 50%

Dans les concentrations 75 et 50%, l'inhibition totale de la croissance mycélienne de *P.infestans* pour l'extrait aqueux de *C. sempervirens* est nulle (0 mm) en comparant avec le témoin (**Figure 28 ; Annexe –Tableau01**).

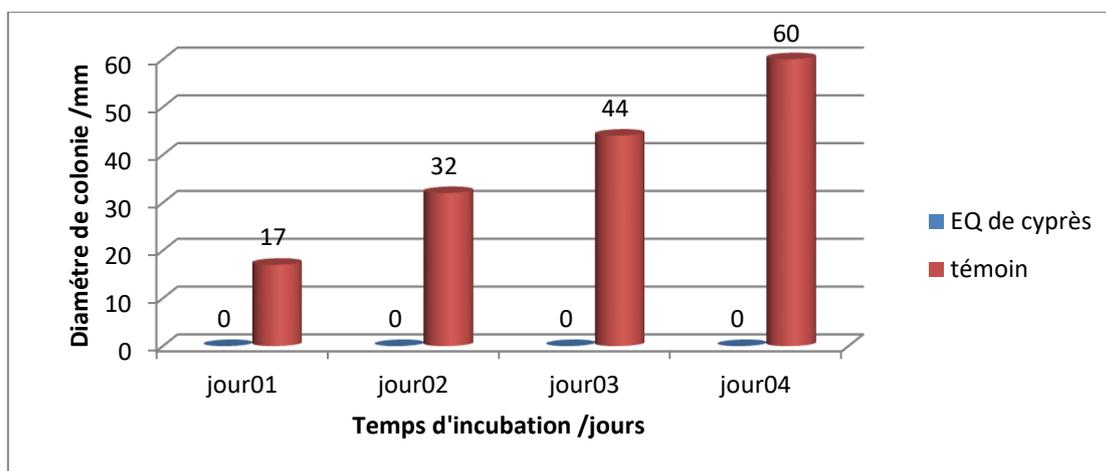


Figure 28 : L'effet de l'extrait aqueux sur *P.infestans* (concentration 75% et 50%).

▪ Concentration 25 %

Les résultats dans la **Figure (29)** montrent que la croissance mycélienne sous l'effet

d'extract aqueux de *C.smpervirens* augmente en comparant avec le témoin. La croissance a débuté à partir du deuxième jour progressivement jusqu'à 13 mm de diamètre ce qui exprime une grande différence avec le témoin (60 mm). (**Annexe -Tableau 02**).

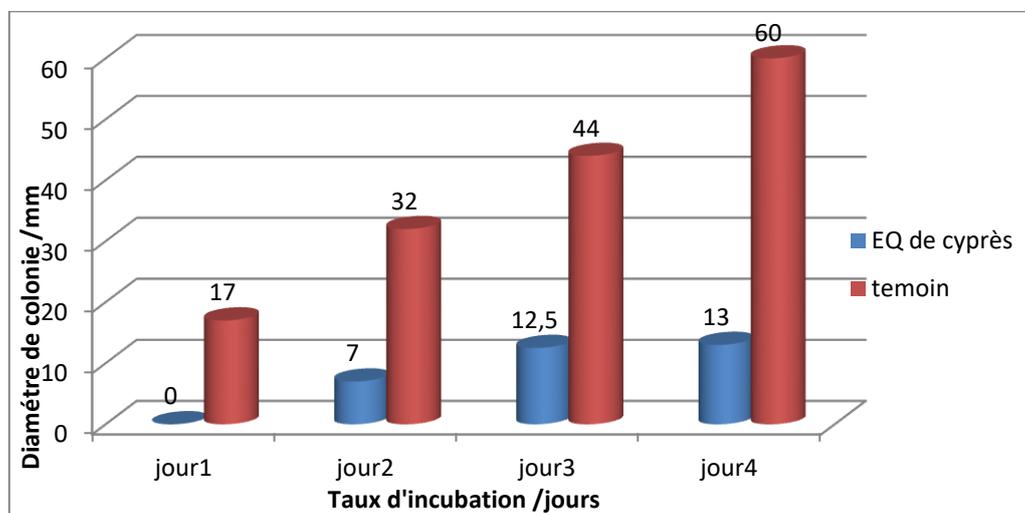


Figure29 : L'effet de la concentration 25% de l'extract aqueux sur *P. infestans*

▪ Concentration 12.5%

La Figure (30) représente l'effet de l'extract aqueux sur la croissance mycélienne de *Phytophthora infestans*. On a observé une augmentation au cours des jours différente du témoin, à partir du premier jour jusqu'à atteindre 18 mm de diamètre au quatrième jour . Ce qui exprime une grande différence avec le témoin (60 mm) (**Annexe - Tableau03**).

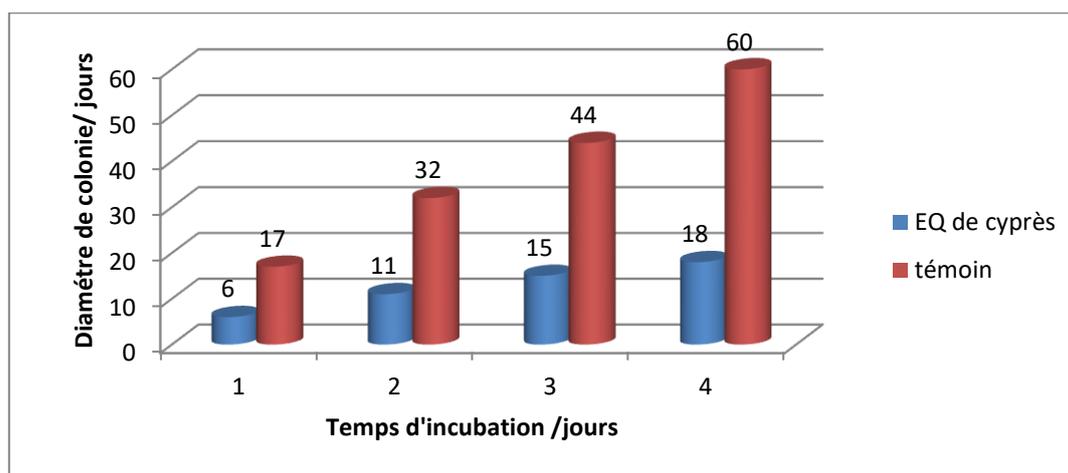


Figure30. L'effet de la concentration 12.5% des extraits aqueux sur *P. infestans*

C. Extraits hydro-éthanolique

▪ Concentration 75 et 50%

Pour les deux concentrations, on a remarqué une inhibition totale de la croissance mycélienne de *P. infestans* pour l'extrait hydro-éthanolique de *C.sempervirens* (0 mm) (Figure 31 ; Annexe –Tableau04)

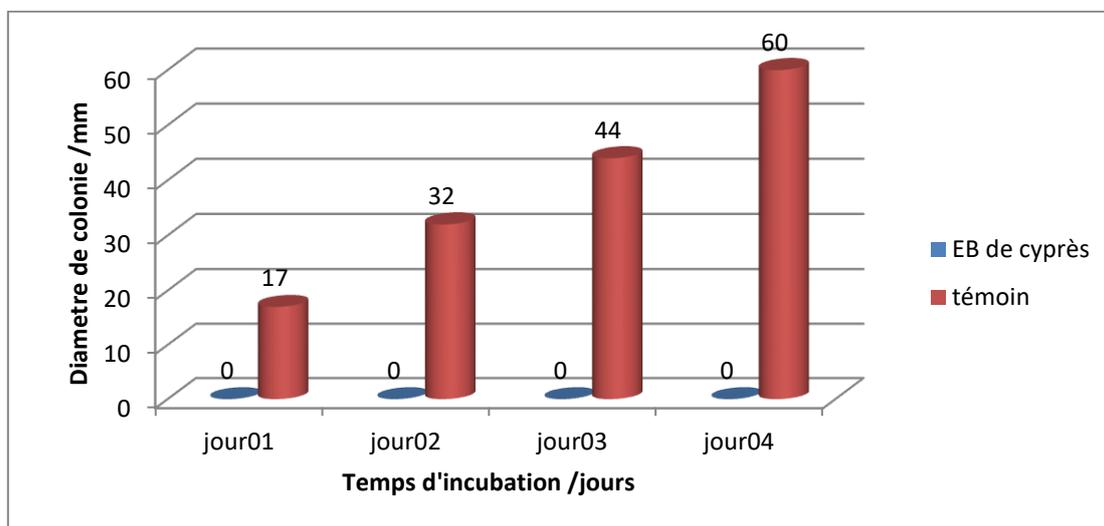


Figure31 : L'effet de la concentration 75%et 50% de l'extrait hydro-éthanolique sur *P.infestans*.

▪ Concentration 25%

La Figure (32) représente l'effet de l'extrait hydro-éthanolique sur la croissance mycélienne de *Phytophthora infestans*, on a vu qu'il y a une augmentation au cours des jours et différente avec le témoin, elle croit à partir du deuxième jour jusqu'à atteindre 25 mm de diamètre au quatrième jour. Ce qui exprime une grande différence avec le témoin (60 mm) (Annexe -Tableau05).

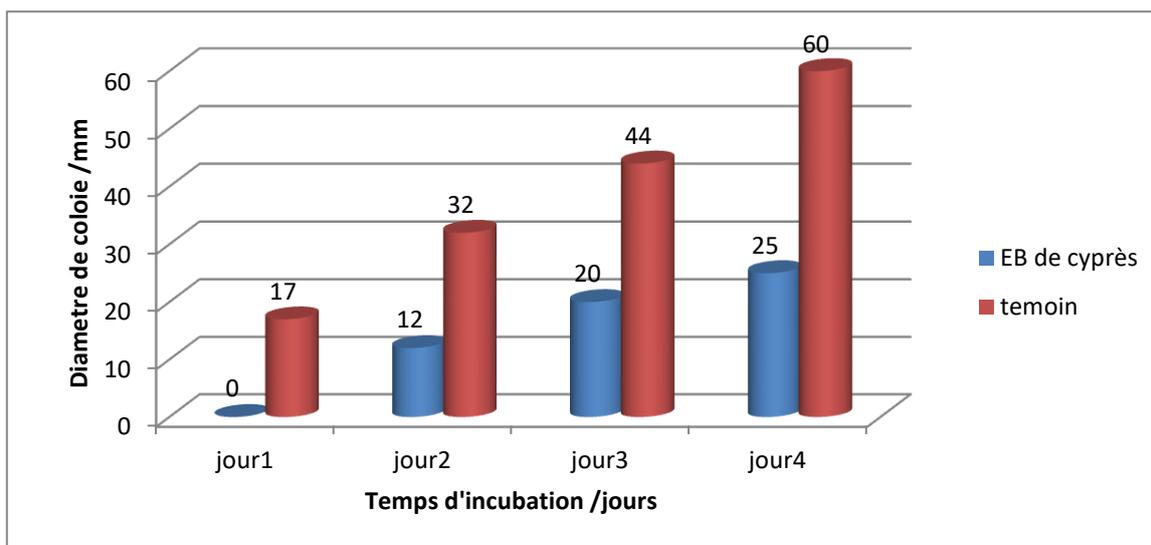


Figure32. L'effet de la concentration 25% de l'extrait hydro-éthanolique sur *P.infestans*.

▪ **Concentration 12.5%**

D'après la Figure 33 qui représente l'effet de l'extrait hydro-éthanolique sur la croissance mycélienne de *Phytophthora infestans*, on a remarqué qu'il y a une augmentation au cours des jours différente du témoin, elle croit dès le premier jour jusqu'à atteindre 28mm de diamètre au quatrième jour. Ce qui exprime une grande différence avec le témoin (60 mm) (Annexe – Tableau06).

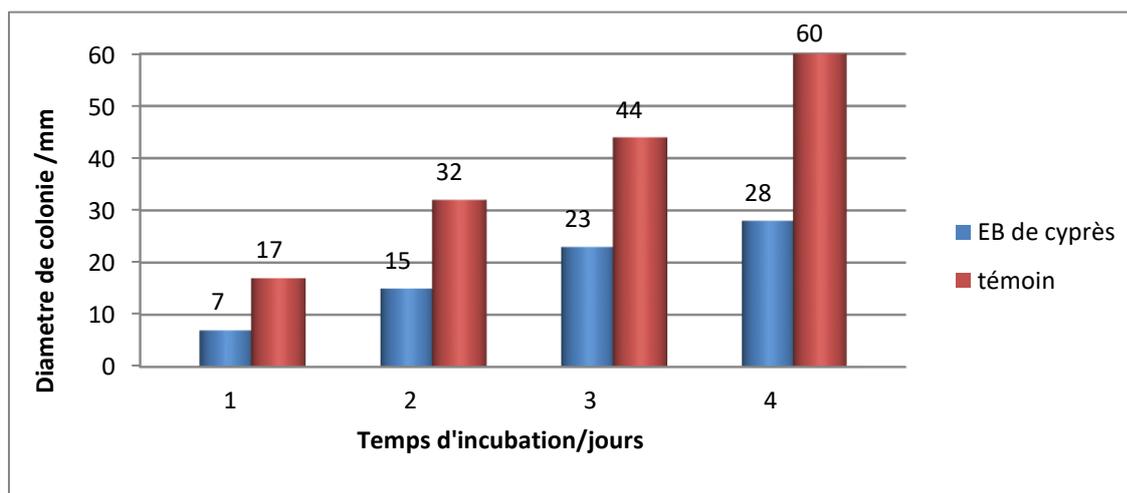


Figure33 :L'effet de la concentration 12.5% de l'E.hydro-ethanolique de *C.sempervirens* sur *P.infestans*.

5.2. Vitesse de la croissance mycélienne

la Figure (34) montre que la vitesse de la croissance mycélienne décroît avec l'augmentation de la concentration de l'extrait aqueux et hydro-éthanolique de la plante *C.sempervirens*.

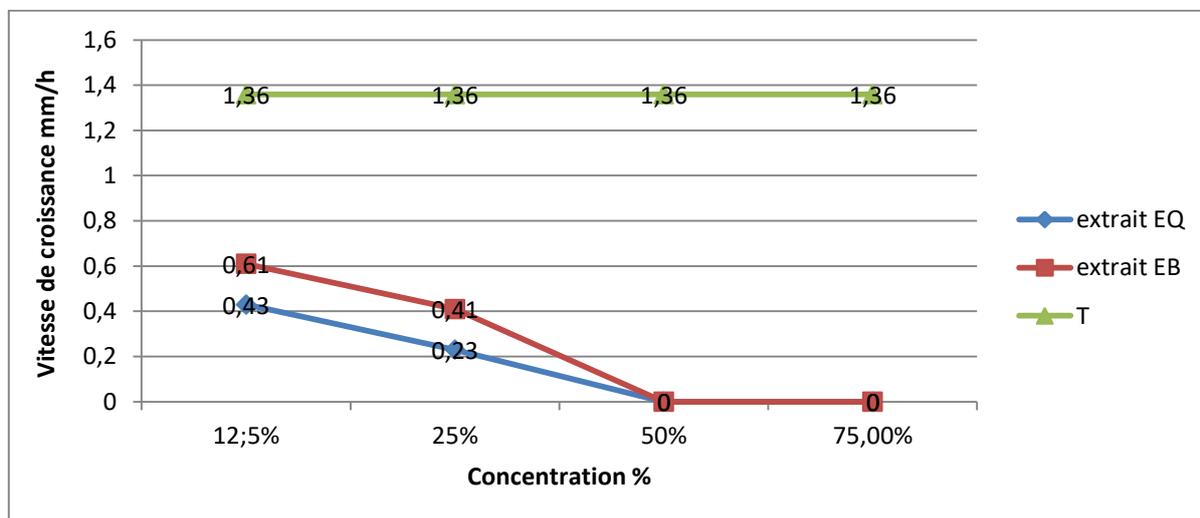


Figure34. La vitesse de croissance mycélienne de *P.infestans* en présence de l'extrait aqueux et l'extrait hydro-éthanolique de la plante étudiée.

La vitesse de la croissance mycélienne de témoin est constante (1.36 mm/h) et la plus haute vitesse de croissance mycélienne est de 0.61 mm/h de l'extrait hydro-éthanolique et 0.43 mm/h de l'extrait aqueux, Cette vitesse décroît jusqu'à 0 mm/h dans les deux concentrations 50 et 75 % des deux extraits (**Annexe –Tableaux 03-04**).

5.3. Taux d'inhibition

Les taux d'inhibition des deux extraits (Eq, E.hydro-éthanolique) sont représentés dans la figure ci-dessous (Figure35 ; Annexe –Tableaux 05-06).

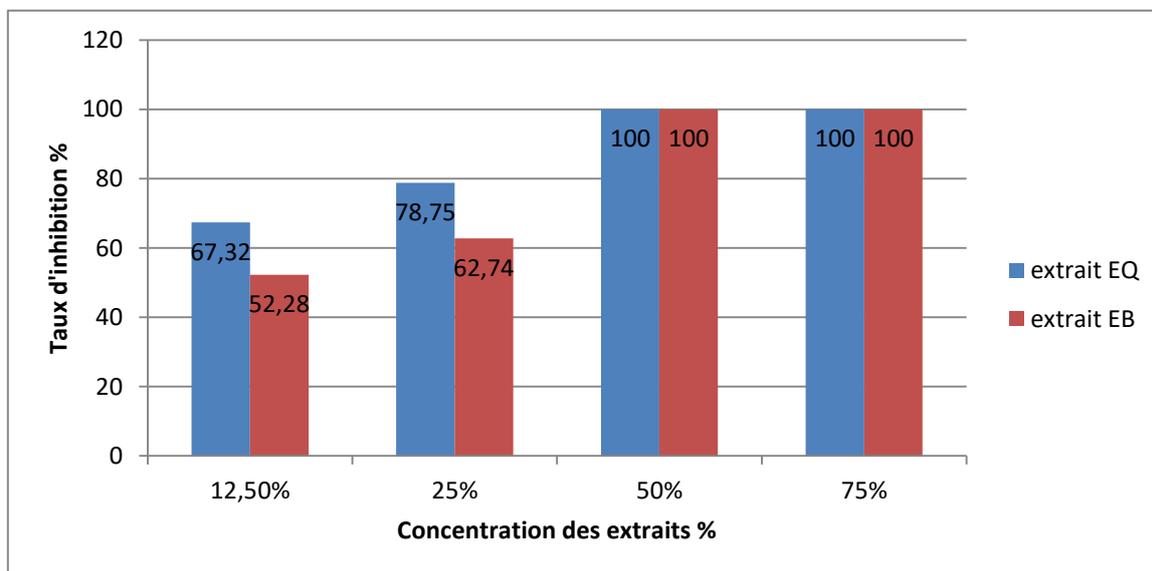


Figure35. Les taux d'inhibition de l'extrait aqueux et de l'extrait hydro-éthanolique de *C.semperirens*.

On remarque qu'il y'a toujours une inhibition de la croissance avec toutes les concentrations. Les zones d'inhibition des deux extraits (aqueux et hydro-éthanolique) sont égaux (100%) dans les concentrations 50 et 75%. Alors qu'elles ont diminué les deux concentrations 12.5% et 25% avec une différence élevée dans l'extrait aqueux.

❖ Discussion

L'identification des champignons repose sur l'observation de critères morphologiques macroscopiques et microscopiques (**Drenth et al., 2001**). Parmi les critères macroscopiques, on a pris en compte la couleur, la texture et la taille de colonie sur le milieu de culture.

L'extrait aqueux et l'extrait hydro-éthanolique de *Cupressus semervirens* ont une activité antifongique vis-à-vis du champignon *Phytophthora infestans*. Les diamètres de croissance, la vitesse de la croissance de mycélium ont diminué avec l'augmentation de la concentration d'extraits aqueux ou hydro-éthanolique jusqu'à l'inhibition totale aux deux concentrations (50 et 75%). Cela est confirmé par les travaux de (**Taibi et al., 2015**).

Les recherches des effets antifongiques sur les souches rencontrées dans la serre 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 de *Cupressus semervirens* sont considérées comme des composés potentiellement efficaces contre les champignons pathogènes (**Amri et al., 2013**).

En revanche pour la croissance mycélienne et à la concentration 12,5% : on a remarqué qu'elle a débuté après 24h en présence de l'extrait aqueux et après 24 h pour l'extrait hydro-éthanolique. À 25% on a remarqué aussi une inhibition moyenne de la croissance mycélienne pendant les premières 48 h en présence de l'extrait aqueux et l'extrait hydro-éthanolique. Pour la concentration 50 et 75%, on a remarqué une inhibition totale de la croissance mycélienne. Ce déphasage dans le temps de démarrage de la croissance mycélienne est dû au fort pouvoir inhibiteur de l'extrait aqueux.

La vitesse de croissance mycélienne enregistrée pendant les 4 jours d'expérimentation est décroissante avec l'utilisation des différentes concentrations des extraits, donc elle diminue avec l'augmentation des concentrations jusqu'à l'inhibition totale à 50% et 75% pour l'extrait hydro-éthanolique et l'extrait aqueux du cyprès elle devient nulle.

On peut classer le pouvoir antifongique des extraits hydro-éthanolique et extraits aqueux à partir de méthode du contact direct (testées en trois catégories de doses) :

- • **Dose très active** : présentée par les dilutions 50 et 75% : elle possède une inhibition totale et dans cette situation l'espèce fongique est dite **très sensible**.
- • **Dose active** : présentée par la dilution 25%, on a un taux d'inhibition, compris dans l'intervalle 62-78 %, donc l'espèce fongique est dite **sensible**.
- • **Dose moyennement active** : la dilution 12.5%, ce taux est compris entre 52-67 % donc l'espèce fongique est dite **limitée** (Abdellatif et al., 2011 in Hajji et al., 2016).

Une sensibilité du 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

Conclusion

Nombreuses de plantes médicinales contiennent des composés chimiques ayant des propriétés antifongiques tels que le Cyprès (*Cupressus sempervirens* L.).

Dans notre étude, sur l'activité antifongique d'extrait aqueux et d'extrait hydro-éthanolique de *Cupressus sempervirens* sur une souche fongique de 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 la souche testée.

La méthode de dilution des extraits aqueux et hydro-éthanolique de l'espèce *cupressus sempervirens* dans le milieu de culture solide Saboraud nous a permis de mettre en évidence le pouvoir anti fongique des extraits végétaux vis-à-vis de *Phytophthora infestans*. L'étude des propriétés anti fongiques in vitro a montré que l'extrait aqueux et l'extrait hydro-éthanolique de *cupressus sempervirens* testés inhibent efficacement la croissance du champignon (*Phytophthora infestans*). L'activité antifongique croit au fur et à mesure de l'augmentation de 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 au cours de notre étude et suite à nos résultats positifs au laboratoire, qui indiquent que l'extrait aqueux et l'extrait hydro-éthanolique de *Cupressus sempervirens* ont de bonnes activités antifongiques (réduire la croissance mycélienne). Nous pouvons conclure que l'extrait de Cyprès pourra être valorisé davantage particulièrement dans la lutte contre l'espèce fongique responsable de mildiou causé par *Phytophthora infestans*.

En se basant sur les résultats significatifs de notre étude, il serait important d'approfondir les connaissances concernant les phénomènes de résistance des champignons vis à vis des produits biochimiques, afin de proposer des bio fongicides à base d'extraits végétaux comme alternatif et ceci pour protéger les cultures et les consommateurs.

Références
Bibliographiques

Abuzeid, N., Kalsum, S., Koshy, R. J., Larsson, M., Glader, M., Andersson, H., & Lerm, M. (2014). Antimycobacterial activity of selected medicinal plants traditionally used in Sudan to treat infectious diseases. *Journal of Ethnopharmacology*, 157, 134-139.

Alaoui, K., Chafik, Z., Mikdame, H., Saalaoui, E., Khoulati, A., & Kharmach, E. (2022). Effets de différents milieux de culture sur la croissance et la conservation in vitro de *Phytophthora infestans*. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 10 (2).

Alilou, H. (2012). Etude phytochimique et antifongique de deux plantes du Sud du Maroc: *Asteriscus graveolens* subsp. *odorus* (Schousb.) Greuter et *Asteriscus imbricatus* (Cav.). Thèse de Doctorat, spécialité : Biotechnologies végétales, Université Ibn Zohr, Faculté des sciences, Agadir.

Al-Mughrabi, K., (s.d.). Comprendre et gérer le mildiou de la pomme de terre, conseil Canadien de l'horticulture, nouveau Brunswick, Canada.

Al-Snafi, A. E. (2016). Medical importance of *Cupressus sempervirens*-A review. *IOSR Journal of Pharmacy*, 6(6), 66-76.

Ampa, R., Diatewa, M., Ahombo, G., Dimo, T., Nguimbi, E., & Abena, A. A. (2014). Effet de l'extrait hydro-éthanolique des feuilles de *Trilepisium madagascariense* Leeuwenberg DC. (Moraceae) contre le stress oxydant associé au diabète sucré chez le rat. *Afrique Science : Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 10(4), 278-287.

Amri I., Hamrouni L., Hanana M., Gargouri S., Jamoussi B., (2013). Chemical composition, bio-herbicide and antifungal activities of essential oils isolated from Tunisian common cypress (*Cupressus sempervirens* L.). *Journal of Medicinal Plants Research*, 7(16): 1070-1080.

Ben Nouri, A., Dhifi, W., Bellili, S., Ghazghazi, H., Aouadhi, C., Chérif, A., ... & Mnif, W. (2015). Chemical composition, antioxidant potential, and antibacterial activity of essential oil cones of Tunisian *Cupressus sempervirens* L. *Journal of Chemistry*, 2015.

Beninal, L. (2011). Diversité génétique de *Phytophthora infestans* agent du mildiou de la pomme de terre en Algérie. Thèse de Doctorat, spécialité : Biotechnologies appliquées à la protection des végétaux, E.N.S.A, (Ecole Nationale Supérieure Agronomiques d'El Harrach (Alger)).

Bennani, Y. (2011). Le mildiou de la pomme de terre. Mémoire Online En vue d'obtenir le Diplôme des Etudes Supérieures, spécialité : Microbiologie, Université de Farhat Abbas Sétif.

Bendali, A., Oulebsir, C., Djamel, E. H., & Djazouli, Z. E. (2019). Impact de la formulation sur le potentiel antifongique de l'huile essentielle du bigaradier *Citrus aurantium* L. *Revue Agrobiologia* (2019) 9(2): 1677-1693.

Bouakaz, kh. (2016). Evaluation de l'activité antagoniste des isolats de *Trichoderma* spp. Et de leurs parties protéiques, vis-à-vis de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. Agent responsable du mildiou de pomme de terre en Algérie, Mémoire de Master. Spécialité :

Biotechnologie des plantes aromatique, médicinales et des produits naturels Université Saad Dahleb de Blida 1.

Caudullo, G., & De Rigo, D. (2016). *Cupressus sempervirens* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. *European Atlas of forest tree species*, 88-89.

Chelalga, M. & Benhamed, M. (2019). Contribution à l'étude de la fertigation sur le rendement d'une culture de pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) dans la région d'El Oued (site expérimental hollandais). Mémoire de Master, spécialité : production végétale, Université Echahid Hamma Lakhdar El-Oued.

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.

Djaffar, kh., et Zenati, A. (2020). Etude bibliographique des activités biologiques et composés chimiques des trois plantes médicinales : *Ruta chalepensis*, *Syzygium aromaticum* et *Cupressus sempervirens* L.

Djeugap, J. F., Fontem, D. A., & Tapondjou, A. L. (2011). Efficacité in vitro et in vivo des extraits de plantes contre le mildiou (*Phytophthora infestans*) de la morelle noire. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 5(6), 2205-2213

Drenth, A., & Sendall, B. (2001). Practical guide to detection and identification of *Phytophthora*. Tropical Plant Protection, 1, 32-33.

Fayed, S. A., (2015). Chemical composition, antioxidant, anticancer properties and toxicity evaluation of leaf essential oil of *Cupressus sempervirens* L. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 43(2), 320-326.

Fry, W. (2008). *Phytophthora infestans*: the plant (and R gene) destroyer. Molecular plant pathology, 9(3), 385-402.

Hajji, H. (2016). Evaluation in vitro de l'activité antifongique de quatre plantes médicinales marocaines sur cinq champignons phytopathogènes. Revue Marocaine de Protection des Plantes, (10).

Kasmi, M., Aourach, M., El Boukari, M., Barrijal, S., & Essalmani, H. (2017). Efficacité des extraits aqueux des plantes aromatiques et médicinales contre la pourriture grise de la tomate au Maroc. *Comptes Rendus Biologies*, 340(8), 386-393.

Kerroum, F., (2019). 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.

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

Korïem, K. M. M. (2009). Lead toxicity and the protective role of *Cupressus sempervirens* L. seeds growing in Egypt. *Rev. Latinoamer Quim*, 37, 230-242.

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. Mémoire de doctorat d'état en biologie. Université Aboubaker Belkaid. Bechar. 166 p.

Meïtah, M. (2019). Etude du comportement variétal de trois variétés de pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) dans la région de Biskra. Mémoire de Master, spécialité : Production végétale, Université Mohamed Khider de Biskra.

Mohammedi, M., Becherif, M., Ayad, M. Y., Kraa, O., Aboubou, A., & Bahri, M. (2013). Passivity based control and fuzzy logic estimation applied to dc hybrid power source using fuel cell and supercapacitor. In *3rd International Conference on Systems and Control* (pp. 77-82).

Moroh, J. L., Bahi, C., Dje, K., Loukou, Y. G., & Guede-Guina, F. (2008). Etude de l'activité antimicrobienne de l'extrait acétatique (EAC) de *Morinda morindoides* (Baker) Milne-Readhead (Rubiaceae) sur la croissance in vitro des souches d'*Escherichia coli*. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 2008; 77: 44, 61.

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 de Doctorat, Université de Tlemcen-Abou Bakr Belkaid)

Nyabyenda, P. (2005). Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique : Légumineuses alimentaires, Plantes à tubercules et racines, Céréales (Vol.1). Les presses agronomiques de Gembloux en collaboration avec le CTA.

Rakotonindrana, 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.

Reddy, B. J., Mandal, R., Chakroborty, M., Hijam, L., & Dutta, P. (2018). A review on potato (*Solanum tuberosum* L.) and its genetic diversity. *International Journal of Genetics*, ISSN, 0975-2862.

Rousselle, P., Crosnier, J. C., & Robert, Y. (1996). La pomme de terre: production, amélioration, ennemis et maladies, utilisations. INRA, Paris, P 1-640.

Sedláková, V., Dejmalová, J., Hausvater, E., Sedlák, P., Doležal, P., Sediki, M., Carroll, R. B. & Morehart, A. L. (2011). First report from Morocco of *phythophthora infestans* isolates with metalaxyl resistance. *Plant Disease*. 81:831.

Saighi, I., & Ben Hamdi., M. (2020). Identification et caractérisation des maladies fongiques de pomme de terre et essai de lutte biologique par les extraits végétaux dans la région d'EL-

Oued. Mémoire de Master, Spécialité : Production végétale, Université Echahid Hamma Lakhdar –El- Oued.

Taibi, K., Bentata, F., Labhilili, M., Maafa, I.,. (2015). Antifungal activity of a Moroccan plant extract against pathogenic fungi *Pyrenophora teres*, the causal agent of Net Blotch of barley. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7(12), 531-537.

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.

Sites internet:

Site 01

[http://idtools.org/id/phytophthora/factsheet.php?name=7960#prettyPhoto\[pp_gallery\]/3/](http://idtools.org/id/phytophthora/factsheet.php?name=7960#prettyPhoto[pp_gallery]/3/)

Site 02

https://www.agro.basf.fr/fr/cultures/pomme_de_terre/maladies_de_la_pomme_de_terre/mildi_ou_pomme_de_terre

Site 03

<https://www.google.dz/maps/place/El+Aouana/@36.738926,5.5564404,12z/data=!3m1!4m5!3m4!1s0x12f2f3ab504da1b5:0xa26c099cf65bae59!8m2!3d36.7726109!4d5.6078623?hl=fr>

Site 04

<https://www.google.dz/maps/place/Jimar,+Chekfa/@36.803752,5.922428,14z/data=!4m5!3m4!1s0x12f24279685ca93d:0xd02e8a71494f54cd!8m2!3d36.8007412!4d5.937847?hl=fr>

Annexes

Tableau 01. La croissance mycélienne de champignon *Phytophthora infestans* avec l'extrait aqueux de cyprès

	Espèces	C%	1 ^{er} jour	2eme jours	3eme jours	4eme jours
extrait aqueux	Cyprès	75%	0 (mm)	0 (mm)	0 (mm)	0 (mm)
		50%	0 (mm)	0 (mm)	0 (mm)	0 (mm)
		25%	0 (mm)	7 (mm)	12.5 (mm)	13 (mm)
		12.5%	6 (mm)	11 (mm)	15 (mm)	18 (mm)

Tableau 02 .la croissance mycélienne de champignon *phytophthora infestans* avec l'extrait hydro-éthanolique

	Espèce	C%	1 ^{er} jour	2eme jours	3eme jours	4eme jours
Extrait hydro-éthanolique	Cyprès	75%	0 (mm)	0 (mm)	0 (mm)	0 (mm)
		50%	0 (mm)	0 (mm)	0 (mm)	0 (mm)
		25%	0 (mm)	12 (mm)	20 (mm)	25 (mm)
		12.5%	7 (mm)	15 (mm)	23 (mm)	28 (mm)

Tableau 03.vitesse de la croissance mycélienne avec l'extrait aqueux de cyprès

	Espèce	C%	VC (mm/h)
Extrait aqueux	Cyprès	75%	0
		50%	0
		25%	0.23
		12.5	0.43
Témoin			1.36

Tableau 04. vitesse de la croissance mycélienne avec l'extrait hydro-éthanolique de cyprès

	Espèce	C%	VC (mm/h)
Extrait hydro-éthanolique	Cyprès	75%	0
		50%	0
		25%	0.41
		12.5	0.61
Témoin			1.36

Tableau 05. Taux d'inhibition d'extrait aqueux de cyprès contre le champignon *phythophthora infestans*

	C% d'extrait aqueux	Taux d'inhibition (%)
Cyprès	75%	100
	50%	100
	25%	78.75
	12.5%	67.32

Tableau 06. Taux d'inhibition d'extrait hydro-éthanolique de cyprès contre le champignon *phythophthora infestans*

	C% d'extrait aqueux	Taux d'inhibition (%)
Cyprès	75%	100
	50%	100
	25%	62.74
	12.5%	52.28

Membres de Jury : Présidente: Dr. BENFRIDJA Leila Examinatrice: Dr. KHENNOUF Hanane Encadrante: Dr. BENABDELKADER Messaouda	Présenté par : M^{elle} BELADJILA Samira Date de soutenance : Septembre 2022
--	---

L'effet de l'extrait de cyprès commun (*Cupressus sempervirens* L.) sur la croissance du champignon *Phytophthora infestans* (mont.) de Bary

Résumé

L'étude a été concentrée sur l'effet antifongique des extraits aqueux et hydro-éthnolique des feuilles de la plante de cyprès (*Cupressus sempervirens* L.), sur le champignon *Phytophthora infestans*. L'extrait aqueux a été préparé par la méthode de macération et l'extrait hydro-éthanolique par l'évaporateur rotatif.

Les résultats des tests ont donné un effet négatif, en particulier dans les concentrations élevées des deux extraits (50 et 75%). La concentration inhibitrice la plus faible était de (12,5 %).

Cette activité est due à l'effet des extraits végétaux dû à la présence de métabolites secondaires.

Nous suggérons l'utilisation des extraits comme des bios pesticides dans le contrôle des maladies des plantes, dans le domaine de la protection agricole.

Mots clés : extrait aqueux, extrait hydro-éthanolique, bio pesticides, cyprès, *Phytophthora infestans*, métabolites secondaires.

Abstract

The study was focused on the antifungal effect of aqueous and hydro-ethnolic extracts of the leaves of the cypress plant (*Cupressus sempervirens* L.), on the fungus *Phytophthora infestans*. The aqueous extract was prepared by the maceration method and the hydro-ethnolic extract by the rotary evaporator.

The test results gave a negative effect, especially in high concentrations of both extracts (50 and 75%). The lowest inhibitory concentration was (12.5%).

This activity is due to the effect of plant extracts due to the presence of secondary metabolites.

We suggest the use of extracts as biopesticides in the control of plant diseases, in the field of agricultural protection.

Keywords: Aqueous extract, hydro-ethnolic extract, bio pesticides, cypress, *Phytophthora infestans*, secondary metabolites.

ملخص

ركزت الدراسة على التأثير المضاد للمستخلصين المائي و الإيثانولي المائي لأوراق نبات السرو على الفطر *Phytophthora infestans* تم تحضير المستخلص المائي بطريقة النقع والمستخلص المائي الإيثانولي بواسطة المبخر الدوار. نتائج الاختبار أعطت تأثيراً سلبياً خاصة في التراكيز العالية للمستخلصين (50 و 75%). و كان أقل تركيز مثبط هو (12.5%). ترجع هذه الفعالية لتأثير المستخلصات النباتية لوجود مستقلبات ثانوية.

نقترح استخدام المستخلصات كمبيدات حيوية في مكافحة الامراض النباتية، في مجال الحماية الزراعية.

الكلمات المفتاحية : المستخلص المائي، المستخلص المائي الإيثانولي، مبيدات حيوية، السرو، *Phytophthora infestans*، مستقلبات ثانوية.

