

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Université Abdelhamid Ibn  
Badis Mostaganem  
Faculté des Sciences de la  
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس  
مستغانم  
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

## Mémoire de fin d'études

Présenté par

**Dahah Halima**

Pour l'obtention du diplôme de

**Master en biologie**

**Spécialité : Biotechnologie et valorisation des plantes**

**Thème :**

**Étude de l'effet antifongique des extraits de  
*Cupressus sempervirens* et *Lepidium sativum*  
sur *Colletotrichum* sp. agent de l'antracnose  
de la tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill).**

### Devant les Jurys :

Mme. BERGEUL S.	Président	MCB	Université de Mostaganem
Mme. BADAOU MI	examinatrice	MCB	Université de Mostaganem
Mme. SAIAH F.	Encadreur	MCB	Université de Mostaganem

Année universitaire : 2019/2020

# Remerciements

En premier lieu, je tiens à remercier DIEU, pour le courage, la patience et la santé qu'il m'a donnée afin de mener ce projet a terme.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à mes parents DAHAH BOUZID et DAHAH BOUZIDIA et à ma deuxième mère BOUZIANE KARIMA et mon frère DAHAH ABDOU ALLAH HABIB qui ont toujours étaient là pour moi.

Je tiens aussi à adresser mes remerciements les plus sincères à Mme SAIAH FARIDA pour m'avoir fait l'honneur d'encadrer mon projet de fin d'études M2, Pour ses conseils et son suivi.

En je n'oublie pas les membres du jury ici présents.

J'adresse un grand merci à tous mes frères et mes sœurs telle que BOUZIANE HOURIA et BOUZIANE MERIEM et BOUDJALTIA NADIA et à ma belle-sœur HAMCHERIEF RANIA et mon neveu BOUZIANE HAMIDOU pour l'aide à ma vie, et toute la famille DAHAH.

Enfin je n'oublie pas à remercie tous les enseignant de UNIVERSITÉ ABDEL HAMID IBEN BADIS MOSTAGANEM, et tous mes amis qui connaisse moi.

# Dédicaces

J'ai le grand honneur de dédier ce travail A celui qui  
m'a fait de moi une femme, mes parents DAHAH  
BOUZID et DAHAH BOUZIDIA et ma deuxième mère  
BOUZIANE KARIMA et mon frère DAHAH ABDOU  
ALLAH EL HABIB

A toute la famille DAHAH

À tous ceux qui nous ont aidés à atteindre cet objectif de  
près ou de loin.

Et à tous nos amis et nos chers



# **TABLE DES MATIERES**

## Table des matières

Remerciements	
Dédicaces	
<b>Table des matières</b>	
<b>Liste des abréviations</b>	
<b>Liste des figures et planches</b>	
<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Résumé</b>	
<b>ABSTRACT</b>	
<b>ملخص</b>	
<b>Introduction</b> .....	<b>1</b>
<b>PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	
<b>Chapitre I : plantes médicinales</b>	
<b>I.1. La famille des Cupressacées</b> .....	<b>3</b>
<b>I.1.1. Classification systématique des Cupressacees</b> .....	<b>3</b>
<b>I.1.2. <i>Cupressus sempervirens</i> L</b> .....	<b>4</b>
<b>I.1.2.1. Classification systématique de <i>Cupressus sempervirens</i></b> .....	<b>5</b>
<b>I.1.2.2. Caractéristiques et description de <i>Cupressus sempervirens</i></b> .....	<b>5</b>
<b>I.1.2.2.1. Les feuilles</b> .....	<b>6</b>
<b>I.1.2.2.2. Écorce</b> .....	<b>7</b>
<b>I.1.2.2.3. Les fleurs</b> .....	<b>7</b>
<b>I.1.2.2.4. Les fruits</b> .....	<b>7</b>
<b>I.1.2.3. Répartition géographique</b> .....	<b>10</b>
<b>I.1.2.3.1. Dans le monde</b> .....	<b>11</b>
<b>I.1.2.3.2. En Algérie</b> .....	<b>12</b>
<b>I.1.2.4. Habitat et écologie</b> .....	<b>13</b>
<b>I.1.2.5. Utilisation</b> .....	<b>14</b>
<b>I.1.2.6. Toxicité</b> .....	<b>15</b>
<b>I.1.2.7. Composition biochimique</b> .....	<b>15</b>
<b>I.1.2.8. Problèmes phytosanitaires</b> .....	<b>17</b>
<b>I.2. La famille des Brassicaceae</b> .....	<b>18</b>
<b>I.2.1. Caractéristique botaniques</b> .....	<b>19</b>
<b>I.2.2. Distribution des Brassicaceae</b> .....	<b>20</b>

<b>I.2.3. Utilisation des Brassicaceae .....</b>	<b>21</b>
<b>I.2.4. Activités biologiques des Brassicaceae .....</b>	<b>21</b>
<b>I.2.5. Le genre <i>Lepidium</i> .....</b>	<b>22</b>
<b>I.2.5.1. <i>Lepidium sativum</i> .....</b>	<b>22</b>
<b>I.2.5.1.1. Classification systématique de <i>Lepidium sativum</i> .....</b>	<b>23</b>
<b>I.2.5.1.2. Caractéristiques botaniques .....</b>	<b>24</b>
<b>I.2.5.1.3. Répartition géographique .....</b>	<b>26</b>
<b>I.2.5.1.4. Utilisation et vertu médicinal .....</b>	<b>27</b>
<b>I.2.5.1.5. Substances bioactives de <i>Lepidium sativum</i> .....</b>	<b>28</b>
<b>I.2.5.1.5.1. Feuille .....</b>	<b>30</b>
<b>I.2.5.1.5.2. Graines .....</b>	<b>30</b>
<b>Chapitre II : Anthracnose de la tomate et la plante hôte.....</b>	<b>32</b>
<b>II.1. Plante hôte : La tomate .....</b>	<b>32</b>
<b>II.1.1. Origine et historique de la tomate.....</b>	<b>32</b>
<b>II.1.2.1. Classification génétique .....</b>	<b>33</b>
<b>II.1.2.1.1. Variétés fixées .....</b>	<b>33</b>
<b>II.1.2.1.1. Variétés hybrides .....</b>	<b>33</b>
<b>II.1.3. Situation et importance économique de la tomate.....</b>	<b>33</b>
<b>II.1.3.1. Dans le monde .....</b>	<b>34</b>
<b>II.1.3.2. En Algérie.....</b>	<b>35</b>
<b>II.1.4. Principales zones de production de la tomate.....</b>	<b>35</b>
<b>II.1.5. La plante.....</b>	<b>36</b>
<b>II.1.5.1. Le système racinaire.....</b>	<b>37</b>
<b>II.1.5.2. La tige .....</b>	<b>37</b>
<b>II.1.5.3. Les feuilles .....</b>	<b>38</b>
<b>II.1.5.4. Les fleurs .....</b>	<b>38</b>
<b>II.1.5.5. Le fruit.....</b>	<b>39</b>
<b>II.1.5.6. Les graines .....</b>	<b>40</b>
<b>II.1.6. Valeur nutritionnel de la tomate .....</b>	<b>40</b>
<b>II.1.7. Cycle biologique de tomate.....</b>	<b>41</b>
<b>II.1.8. La Culture.....</b>	<b>41</b>
<b>II.1.9. Les variétés de la tomate.....</b>	<b>42</b>
<b>II.1.9.1. Les variétés à port indéterminé.....</b>	<b>42</b>
<b>II.1.9.1.1. Les variétés fixées .....</b>	<b>42</b>
<b>II.1.9.1.2. Les variétés hybrides.....</b>	<b>42</b>
<b>II.1.9.2. Les variétés à port déterminé .....</b>	<b>43</b>

II.1.10. Principales maladies de la tomate .....	43
II.2. L'anthracnose .....	47
II.2.1. Description des symptômes .....	47
II.2.2. <i>Colletotrichum</i> sp. ....	49
II.2.2.1. Définition.....	49
II.2.2.2. Historique.....	49
II.2.2.3. Les espèces de <i>Colletotrichum</i> affectant la tomate.....	50
II.2.2.3.1. <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> .....	50
II.2.2.3.1.1. Mode d'infection.....	50
II.2.2.3.1.2. Cycle de vie de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> .....	51
III.2.2.3.2. <i>Colletotrichum coccodes</i> .....	52
II.2.2.3.2.1. Historique.....	53
II.2.2.3.2.2. Informations taxonomiques.....	53
II.2.2.3.2.3. Mode infection .....	53
II.3. La lutte biologique.....	54
II.3.1. Définition de la lutte biologique .....	54
II.3.2. Utilisation des dérivés de plantes dans la lutte contre les agents phytopathogènes....	54
II.3.3. Modes d'actions des substances naturelles .....	55
<b>DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE</b>	
<b>Chapitre I :Matériel et méthodes</b>	
I.1. Objectif .....	56
I.2. Matériel.....	56
I.2.1. Matériel biologique .....	56
I.2.1.1. Matériel végétal.....	56
I.2.1.2. Matériel fongique.....	56
I.3. Méthodes.....	56
I.3.1. Extraction par l'eau surchauffée.....	56
I.3.1.1. Calcul du rendement d'extraction.....	57
I.3.2. Evaluation de l'efficacité biofongicide « in vitro » sur la croissance mycélienne de <i>Colletotrichum</i> sp. ....	57
I.3.3. Évaluation de l'efficacité biofongicide « in vivo ».....	59
I.3.3.1. Matériel végétale.....	59
I.3.3.2. Préparation de l'inoculum de <i>Colletotrichum</i> sp.....	59
I.3.3.3. Inoculation des fruits .....	60
<b>Chapitre II : Résultats et discussion</b>	
II.1. Rendement de l'extraction.....	61

<b>II.2. Etude de l'aspect macroscopique et microscopique des isolats .....</b>	<b>61</b>
<b>II.3. Etude de l'efficacité antifongique « in vitro » des extraits étudiés.....</b>	<b>62</b>
<b>II.3.1. Activité antifongique d'extrait aqueux de <i>C. sempervirens</i> .....</b>	<b>62</b>
<b>II.3.2. Activité antifongique de l'extrait aqueux de <i>Lepidium sativum</i> .....</b>	<b>66</b>
<b>II.4. Efficacité antifongique des extraits étudiés in vivo .....</b>	<b>70</b>
<b>II.5. Discussions .....</b>	<b>72</b>
<b>Conclusion et perspective .....</b>	<b>73</b>
<b>Références bibliographiques</b>	
<b>ANNEXES</b>	



# **LISTE DES ABREVIATIONS**

## Liste des abréviations

**%** : Pourcentage.

**°C** : Degré Celsius.

**µl** : micro litre

***C. atlantica*** : *Cupressus atlantica*

***C. coccodes*** : *Colletotrichum coccodes*

***C. dupreziana*** : *Cupressus dupreziana*

***C. gloeosporioides*** : *Colletotrichum gloeosporioides*

***C. sempervirens*** : *Cupressus sempervirens* L

**cm** : centimètre

**cm<sup>2</sup>** : centimètre carré

**CMI** : Concentration Minimal Inhibitrice

**ex** : exemple

**FAO** : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

**g** : Gramme

**ha**: hectare.

***L. sativum*** : *Lepidium sativum* L.

**m** :mètre

**m<sup>2</sup>** : metre carré

**min** :Minutes

**ml** : Millilitre

**mm** : millimètre

**Mt** : millions de tonnes

**P/V** : poids/ volume.

**PDA** : Potato dextrose agar

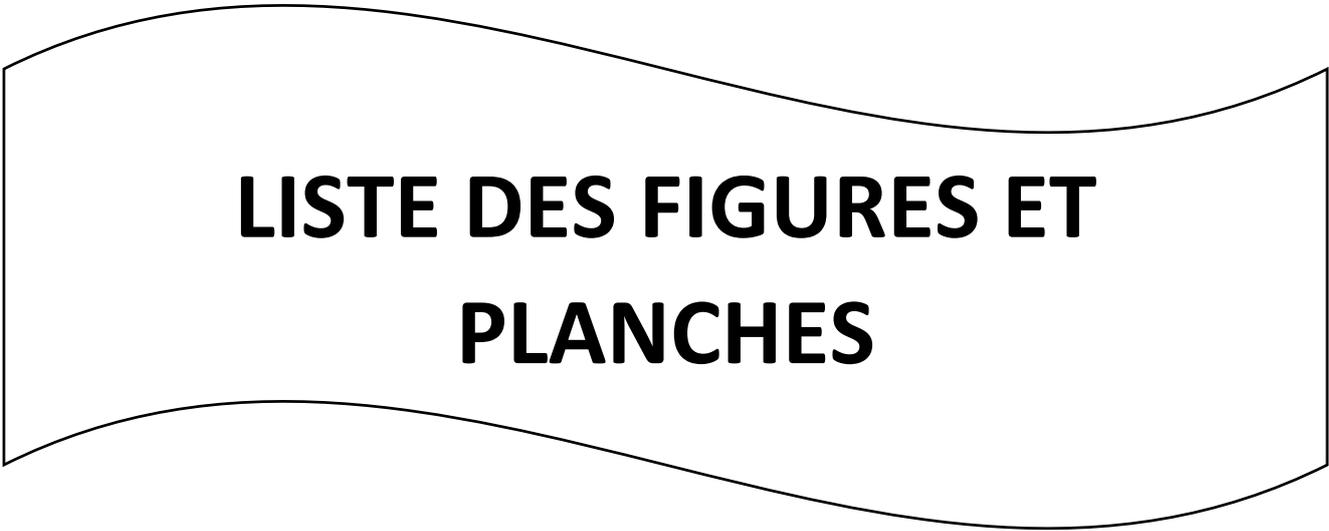
**pH** : Potentiel hydrogène

**qx** : quintaux.

**RD** : rendement

**S.M** : solution mère.

**T** : taux d'inhibition



**LISTE DES FIGURES ET  
PLANCHES**

## Liste des figures et planches

- Figure 01** : Classification détaillée de l'ordre de cupressales
- Figure 02** : Le *Cupressus sempervirens*. L
- Figure 03** : Cônes *Cupressus sempervirens*
- Figure 04** : Les graines à l'intérieur des cônes
- Figure 05** : Fleurs mâles et femelles, cônes et écorce de *Cupressus sempervirens* L
- Figure 06** : Etapes de formation de la graine du *Cupressus sempervirens*
- Figure 07** : Aire et répartition de *Cupressus sempervirens* L. dans le monde
- Figure 08** : Divers activités biologiques de *Cupressus sempervirens*
- Figure 09** : Structure chimique de quelques polyphénols, flavones, flavonoïdes et glycosides de flavones (1) biflavones (2) isolés de *Cupressus sempervirens*
- Figure 10** : Plante de cresson alénois
- Figure 11** : Photos des graines de cresson (a) les graines sec, (b) les graines imbibées d'eau, et (c) la poudre de graines
- Figure 12** : Aspect morphologique de *Lepidium sativum* (a): feuilles; (b): tiges; (c): fleurs; d : graines
- Figure 13** : Plante (A) et graines (B) de *Lepidium sativum* (D) : diamètre des graines de *L. sativum*.
- Figure 14** : Aire de répartition du *Lepidium sativum*, dans le monde
- Figure 15** : Répartition par pays du taux de production de la tomate dans le monde
- Figure 16** : Une jeune plante de tomate de 2 semaines
- Figure 17** : Les racines de la tomate
- Figure 18** : Représentation photographique de la tige de tomate
- Figure 19** : Les feuilles de tomate
- Figure 20** : La fleur de la tomate
- Figure 21** : Le fruit de la tomate
- Figure 22** : Les graines de la tomate
- Figure 23** : Représentation des différents composants de tomate
- Figure 24** : Différents stades végétatifs de tomate
- Figure 25** : Principales maladies de la tomate
- Figure 26** : Les principaux symptômes de virus affectant la tomate

**Figure 27 :** Mildiou et Alternariose sur la tomate

**Figure 28 :** Symptôme de l'antracnose sur le fruit de la tomate.

**Figure 29 :** Symptôme de l'antracnose sur une feuille de tomate.

**Figure 30 :** Symptôme de l'antracnose sur racine de la tomate.

**Figure 31 :** Formation des hyphes dans le site d'infection.

**Figure 32 :** Cycle de vie de l'agent responsable (*Colletotrichum gloeosporioides*).

**Figure 33 :** Quelques tomates inoculées

**Figure 34 :** Aspect macroscopique sur PDA de *Colletotrichum* sp.1(A) et *Colletotrichum* sp.2

**Figure 35 :** Aspect microscopique (GX10) de l'isolat de *Colletotrichum* sp.2

**Figure 36 :** Effet des différentes concentrations de l'extrait aqueux de *C. sempervirens* sur la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp.1

**Figure 37 :** Culture de *Colletotrichum* sp.1 sur PDA (témoin)

**Figure 38 :** Cinétique de croissance de l'isolat de *Colletotrichum* sp.1 sous l'effet de différentes concentrations de l'extrait aqueux de *C. sempervirens*

**Figure 39 :** Taux d'inhibition (%) des différentes concentrations de l'extrait aqueux de *C. sempervirens* sur le *Colletotrichum* sp.1

**Figure 40 :** Effet des différentes concentrations de l'extrait aqueux de *C. sempervirens* sur la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp.2

**Figure 41 :** Culture de *Colletotrichum* sp.2 sur milieu PDA (témoin)

**Figure 42 :** Cinétique de croissance mycélienne de l'isolat *Colletotrichum* sp.2 sous l'effet différentes concentrations de l'extrait aqueux de *C. sempervirens*.

**Figure 43 :** Taux d'inhibition des différentes concentrations d'extrait aqueux de *C. sempervirens* sur le *Colletotrichum* sp.2

**Figure 44 :** Effet des différentes concentrations d'extrait aqueux de *L. sativum* sur la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp.1

**Figure 45 :** Culture de *Colletotrichum* sp.1 sur PDA (témoin)

**Figure 46. :** Cinétique de croissance de l'isolat de *Colletotrichum* sp.1 sous l'effet de différentes concentrations d'extrait aqueux de *L. sativum*.

**Figure 47 :** Taux d'inhibition des différentes concentrations d'extrait aqueux de *L. sativum* sur le *Colletotrichum* sp.1

**Figure 48 :** Effet des différentes concentrations de l'extrait aqueux de *L. sativum* sur la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp.2

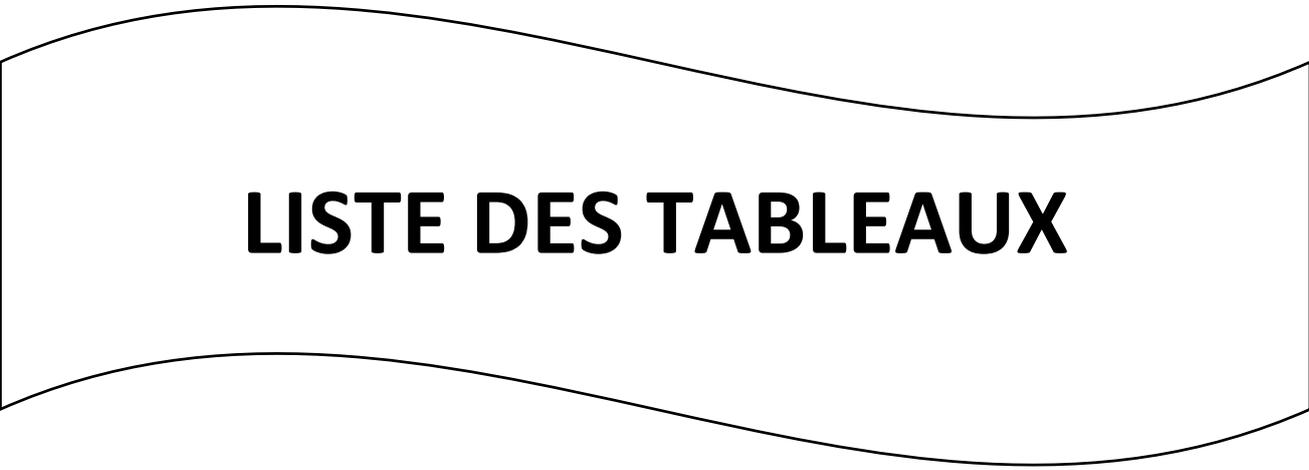
**Figure 49 :** culture de *Colletotrichum* sp.2 sur PDA (témoin)

**Figure 50 :** Cinétique de croissance de l'isolat de *Colletotrichum* sp.2 sous l'effet de différentes concentrations de l'extrait aqueux de *L. sativum*.

**Figure 51 :** Taux d'inhibition des différentes concentrations de l'extrait aqueux de *L. sativum* sur le *Colletotrichum* sp.2

**Figure 52 :** Observations sur tomates inoculées par le *Colletotrichum* sp.

**Planche 01 :** Représentation schématique du protocole expérimentale de test antifongique réalisé in vitro.



# **LISTE DES TABLEAUX**

## **Liste des tableaux**

**Tableau 01** : Regroupe les noms communs de *Lepidium sativum*

**Tableau 02** : Principaux pays producteurs de la tomate dans le monde

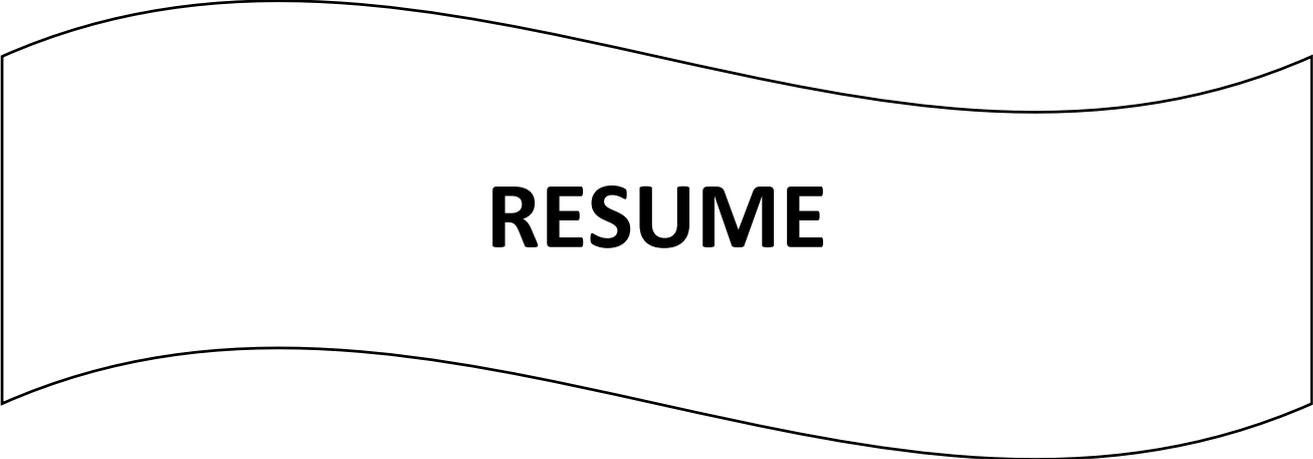
**Tableau 03** : Principales maladies bactériennes de la tomate

**Tableau 04** : Principales maladies virales de la tomate

**Tableau 05** : Principales maladies fongiques de la tomate

**Tableau 06** : Le rendement et aspect des extraits obtenus

**Tableau 07** : Nombre de tomates atteintes et jours d'apparition des symptômes après inoculation et traitement par les extraits



**RESUME**

### Résumé

Les extraits des plantes ont un grand intérêt dans la lutte biologique, de par les principes actifs qu'elles renferment. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre étude qui porte sur la valorisation des extraits des plantes dans le domaine de la protection agricole. C'est pour cela qu'on a choisie les extraits aqueux des cônes de *Cupressus sempervirens* et des graines de *Lepidium sativum* pour tester leur effet antifongique « in vivo » et « in vitro » sur le *Colletotrichum* sp. agent causal de l'antracnose de la tomate. L'extraction des principes actifs a été effectuée par la méthode de l'eau surchauffée.

Les résultats obtenus montrent que les deux extraits ont présenté une activité antifongique notable et que l'extrait de *Lepidium sativum* a été le plus efficace « in vitro » et « in vivo ».

**Mots clés :** *Cupressus sempervirens*, *Lepidium sativum*, *Colletotrichum* sp., l'eau surchauffée, antracnose, tomate.

## ABSTRACT

Plant extracts have a great interest in biological control, due to the active ingredients they contain. It is in this context that our study, which focuses on the valuation of plant extracts in the field of agricultural protection, falls within this framework. This is why the aqueous extracts of the cones of *Cupressus sempervirens* and the seeds of *Lepidium sativum* were chosen to test their antifungal effect "in vivo" and "in vitro" on *Colletotrichum* sp. causative agent of anthracnose in tomato. The extraction of the active ingredients was carried out by the superheated water method.

The results obtained show that the two extracts exhibited significant antifungal activity and that the *Lepidium sativum* extract was the most effective "in vitro" and "in vivo".

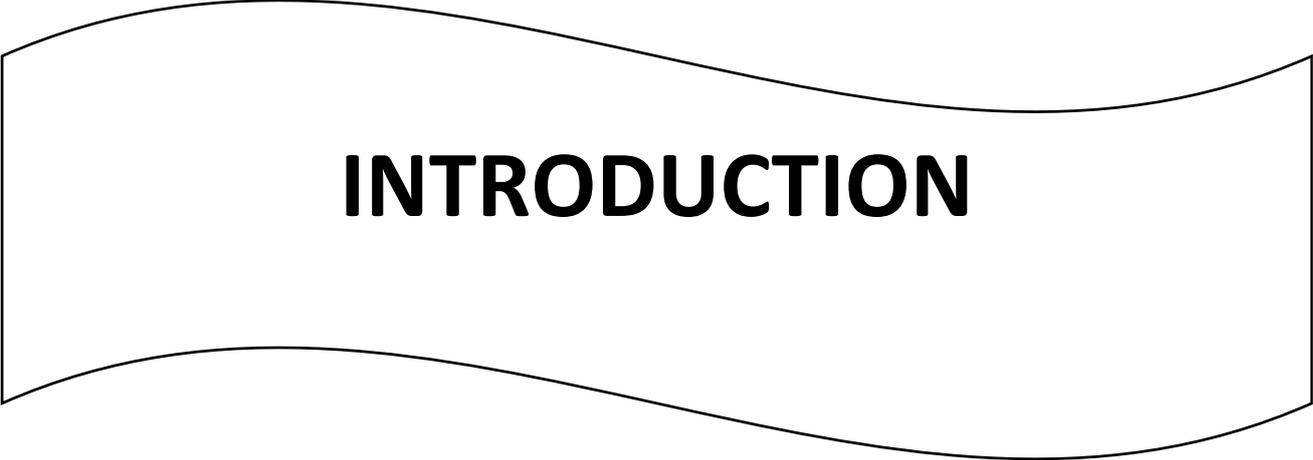
**Key words** : *Cupressus sempervirens*, *Lepidium sativum*, *Colletotrichum* sp., Superheated water, anthracnose, tomato.

## ملخص

المستخلصات النباتية لها أهمية كبيرة في مكافحة البيولوجية، بسبب المكونات النشطة التي تحتويها. وفي هذا السياق تدرج دراستنا التي تركز على تثمين المستخلصات النباتية في مجال الحماية الزراعية في هذا الإطار. هذا هو السبب في اختيار المستخلصات المائية لمخاريط السرو (*Cupressus sempervirens*) وبذور حب الرشاد (*Lepidium sativum*) لاختبار تأثيرها المضاد للفطريات "في الجسم الحي" و "في المختبر" على *Colletotrichum sp.* العامل المسبب لأنثراكنوز في الطماطم. تم استخلاص المكونات الفعالة بطريقة الماء الشديد الحرارة.

**الكلمات المفتاحية:** *Cupressus sempervirens* ، *Lepidium sativum* ، *Colletotrichum sp.* ، ماء شديد الحرارة ، أنثراكنوز ، طماطم.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن المستخلصين أظهروا نشاطاً مضاداً للفطريات وأن مستخلص *Lepidium sativum* كان الأكثر فعالية "في المختبر" و "في الجسم الحي".



# **INTRODUCTION**

### Introduction

La tomate (*Lycopersicon esculentum*) est l'un des fruits et légumes le plus cultivé au monde pour son utilisation dans de nombreux mets. C'est aussi un produit agricole riche en éléments nutritifs, notamment le lycopène, dont des études épidémiologiques ont montré qu'il pourrait lutter contre l'apparition de certaines maladies dégénératives telles que le cancer de la prostate (**Yahoui, 2015**).

Malgré son importance nutritive et économique, il y'a un manque accru dans la production de la tomate. Ceci est dû, essentiellement, aux agents phytopathogènes qui causent des maladies plus ou moins graves sur cette plante. L'antracnose figure parmi les maladies fongiques les plus importantes de la tomate provoquant, en effet, des pertes économiques considérables du point de vue rendement. *Colletotrichum* sp. est l'un des agents causaux de l'antracnose, une maladie dangereuse de la tomate ainsi que de la pomme de terre (**Khiat et Guerfi, 2018**).

La lutte contre ce champignon phytopathogène peut s'effectuer par plusieurs méthodes soit des mesures prophylactiques ou par la lutte chimique. Cette dernière est efficace, rapide mais malheureusement elle aboutit souvent à la sélection des souches résistantes, en plus la d'accrue sur l'environnement et l'effet toxique sur la santé des agriculteurs et des consommateurs. Pour résoudre ce problème dans un contexte focalisé sur le respect de l'environnement et la santé publique les agriculteurs et les scientifiques cherchent d'autres méthodes alternatives à la lutte chimique telle que la lutte biologique (**Bergheul, 2018**).

C'est une méthode de lutte basé sur des agents biologiques comme l'utilisation des microorganismes ou même des substances issues de métabolisme des êtres vivant comme les extraits d'origine naturels. En associant la connaissance traditionnelle des plantes riches en métabolites secondaires, la recherche scientifique sur leurs constituants actifs et les observations in-vitro de leur effet antimicrobien, il est possible de dresser une stratégie d'exploitation des plantes ayant cette particularité dans le domaine de la lutte biologique contre les maladies des cultures (**Debbab, 2017 ; Bergheul, 2018**).

Les activités biologiques des extraits des plantes sont connues depuis l'antiquité. Toutefois, il aura fallu attendre le début du 20ème siècle pour que les scientifiques commencent à s'y intéresser. Ces propriétés sont dues essentiellement à la production d'huile essentielle et aux composés phénoliques des plantes. Pour ces raisons, l'étude des activités biologiques des substances issues des plantes, en vue de leurs applications dans le domaine de la santé humaine,

agroalimentaire et même phytosanitaire demeure une tâche intéressante et utile (**Debbab, 2017**).

De part sa situation géographique particulière, l'Algérie bénéficie d'une gamme très variée de climats favorisant le développement d'une flore riche et diversifiée. En effet, le territoire Algérien couvre d'importantes ressources végétales réparties sur les côtes, les plaines, les montagnes, la steppe, et le Sahara (**Bergheul, 2018**).

Dans ce contexte, ce travail a pour objectif de l'étude de l'efficacité antifongique des extraits aqueux des cônes *Cupressus sempervirens* et des graines *Lepidium sativum* vis-à-vis de *Colletotrichum* sp. agent pathogène de l'antracnose sur tomate.



**PREMIERE PARTIE :**  
**SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**



**CHAPITRE I : PLANTES  
MEDICINALES**

## Chapitre I : plantes médicinales

Les plantes ont été utilisées par l'homme, depuis la période préhistorique, comme une source principale de nourriture. Ensuite, leur intérêt s'est développé pour être employées comme médicaments et remèdes afin de soigner les différentes maladies.

Dans le code de la santé publique, il n'existe pas de définition légale d'une plante médicinale au sens juridique, mais en France « une plante » est dite médicinale lorsqu'elle est inscrite à la pharmacopée et que son usage est exclusivement médicinal. C'est-à-dire qu'elles sont présentées pour leurs propriétés préventives ou curatives à l'égard des maladies humaines ou animales (**Bouhamed et Zidane, 2019**).

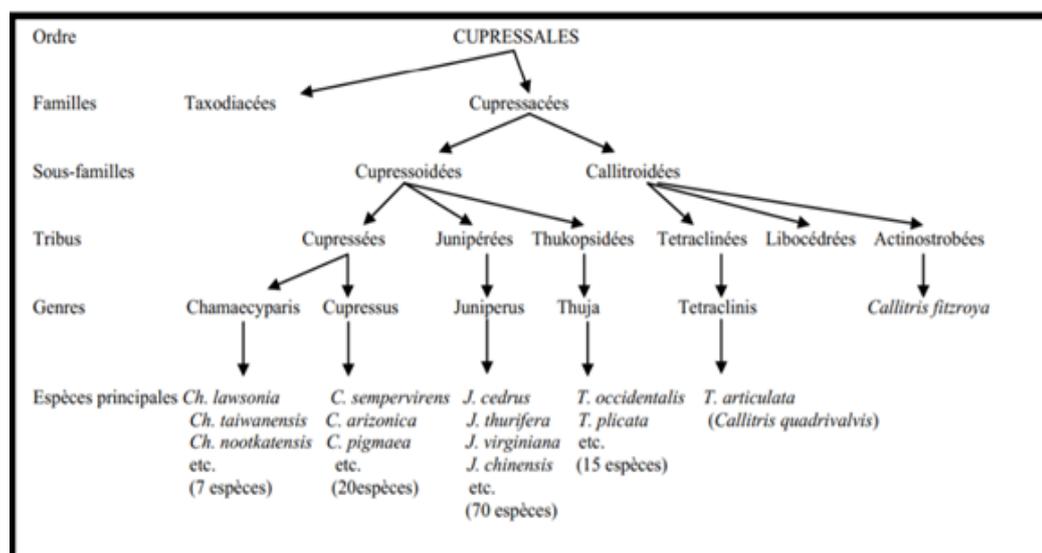
### I.1. La famille des Cupressacées

Selon **Shahali et al., (2010)**, c'est la plus répandue de toutes les familles de gymnospermes. C'est la plus cosmopolite avec dix genres dans chaque hémisphère, mais la plupart des espèces se trouvent dans l'hémisphère nord. Par ailleurs, la distribution de cette famille est sous l'influence de facteurs divers : climat, sol, perturbations (catastrophes naturelles, exploitation humaine), etc (**Bouyahyaoui, 2017 ; Sebbane et Khaldi, 2019**).

Les plantes de cette famille possèdent les feuilles opposées, verticillées et étroitement imbriquées, aciculaires ou squamiformes, et a appareil reproducteur mâle en forme de petit cône et appareil reproducteur femelle de plusieurs types, bractées et écailles totalement ou presque concrescentes en une pièce unique de 1-20 ovules, cône mûr ligneux, à écailles anguleuses formant écusson à l'extérieur, contiguës par leur marge. Elles contiennent des matières résineuses, et un principe amer, et fournissent des extraits employés en médecine. Leur bois est souvent utilisé dans l'industrie (**Sebbane et Khaldi, 2019**).

#### I.1.1. Classification systématique des Cupressacees

Les Cupressaceae comprennent deux sous-familles : les Cupressoideae et les Callitroideae, chacune se divise en trois tribus (**Haluk et Roussel, 2000 ; Sebbane et Khaldi, 2019**), 162 espèces réparties en 32 genres. Ce sont des arbres ou arbustes, monoïques en général, avec ramification opposée ou verticillée par 3 (**Sebbane et Khaldi, 2019**).



**Figure 01** : Classification détaillée de l'ordre de cupressales (Haluk et Roussel, 2000 ; Bouyahyaoui, 2017 ; Hireche et Ferhat, 2019 ; Sebbane et Khaldi, 2019)

### I.1.2. *Cupressus sempervirens* L

Le genre *Cupressus* est l'un de plusieurs genres dans la famille de Cupressaceae (Loukis, 1991 ; Chanegriha et al., 1993 ; Chanegriha et al., 1997 ; Milos et al., 2002 ; Emami et al., 2004 ; Emami et al., 2006 ; Koreim, 2009 ; Mazari et al., 2010 ; Shahali et al., 2010 ; Tumen et al., 2012 ; Amri et al., 2013 ; Ben Nouri et al., 2015 ; Fayed, 2015 ; Amara et Boughérara, 2017 ; Hireche et Ferhat, 2019 ; Sebbane et Khaldi, 2019) Sur la base des analyses génétiques et morphologiques, le *Cupressus* est classé dans la sous famille de Cupressoideae (Tumen et al., 2012). Il Comporte 12 espèces qui sont distribuées dans les régions méditerranéennes (Bagnoli et al., 2009 ; Amri et al., 2013 ; Ben Nouri et al., 2015 ; Amara et Boughérara, 2017 ; ; Bouksaim et al., 2018), l'Amérique du Nord et Asie subtropicale (Amri et al., 2013 ; Ben Nouri et al., 2015 ; Amara et Boughérara, 2017 ; Bouksaim et al., 2018).

L'espèce *Cupressus sempervirens*, connu sous le nom de cyprès méditerranéen, italien ou commun (Brofas et al., 2006 ; Shahali et al., 2010 ; Caudullo et de Rigo, 2016), est une espèce boisée naturelle ou introduite relativement fréquente répartie dans toute la méditerranée (Brofas et al., 2006). Elle est 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).

- **Noms communs**

-**Arabe** : Saro, Shajarat el-Saro, Saro al-bahr al-abiadh ; **Chinois** : di zhong hai bai mu

-**Anglais** : Cyprès commun, Cyprès du cimetière, Cyprès italien, Cyprès méditerranéen, Cyprès toscan, Pin crayon

-**Français** : Cyprès commun, Cyprès de Montpellier, Cyprès de Provence, Cyprès d'Italie, Cyprès méditerranéen, Cyprès ordinaire, Cyprès pyramidal, Cyprès sempervirent, Cyprès toujours vert

-**Allemand** : Echte Zypresse, Italienische Zypresse; **Italien**: commune Cipresso

-**Espagnol** : Ciprés común, Ciprés italiano ; **Suédois** : kretacypress (Al-Snafi, 2016).

### I.1.2.1. Classification systématique de *Cupressus sempervirens*

Le Cyprès, *Cupressus Sempervirens* L. est classé comme suit :

Embranchement	Spermaphytes ou phanérogames
Sous- embranchement	Gymnospermes (graine nue)
Classe	Pinopsida
Ordre	Pinales
Famille	Cupressacées
Genre	<i>cupressus</i>
Espèce	<i>Cupressus sempervirens</i> . L.

(Nichane, 2015 ; Al-Snafi, 2016 ; Hireche et Ferhat, 2019).

### I.1.2.2. Caractéristiques et description de *Cupressus sempervirens*

Les espèces du genre *Cupressus* sont les arbres des conifères (Becker et al., 1982 ; Afif et al., 2006 ; Amri et al., 2013 ; Caudullo et de Rigo, 2016) à grande longévité, monoïque (Becker et al., 1982 ; Caudullo et de Rigo, 2016 ; Hireche et Ferhat, 2019) thermophile (Becker et al., 1982 ; Hireche et Ferhat, 2019), et a enracinement fixe et solide au sol qui assure la stabilité de l'arbre (Cheraief et al., 2006 ; Hireche et Ferhat, 2019).

*Cupressus sempervirens* a deux formes distinctes: la forme horizontalis avec une large couronne pyramidale et des branches s'étalant horizontalement (il constitue les peuplements naturels), et la forme pyramidalis (ou fastigiata) ressemblant a une colonne (Papageorgiou et al., 1994 ; Brofas et al, 2006 ; Caudullo et de Rigo, 2016) conique compacte et de petits angles entre les branches et le tronc (Papageorgiou et al., 1994 ; Brofas et al., 2006). (Caudullo et

**de Rigo, 2016**). Des formes intermédiaires entre ces deux variétés ont été observées en raison de leur interfertilité. Selon (**Brofas et al., 2006**), la colonne est considérée comme une forme cultivée sélectionnée pour la plantation il y a longtemps et rare dans les habitats naturels (**Caudullo et de Rigo, 2016**).

*Cupressus sempervirens* L (le Cyprés méditerranéen) est une plante de longue vie et de croissance modérée, pouvant atteindre quarante mètres (40 m) (**Cheraief et al., 2006 ; Asgary et al., 2012 ; Hireche et Ferhat, 2019**) de hauteur et une largeur de 3 à 5 m (Figure 02) (**Asgary et al., 2012**).



**Figure 02** : Le *Cupressus sempervirens*. L (**Hireche et Ferhat, 2019**).

#### **I.1.2.2.1. Les feuilles**

*Cupressus sempervirens* est un arbres à feuilles persistantes ( **Afif et al., 2006 ; Caudullo et de Rigo, 2016 ;Sebbane et Khaldi, 2019**) de taille moyenne (**Caudullo et de Rigo, 2016**), il peut atteindre jusqu'à 35 à 40 m de haut (**Caudullo et de Rigo, 2016 ;Sebbane et Khaldi, 2019**) avec des troncs de 1 m de diamètre (**Caudullo et de Rigo, 2016**), au feuillage toujours vert (**Cheraief et al., 2006 ;Caudullo et de Rigo, 2016 ; Hireche et Ferhat, 2019**), à écorce en forme d'écailles denses et étroitement pressées (**Caudullo et de Rigo, 2016**). Les feuilles de cet arbre sont persistantes, aromatiques, de couleur vert foncé.

Elles se déposent sur de courtes ramules. Elles sont feuilles et glanduleuses (glandes résinifères), squami formes, elles sont imbriquées sur au moins quatre rang (**Hireche et Ferhat, 2019**), sombre aux pointes émoussées de 2 à 5 mm de long (**Asgary et al., 2012**), elles sont d'une longévité exceptionnelle de 2000 ans (**Cheraief et al., 2006 ; Hireche et Ferhat, 2019**).

#### I.1.2.2.2. Écorce

*Cupressus sempervirens* possédant une écorce de couleur gris-brun (Molino, 2005 ; Caudullo et de Rigo, 2016), fibreuse et striée verticalement (Becker et al., 1982 ; Hireche et Ferhat, 2019), avec des crêtes filandreuses (Caudullo et de Rigo, 2016) rassemblées par paires opposées-décussées au bout des rameaux écailleux (Becker et al., 1982 ; Sebbane et Khaldi, 2019 ; Hireche et Ferhat, 2019).

#### I.1.2.2.3. Les fleurs

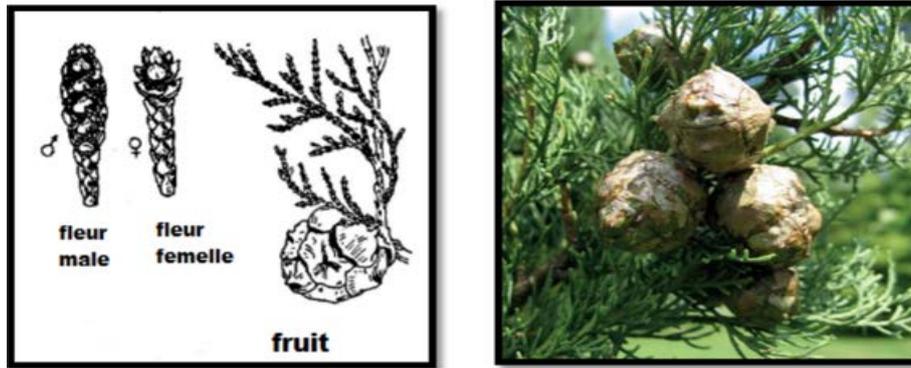
Les fleurs apparaissent au début du printemps et peuvent apparaître sur des plantes âgées de 3 à 6 ans. Les fleurs mâles sont cylindrique de 3 à 5 mm de long, de couleur jaune à brun claire à maturité, disposés sous forme de chatons ovoïdes, terminaux et déhiscents chargés en pollen, (Caudullo et de Rigo, 2016 ; Hireche et Ferhat, 2019; Sebbane et Khaldi, 2019).

Les fleurs femelles sont groupées et réunis en bouquet à l'extrémité des jeunes pousses en chatons globuleux, de couleur vert et brune (Caudullo et de Rigo, 2016 ; Hireche et Ferhat, 2019), elles sont portées par des rameaux très courts (Caudullo et de Rigo, 2016 ; Hireche et Ferhat, 2019 et Sebbane et Khaldi, 2019) mûrissant après un an en cônes ligneux brun-gris (Caudullo et de Rigo, 2016).

#### I.1.2.2.4. Les fruits

Les fruits du cyprès sont de sorte de cône ovoïde (Caudullo et de Rigo, 2016; Sebbane et Khaldi, 2019) de 20-25mm (Sebbane et Khaldi, 2019) de 3 à 4 cm de diamètre (Caudullo et de Rigo, 2016 ; Hireche et Ferhat, 2019), plus ou moins allongé, qui virent du vert au brun lorsqu'ils atteignent leur maturité (Sebbane et Khaldi, 2019). Ils ont une forme strobiles, globulaires, légèrement mucronées dans ces extrémités (Hireche et Ferhat, 2019 ; Amara et Boughérara, 2017) (Figure 03).

Ces cônes sont constitués de 6 à 14 écailles (Caudullo et de Rigo, 2016 ; Hireche et Ferhat, 2019) opposées (Caudullo et de Rigo, 2016) ligneuses polygonales d'un brun clair à brun foncé à maturité (Hireche et Ferhat, 2019), la maturation est bisannuelle (Sebbane et Khaldi, 2019). Les cônes s'ouvrent à maturité pour laisser s'échapper les graines (Amara et Boughérara, 2017).



**Figure 03 :** Cônes *Cupressus sempervirens* (Caudullo et de Rigo, 2016 ; Sebbane et Khaldi, 2019).

Les cônes contenant de nombreuses graines ailées de petites tailles mesurant de 4 à 7 mm de long (Hireche et Ferhat, 2019), les graines sont en nombre de 8-20 pour chaque écaille, brunes (Figure 04), se libérant en automne-hiver (Caudullo et de Rigo, 2016).

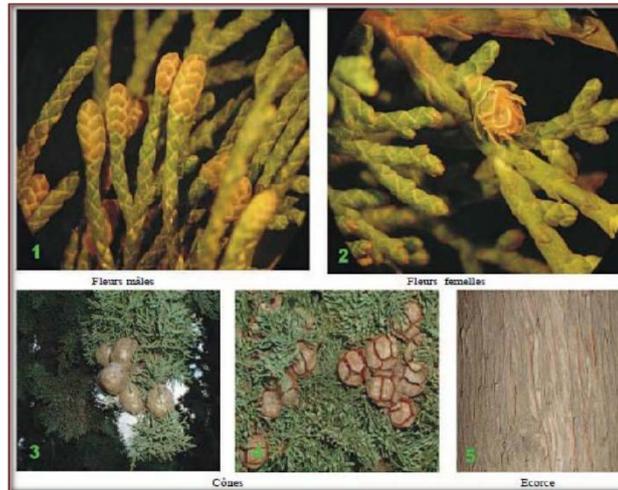


**Figure 04 :** Les graines à l'intérieur des cônes (Caudullo et de Rigo, 2016).

Certaines variétés produisent beaucoup de fruits, ce qui peut nuire à l'esthétique de l'arbre, notamment chez les formes colonnaires, en provoquant une arque des branches.

Certaines variétés ont été sélectionnées pour leur capacité à former moins de fruits. La pollinisation de Cupressacées est anémogame (Hireche et Ferhat, 2019) (pollen transporté par le vent), avec des graines de pollen de morphologie très homogènes. Pour ce genre de plante la pollinisation est abondante en février– mars (Caudullo et de Rigo, 2016 ; Hireche et Ferhat, 2019).

Aussi la production importante de pollen est la cause tous les ans de nombreuses allergies (Hireche et Ferhat, 2019).



**Figure 05** : Fleurs mâles et femelles, cônes et écorce de *Cupressus sempervirens* L (Becker et al., 1982 ; Hireche et Ferhat, 2019)

La floraison de cette plante commence au printemps (Hireche et Ferhat, 2019 ; Sebbane et Khaldi, 2019). La multiplication se fait par semis au printemps après avoir pris soin de conserver les graines au froid durant 3 mois (pour respecter la dormance), et le bouturage en fin d'été (Figure 06) en passant par les étapes suivantes :



**Figure 06** : Etapes de formation de la graine du *Cupressus sempervirens*.

1- 2- 3 : Phase initiale avec exposition des ovules.

4- 5- 6 : Premières phases de la fécondation.

7- 8- 9 : Grossissement des carpelles et formation du jeune cône.

10- 11- 12- 13 : Développement du cône jusqu'à l'ouverture et à la production de la graine

**(Hireche et Ferhat, 2019)**

Le cyprès aime les emplacements ensoleillés mais peut tolérer la mi-ombre, d'ailleurs, le cyprès s'est avéré très approprié comme espèces pionnières pour le reboisement car il peut tolérer la sécheresse, ainsi que les sols stériles et superficiels **(Sebbane et Khaldi, 2019)**.

### I.1.2.3. Répartition géographique

Au début du siècle, des peuplements spontanés de Cyprès ont été découverts. Il y a eu le *Cupressus dupreziana* au Tassili et le *Cupressus atlantica*. Ces deux espèces ont été, à un moment confondu avec le *Cupressus sempervirens*, ce n'est qu'après des études botaniques approfondies qu'il y a eu différenciation des trois espèces. **Hireche et Ferhat (2019)**, Pensent qu'à l'origine il y a eu une seule espèce de *Cupressus* qui recouvrait toute la zone

méditerranéenne. La différenciation entre le Cyprès vert, le Cyprès du Tassili et le Cyprès de l'Atlas s'est fait au cours du temps et serait due à l'influence du milieu climatique.

La répartition naturelle de ce cyprès n'est pas claire en raison de sa longue histoire horticole dans la région méditerranéenne. Des peuplements naturels se trouvent dans le bassin sud-ouest de la Méditerranée sur plusieurs zones géographiquement non adjacentes atteignant vers l'Est le Caucase et le sud-ouest de l'Iran, bien que des études récentes sur les enregistrements génétiques et paléobotaniques présument la présence de populations naturelles de la Méditerranée centrale (**Caudullo et de Rigo, 2016**).

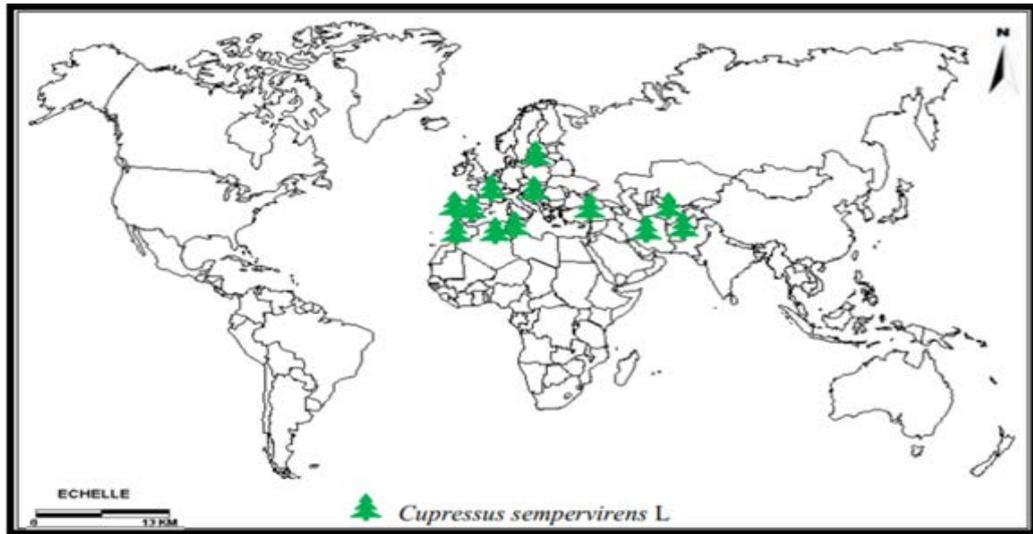
#### **I.1.2.3.1. Dans le monde**

Le genre *Cupressus* représente, la famille des Cupressacée la plus cosmopolite avec dix genres dans chaque hémisphère, mais la plupart des espèces se trouvent dans l'hémisphère nord (**Hireche et Ferhat, 2019**).

Plus précisément, les boisés naturels de *Cupressus sempervirens* qui se trouvent en Anatolie du Sud, à Chypre, en Syrie, en Palestine, au Liban, en Cyrénaïque et dans les îles du sud-est de la Grèce. Des occurrences isolées sont signalées de la région d'Elburz aux montagnes du sud de l'Iran (**Brofas et al, 2006**).

*Cupressus sempervirens* L était indigène au bassin méditerranéen (**Shahali et al, 2010 ; Al-Snafi, 2016 ; Caudullo et de Rigo, 2016 ; Hireche et Ferhat, 2019**) (Figure 07) et du Moyen-Orient, comme arbre ornemental (**Caudullo et de Rigo, 2016**). Cependant, la plante a été distribuée en Asie tropicale à haute altitude (**Hireche et Ferhat, 2019**) (Iran, Palestine, Jordanie, Liban, Syrie, Irak, Turquie), au sud d'Europe (la Grèce et l'Italie), en Amérique nordique et au Nord d'Afrique (**Al-Snafi, 2016 ; Hireche et Ferhat, 2019**) où trois espèces dans la flore nord-africaine (Algérie, Tunisie, Maroc), pour plus de commodité, appelé *Cupressus sempervirens* sont souvent confondus, étant étroitement apparentés et similaires en apparence extérieure (**Molino, 2005; Hireche et Ferhat, 2019**).

Ces espèces globales incluent une espèce endémique marocaine *C. atlantica* Gaussen, une espèce endémique algérienne *C. dupreziana* A. Camus et *C. sempervirens* L., pour cette dernière espèce en Tunisie on retrouve trois variétés, pyramidalis, horizontalis et numidica, qui diffèrent dans la direction des branches (**Hireche et Ferhat, 2019**).



**Figure 07** : Aire et répartition de *Cupressus sempervirens* L. dans le monde (Nichane, 2015 ; Hireche et Ferhat, 2019 ; Sebbane et Khaldi, 2019)

Certaines populations sont reconnues comme des cépages séparés et pour certains auteurs sont traités comme des espèces différentes : *Cupressus sempervirens* var. *numidica* en Tunisie et *Cupressus sempervirens* var. *indica* dans le nord de l'Iran. Les cyprès marocains endémiques des montagnes du Haut Atlas sont considérés comme une espèce distincte (*Cupressus atlantica*), mais certains auteurs le classent comme cépage du cyprès commun (*Cupressus sempervirens* var. *atlantica*) ou du cyprès du Tassili (*Cupressus dupreziana* var. *atlantica*) (Caudullo et de Rigo, 2016).

#### I.1.2.3.2. En Algérie

En Algérie, les explorations botaniques faites montrent bien la richesse et la diversité floristique de l'Algérie. Cependant, 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.

Ces dernières, se rencontrent sur les deux massifs de l'atlas algérien à des taux de recouvrement variables, soit en association avec d'autres végétaux ou bien formant des peuplements clairsemés et isolés.

Mais, 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. Ces espèces tolèrent bien les conditions d'un milieu xéothermique. Le cyprès vert (*Cupressus sempervirens*. L) est le plus répandu. Il offre une très grande diversité notamment en terme de forme et est utilisé à des fins ornementales, en brise vent ou encore entant qu'arbre forestier ; tandis que, le cyprès de Duprez (*Cupressus dupreziana* A. Camus) se rencontre naturellement dans le désert du Tassili N'Ajjer (Algérie) et représente une des espèces rares et menacées. Un récent inventaire fait état de 231 arbres survivants dans cette région désertique où la pluviométrie annuelle est d'environ 20 mm (Bouyahyaoui, 2017 ; Hireche et Ferhat, 2019).

#### I.1.2.4. Habitat et écologie

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 et intérieures de son aire de répartition.

C'est une espèce exigeante en lumière, résistante à la sécheresse et à la chaleur, qui croît avec un taux de pluie de seulement 200 mm par an. Sa période de croissance végétative coïncide avec le printemps et l'automne, pendant la période hivernale et celle des grandes chaleurs elle est au repos, tandis qu'elle peut reprendre rapidement après la pluie grâce à son grand système racinaire peu profond. Les jeunes plantes ne tolèrent pas les basses températures, tandis que les adultes peuvent survivre à des températures allant jusqu'à -20 ° C.

C'est une espèce pionnière qui croît rapidement lorsqu'elle est jeune sur la plupart des substrats, mais pas sur l'argile ou les sols engorgés d'eau. Il prospère mieux que les autres espèces sur des sols rocheux, secs et compacts, même s'il préfère des sols riches, profonds, humides et bien aérés avec un pH neutre, où cependant il est moins compétitif.

Ce cyprès peut vivre plus de cent ans en peuplements naturels. Les plantes âgées de 200 à 500 ans ne sont pas rares. L'un des plus anciens cyprès vivants est situé en Italie et date de plus de 800 ans.

Le cyprès méditerranéen forme des zones boisées ouvertes, car sa litière pourrait empêcher le développement d'une végétation de sous-étage en raison d'effets allélopathiques. Sur son aire de répartition naturelle, il développe des peuplements purs ou est mélangé avec du pin d'Alep (*Pinus halepensis*), du pin turc (*Pinus brutia*), du pin noir (*Pinus nigra*) ou des espèces de maquis souvent associées aux genévriers (*Juniperus* ssp.) (Caudullo et de Rigo, 2016).

### I.1.2.5. Utilisation

Cet arbre est principalement utilisé comme arbre d'ornement en raison de sa forme de couronne conique (Caudullo et de Rigo, 2016) dans les jardins (Caudullo et de Rigo, 2016 ; Amara et Boughérara, 2017 ; Hireche et Ferhat, 2019) comme brise vent (Caudullo et de Rigo, 2016) dans les plantations (Amara et Boughérara, 2017 ; Hireche et Ferhat, 2019).

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).

*Cupressus sempervirens* est une plante médicinale traditionnelle (Selim et al., 2014 ; Amara et Boughérara, 2017) et aromatique (Amara et Boughérara, 2017), traditionnellement employé pour le traitement de l'angine et les rhumatismes (Sebbane et Khaldi, 2019) et dans la médecine traditionnelle turque, les fruits de cette plante sont employés pour traiter le rhume et les toux (Tumen et al., 2011 ; Amri et al., 2013), ses feuilles sèches sont utilisées comme emménagogue (Ben Nouri et al., 2015 ; Hireche et Ferhat, 2019) et employées dans le traitement de douleur d'estomac et du diabète (Selim et al., 2014 ; Ben Nouri et al., 2015 ; Hireche et Ferhat, 2019). Elle a été aussi employée pour la grippe, les toux et la bronchite (Amri et al., 2013 ; Al Snafi, 2016).

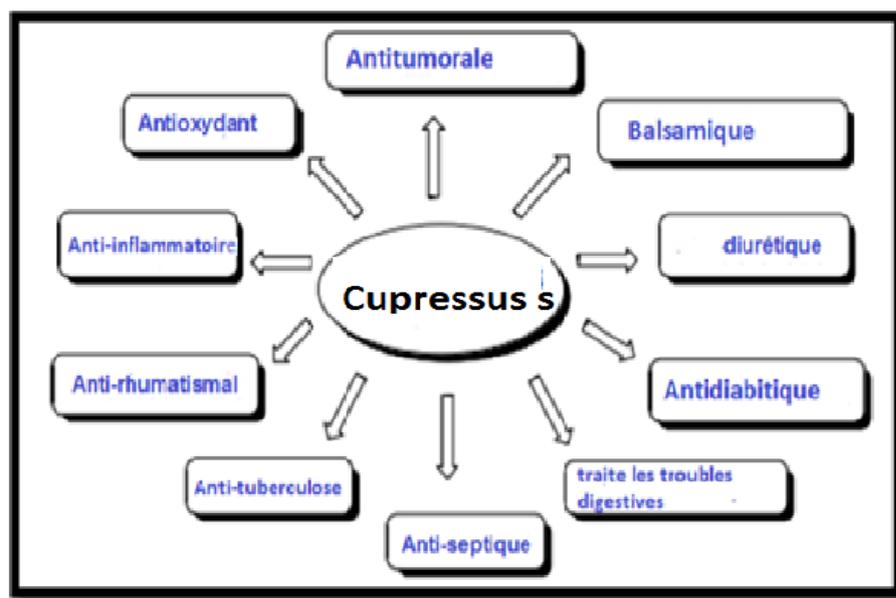
Ses feuilles sèches et son fruit sont utilisées aussi dans le traitement de l'inflammation, mal de dents, laryngites et comme contraceptif (Selim et al., 2014 ; Ben Nouri et al., 2015 ; Hireche et Ferhat, 2019).

Les cônes ont été également utilisés comme anti-diarrhéique, antiseptique, astringent, toxifuge, anti-hémorroïdaire, anti-vasoconstriction et antirhumatisme (Hireche et Ferhat, 2019).

La graine séchée de cet arbre a été utilisée pour traiter des plaies, des ulcères, des ecchymoses, des boutons, des pustules, des éruptions cutanées et de l'érysipèle (Ben Nouri et al., 2015 ; Hireche et Ferhat, 2019).

Les parties de la plante qui sont donc utilisées, dans la médecine traditionnelle sont les feuilles et les cônes. Ainsi, *Cupressus sempervirens* possède plusieurs activités biologiques qui sont précisés encore plus dans la figure 08.

La phyto-préparation obtenue à partir du noyau et des jeunes branches de *C. sempervirens* aurait des activités antiseptiques, aromatiques thérapeutiques, astringentes, balsamiques et anti-inflammatoires (Amri et al., 2013).



**Figure 08** : Divers activités biologiques de *Cupressus sempervirens* (Khan et al., 2017).

#### I.1.2.6. Toxicité

Depuis l'Antiquité, son bois a été particulièrement apprécié pour sa résistance aux champignons et aux insectes, surtout s'il est immergé dans l'eau. Le bois convient à la petite menuiserie, aux boiseries extérieures (portes, fenêtres, meubles de jardin, etc.) et à la construction navale. L'odeur répulsive des insectes rend le bois adapté aux coffres et aux armoires pour ranger le linge de maison et les aliments. Il est également utilisé pour les cercueils (Caudullo et de Rigo, 2016).

D'autre part, le pollen du cyprès est très allergisant (Sebbane et Khaldi, 2019).

#### I.1.2.7. Composition biochimique

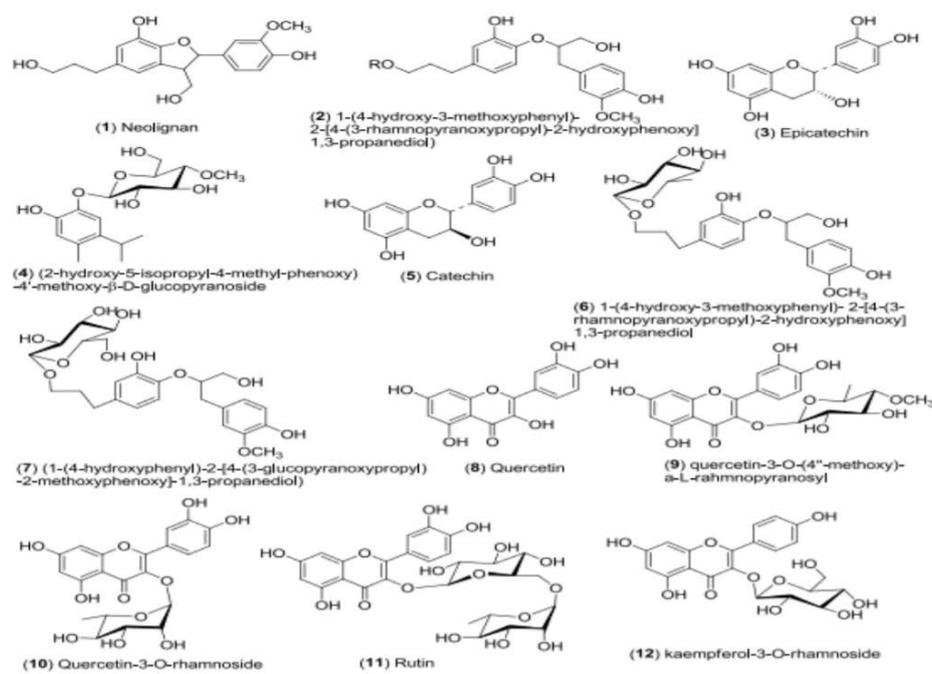
*C. sempervirens* est riche en constituants flavonoïdes comme la cupressuflavone, l'aménoflavone, rutine, quercitrine, quercétine, myricitrine. Certains composés phénoliques (anthocyanidine, catéchines flavones, flavonols et isoflavones) tanins (acide ellagique, acide

gallique, phényl isopropanoïdes, acide caféique, acide coumarique, acide férulique) lignanes, catechol (Koreim, 2009).

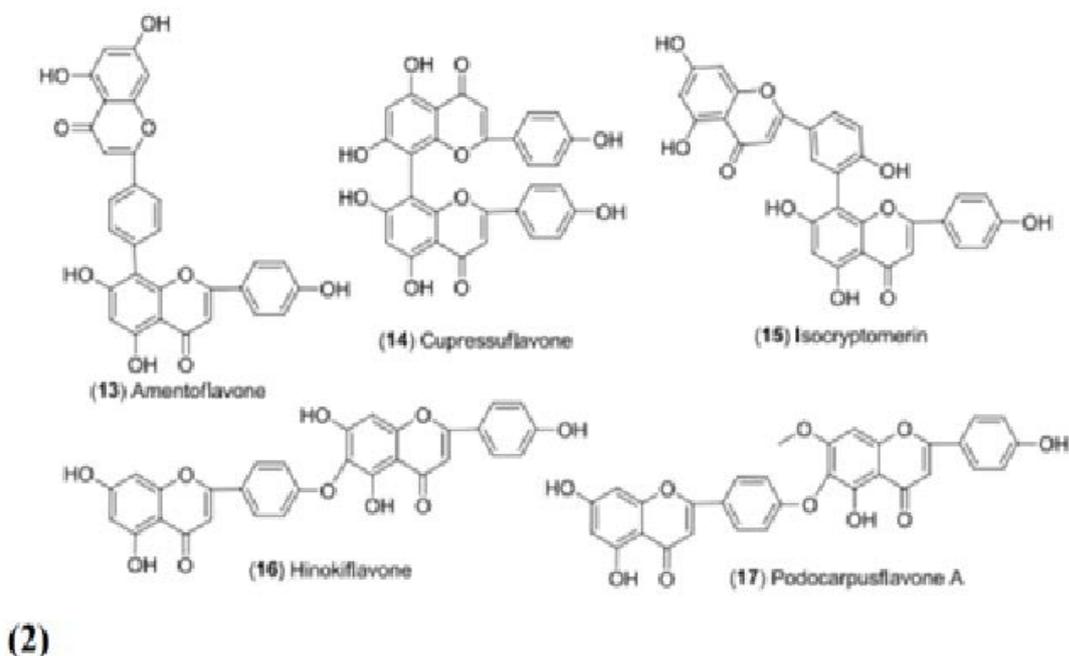
Les branches du cyprès contiennent des biflavonoïdes, des huiles essentielles (0.3-0.8%) qui sont riches en monoterpènes. Les cônes contiennent 0.5% d'huiles essentielles; riches en apinene, acides diterpéniques des tanins et dérivés oligomères proanthocyanidolique (Molino, 2005; Sebbane et Khaldi, 2019).

Dans des études précédentes, les constituants principaux ont été identifiés dans des espèces de *Cupressus* comme  $\alpha$ -pinène et  $\Delta$ -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 09.



(1)



**Figure 09** : 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).

#### I.1.2.8. Problèmes phytosanitaires

La plus dangereuse et la plus répandue, maladie du cyprès est le chancre de l'écorce causé par le champignon *Seiridium cardinale*. Ce parasite a connu de nombreuses épidémies sévères successives dans les pays méditerranéens depuis les années 70, affectant également d'autres espèces du genre *Cupressus*. Il a probablement été introduit des États-Unis pendant la seconde guerre mondiale avec du matériel militaire envoyé dans les zones de combat européennes (Italie, France) ou plus tôt (fin du XIXe siècle) avec le commerce du cyprès ornemental de Californie.

Le champignon se disperse par l'eau, le vent et aussi par l'intermédiaire des animaux, comme les oiseaux et les insectes. Il se développe sur les peuplements artificiels et sur les arbres ornementaux. Sa gestion nécessite l'élimination des arbres infestés et l'utilisation de formes génétiquement résistantes.

Le champignon *diplodia pinea* f. sp. *cupressi* provoque des chancres sur la tige et les branches des cyprès en stress hydrique. Des flambées ont été signalées principalement dans les pays de l'est du bassin méditerranéen, surtout en Palestine occupée.

Le puceron *Cinara cupressi* est un ravageur important de plusieurs espèces de cyprès, causant la mort d'arbres affectés suite une activité intense de succion de la sève pendant les épidémies. Ce puceron serait originaire de la région méditerranéenne ; il est signalé dans tous les pays où des cyprès sont plantés. L'acarien *Trisetacus juniperus* colonise le feuillage de plusieurs espèces des genres *Cupressus* et *Juniperus* et provoque également la destruction de la pousse apicale, donnant aux plantes affectées un aspect buissonnant typique.

Les peuplements naturels de cyprès méditerranéens sont des reliques de forêts plus répandues et de nos jours sont réduits et dégradés par des siècles d'exploitation, de déforestation, d'incendies et de pâturage du bétail. Ils couvrent un rôle environnemental et naturaliste important, en plus de leur valeur génétique pour la biodiversité. Ce n'est que récemment que ces peuplements ont été inclus dans des zones protégées. Cependant, le cyprès de méditerranée n'est suffisamment abondant, surtout sous ses formes véritablement sauvages, pour être considéré comme non menacé d'extinction (Caudullo et de Rigo, 2016).

## I.2. La famille des Brassicaceae

Cette famille appartient à l'ordre des brassicales (Judd et al., 2002 In Schweingruber, 2006) rassemblent près de 4500 espèces divisées en 17 familles dont certaines sont monospécifiques ; les brassicacées sont des plantes herbacées surtout des régions tempérées ou elles sont largement dominantes. Il y a aussi les capparacées, résédacées, caricacées et tropéolacées (Dupont et Guignard, 2012 In Bouchikhi et Mekki, 2018).

Les Brassicaceae sont l'une des familles de plantes les plus connues et les plus diversifiées (Couvreur et al., 2009 ; AlShehbaz 2012 In Huang et al., 2015 ; Al-Shehbaz et al., 2014 ; German et Friesen, 2014). Les Brassicaceae comprennent 350 à 400 genres et 3000 à 4000 espèces (réparties dans le monde) (Sitte et al., 2002 In Schweingruber, 2006 ; Judd et al., 2002 In Schweingruber, 2006 ; Warwick et al., 2008) et compte 187 espèces selon (Kadi, 2018), comprend 3 700 espèces délimitées en 51 tribus et 321 genres selon (Al-Shehbaz 2012 In Huang et al., 2015 ; Al-Shehbaz et al., 2014 ; German et Friesen, 2014).

Elle se place au 6<sup>ème</sup> rang des familles d'angiospermes (Huang et al., 2015 ; Kadi, 2018) les plus diverses et les plus économiquement précieuses comme des cultures maraîchères largement cultivées (ex : *Brassica* spp.) et des plantes modèles scientifiquement importantes (ex : *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh) (Al Shehbaz 2012 In Huang et al, 2015 ; Al-Shehbaz et al., 2014 ; German et Friesen, 2014). Ainsi que des plantes économiquement importantes ; tels que des mauvaises herbes (ex : *Capsella*, *Lepidium*, *Sisymbrium* et *Thlaspi*) ; et des plantes ornementales (ex, *Hesperis*, *Lobularia* et *Matthiola*), et (Zunk et al., 1999 ; Bailey et al., 2002

**In Couvreur et al., 2010 ; Warwick et Sauder, 2005 ; Warwick et al., 2007 In Couvreur et al., 2008, 2010).**

La présence de glycosinolates, de cellules de myrosine et des vaisseaux avec des trous vesturés sont caractéristiques de la famille, (**Sitte et al., 2002 In Schweingruber, 2006. D'après Judd et al., 2002 In Schweingruber, 2006**), La reconnaissance de la famille est simple, grâce à sa morphologie florale constante. Cependant, la détermination des différents genres et espèces est souvent délicate, elle nécessite la morphologie du fruit (**Kadi, 2018**).

La taxonomie des Brassicaceae a longtemps été controversée en raison des frontières génériques souvent mal délimitées et des tribus artificiellement circonscrites, ce qui a entraîné un manque d'accord sur le nombre et les frontières entre les tribus et les genres, donnant lieu à plusieurs systèmes de classification mis au cours les deux derniers siècles (**Warwick, 2010 ; Sun et al., 2013**).

### **I.2.1. Caractéristique botaniques**

Les Brassicaceae sont des plantes annuelles ou vivaces rarement arbustives et terrestres, l'appareil végétatif se développe la première année et l'appareil reproducteur l'année suivante.

Les feuilles sont isolées, presque toujours simples et alterne à stipules réduits et caducs (**Philippe, 2013 ; Kellogg, 2015 in Ghennou et Boufodda, 2019**). L'appareil végétatif est riche en essence sulfurée d'où la saveur piquant (**Ghennou et Boufodda, 2019**).

Leurs fleurs, régulières, en grappes, sont hermaphrodites. Le calice comprend 4 sépales, deux d'entre eux peuvent être renflés à la base, ils peuvent alors recevoir le nectar de deux glandes situées près de la base des étamines. La corolle est à 4 pétales non soudés (libres) qui alternent avec les sépales. Il y a 6 étamines (organes mâles de la fleur) 2 petites et 4 grandes (parfois 4 seulement). Le pistil (organe femelle) comporte deux carpelles soudés. Il renferme des ovules fixés sur les placentas pariétaux (Sur les côtés). Le style est simple et se prolonge par le stigmate. La pollinisation est l'œuvre des insectes (le nectar les attire) ou bien il y a auto fécondation.

Le fruit est une silique (fruit sec) allongée ou courte, on l'appelle silicule selon les espèces (**Ghennou et Boufodda, 2019**). L'ovaire est supère, sessile ou porté par un pied (gynophore) constitué par 2 carpelles à une loge. En certains cas, l'ovaire se rétrécit entre les ovules ou se divise transversalement en 2 ou plusieurs articles par développement intérieur des parois. Les ovules sont campylotropes. Le style est court ou très court. Le stigmate est entier, bilobé ou émarginé. Les fruits secs sont de constitutions variées (**Quezel et Santa, 1962 In Ghennou et Boufodda, 2019**).

Cette famille est très homogène, très évoluée, facile à définir et très reconnaissable par ces fleurs à pétales disposés en croix, d'où leur nom précédent, de crucifère (du latin « cruceum ferre », porter une croix) (Guingard, 2004 In Bouhamed et Zidane, 2019 ; Dupont, 2004).

Cette famille contient d'abondantes ressources génétiques et génomiques, y compris 19 séquences de génomes (Gong *et al.*, 2005 ; Amasino, 2009 ; Mummenhoff *et al.*, 2009 ; Dassanayake *et al.*, 2011 ; Hu *et al.*, 2011 ; Rushworth *et al.*, 2011 ; Wu *et al.*, 2012 ; Haudry *et al.*, 2013 ; Slotte *et al.*, 2013 ; Verbruggen *et al.*, 2013 In Huang *et al.*, 2015 ; Anderson *et al.*, 2014 ; Halimaa *et al.*, 2014 ; Vekemans *et al.*, 2014).

### I.2.2. Distribution des Brassicaceae

Il s'agit d'une famille très ancienne. Dès l'ère secondaire, Les Brassicaceae primitives se seraient répandues sur toute la surface des terres émergées, mais au Tertiaire, des lots d'espèces auraient été séparés par l'isolement des continents et auraient évolué en se spécialisant. Cette hypothèse est encore renforcée par le fait que certains genres appartenant à une même tribu se trouvent comme parachutés en divers points du globe. Ainsi les Stanleyeae d'Amérique du Nord ont un représentant dans l'île Sakhaline et un autre dans les montagnes de l'Altaï. Le *Cakile*, espèce des côtes eurasiatiques et d'Afrique du Nord, existe aussi sur certaines côtes américaines et australiennes. Ces plantes témoignent d'une aire de répartition très ancienne, beaucoup plus étendue, et n'auraient pratiquement pas évolué depuis cent cinquante ou deux cents millions d'années. Cette famille est très ancienne, mais aussi très évoluée et spécialisée : la répartition géographique, d'une part, et la simplification du type floral ainsi que la complexification de la silique, d'autre part, en sont les signes visibles (Morioka *et al.*, 2008 ; Ghennou et Boufodda, 2019).

Les Brassicaceae sont représentées dans le monde entier, mais principalement dans les régions tempérées de l'hémisphère Nord (Guyot et Dupuy, 1963 ; AlShehbaz *et al.*, 2006 In Huang *et al.*, 2015 ; Ghennou et Boufodda, 2019).

Leur proportion dans la flore phanérogame diminue lorsqu'on s'éloigne des régions polaires. Il y a 19 % de Brassicaceae dans la flore du Spitzberg, mais 1% seulement au Sénégal. Elles sont plus rares dans l'hémisphère sud.

La famille est essentiellement concentrée sur le pourtour méditerranéen, en Asie mineure jusqu'en Iran. L'ouest de l'Amérique du nord est aussi une région riche en Brassicaceae. Deux petites tribus sont caractéristiques de la région du Cap en Afrique du sud : les Chamireae et les Heliophileae. Une autre tribu, mono spécifique, celle des Pringleae est endémique des lointaines îles Kerguelen et Crozet de l'hémisphère sud (Ghennou et Boufodda, 2019).

Les Brassicaceae peuplent la presque totalité des habitats et des milieux de vie possibles: sables et rochers maritimes, bords de ruisseaux, talus calcaires, pelouses humides ou sèches, cultures et jardins, bords de chemins, cailloutis et prairies de montagne. Quelques-unes, très rares, sont des hydrophytes (**Koch et al., 2009 In Ghennou et Boufodda, 2019**).

Les Brassicaceae sont cosmopolites, certaines se sont adaptées à des milieux particuliers, comme les montagnes ou les déserts, présentent une lignification poussée et une surface foliaire réduite. En Algérie, la famille des Brassicaceae est représentée par 10 tribus (**Maire, 1967 In Bouhamed et Zidane, 2019**).

### I.2.3. Utilisation des Brassicaceae

Les Brassicaceae comportent des légumes les plus consommés partout dans le monde, elles sont considérées comme une bonne source de composés phytochimiques bioactifs. Plusieurs Brassicaceae possèdent un intérêt économique majeur et sont cultivées en tant que :

- Légume (**Ghennou et Boufodda, 2019**) (le cresson de terre *Barbarea verna* (**Andersson et Heiser, 1999 ; Ghennou et Boufodda, 2019**) et le navet *Brassicarapa* (**Suwabe et al, 2003 In Ghennou et Boufodda, 2019**),
- Plantes oléagineuses (La cameline *Camelina sativa*),
- Plantes ornementales (le genre *Malcomia ex.* La malcomie maritime (*Malcomia maritima*) (**Ghennou et Boufodda, 2019**).

### I.2.4. Activités biologiques des Brassicaceae

Les plantes de cette famille ont des propriétés antifongiques, antirhumatismales et antidiabétiques (**Kirtika et Basu, 1975 In Ghennou et Boufodda, 2019**). Les légumes de la famille des Brassicaceae comportent des composés qui ont des activités anti-cancérigènes et immunomodulatrice (**Preobrazhenskaya et al., 1993 In Ghennou et Boufodda, 2019**. En effet, **Bandrés et al., (2006)**, ont révélé la présence de l'ascorbigen qui est un dérivé d'indole contenant de l'acide L-ascorbique et des glucosinolates. Le sulforaphane est un produit d'hydrolyse de glucosinolates qui sont abondants dans les légumes du genre Brassica, est un des plus puissants aliments anti-carcinogènes.

L'espèce *Brassica oleracea* est une source importante de fibres alimentaires et diverse composés possédant des activités anti-ulcère (**Dilling et Lemos, 2011 ; Ghennou et Boufodda, 2019**), antifongique (**Aime et al., 2003 in Ghennou et Boufodda, 2019**), anti trypanosomienne (**Shaba et al., 2015 ; Ghennou et Boufodda, 2019**), anti oxydante, antimicrobienne, et

immunomodulatrice. Le pollen de *Brassica napus* a été utilisé depuis des décennies en Chine pour traiter l'hyperplasie bénigne de la prostate (Ghennou et Boufodda, 2019).

### I.2.5. Le genre *Lepidium*

Le genre *Lepidium* est constitué d'environ 175 espèces, largement distribuées à travers le monde, sur tous les continents. C'est l'un des genres les plus représentés de la famille des Brassicacées. Peu d'informations sont connues sur la période d'apparition de ce genre. Il semble que celui-ci soit originaire du bassin méditerranéen, où la plupart des espèces diploïdes ont été trouvées (Dupont, 2004 ; Bouhamed et Zidane, 2019).

*Lepidium* est la transcription du grec lepidion qui signifie petite coquille. Ce sont des plantes annuelles, vivaces ou sous-ligneuse, à fleurs petites, blanches, rose ou violacées, caractérisées par la silicule déhiscence, à loge renfermant une ou rarement deux graines (Bouhamed et Zidane, 2019).

Les *Lepidium* sont connus sous le nom vernaculaire de "Passerage", nom proclamant l'ancienne utilisation comme antidote de la rage (Bouchikhi et Mekki, 2018).

#### I.2.5.1. *Lepidium sativum*

Le cresson alénois (*Lepidium sativum*) ou graine de jardinier est une plante herbacée annuelle (Gokavi et al., 2004; Paranjape et Mehta, 2006 ; Raval et Pandya, 2011 ; Manohar et al., 2012 ; Shukla et al., 2012 ; Elshal et al., 2013 ; Behrouzian et al., 2014 ; Halaby et al., 2015 ; Loucif et Tartouga, 2015 ; Aissous et Bechara, 2016 ; Barkat et al., 2017 ; Talpade et al., 2018; Baregama et Goyal, 2019 ; Bouhamed et Zidane, 2019) appartenant à la famille des Brassicacées (crucifères) (Gokavi et al., 2004; Manohar et al., 2012 ; AlObaidi, 2014 ; Behrouzian et al., 2014; Malara et al., 2014 ; Snehal et Manisha, 2014 ; Cammaerts et Johansson, 2015 ; Halaby et al., 2015; Raish et al., 2016 ; Barkat et al., 2017; Jacob, 2017 ; Jain et Grover, 2017 ; Bouchikhi et Mekki, 2018 ; Tadesse et al., 2018 ; Talpade et al., 2018; Abdel-Baky, 2019 ; Baregama et Goyal, 2019).

Dans certaines régions, le cresson alénois est connu sous le nom de cresson poivré ou de poivron. Il est également connu sous le nom de « hab ararchad » ou « Thufa » (Manohar et al., 2012 ; Ahmed et al., 2013 ; Behrouzian et al., 2014 ; Halaby et al., 2015 ; Baregama et Goyal, 2019) et appelée halon en Inde (Scartezzini et Speroni, 2000 in Baregama et Goyal, 2019). Il est aussi connu sous le nom de cresson commun, cresson terrestre et « Haliv » en Inde (Gokavi et al., 2004 ; Talpade et al., 2018). En France, son nom botanique est cresson alénois (ou passerage cultivée) (Dupont, 2004 ; Westphal, 2017 ; Bouhamed et Zidane, 2019).

- **Noms communs**

Le tableau 01, regroupe les noms communs de *Lepidium sativum* (Friedel, 1904 in Bouhamed et Zidane, 2019 ; Barkat et al., 2017 ; Bouchikhi et Mekki, 2018).

Langue	Nom
Arabe	Hab archad / Hurf
Français	Cresson alénois/ Passerage cultivée
Italie	Crescione inglese
Anglais	Garden pepperwort/ Garden cress/ Upland cress
Allemand	Gartenkresse
Latin	<i>Lepidium sativum</i>
Berbère	Belachaquine
Espagnol	Lepido ou Mastuerzo
Russe	Sad kress

#### I.2.5.1.1. Classification systématique de *Lepidium sativum*

Le *Lepidium sativum* L. (Guha et Doke, 2014 ; Barkat et al., 2017 ; Bouchikhi et Mekki, 2018 ; Baregama et Goyal, 2019).

<b>Règne</b>	<b>Plantae (plante)</b>
Sous-règne	Tracheobionta (plantevasculaires)
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Dilleniidae
Ordre	Capparales
Famille	Brassicaceae
Genre	<i>Lepidium</i>
Espèce	<i>Lepidium sativum</i> L.

### I.2.5.1.2. Caractéristiques botaniques

C'est une plante annuelle, herbacée érigée, glabre et verticale (Nadkarni et al., 1954 in Baregama et Goyal, 2019 ; Tiwari et Kulmi, 2004 in Abd El-Salam et al., 2019 ; Mahassni et Khudauardi, 2017 ; Baregama et Goyal, 2019), atteignant 15–45 cm de hauteur. Elle possède de petites fleurs blanches en longues grappes (Al-Yahya et al., 1994 ; Tuncay et al., 2011 ; Baregama et Goyal, 2019).

*L. sativum* est une plante comestible (Balasubramanian, 2009 In Abd El-Salam et al., 2019 ; Bigoniya et al., 2011 ; Manohar et al., 2012 ; Behrouzian et al., 2014 ; Halaby et al., 2015 ; Ait-Yahia et al., 2015 ; Baregama et Goyal, 2019). Sa croissance rapide, elle est liée botaniquement au cresson et à la moutarde et partage leur saveur et leur arôme poivré et acidulé (Bigoniya et al., 2011 ; Manohar et al., 2012 ; Behrouzian et al., 2014 ; Halaby et al., 2015 ; Baregama et Goyal, 2019). Les graines, les racines et les feuilles du cresson du jardin ont une importance économique ; cependant, elle est surtout cultivée pour ces graines (Scartezzini et Speroni, 2000 in Baregama et Goyal, 2019).

C'est une plante verticale, ramifiée et glabre. Elle mesure près de 60 cm de hauteur. Elle a des feuilles entières ou pennées disséquées, diversement lobées souvent avec des segments linéaires ; atteignant 6–5 cm de long et lobes de 0,7–1,2–0,3–0,6 cm. Les feuilles supérieures sont généralement entières, de 2–3 cm de long, oblancéolées et sessiles. Les grappes sont axillaires et terminales de 7–15 cm de long. Les fleurs blanches ou rose pâle, pédicelles de 3–5 mm de long (Theodore, 1967 in Baregama et Goyal, 2019).

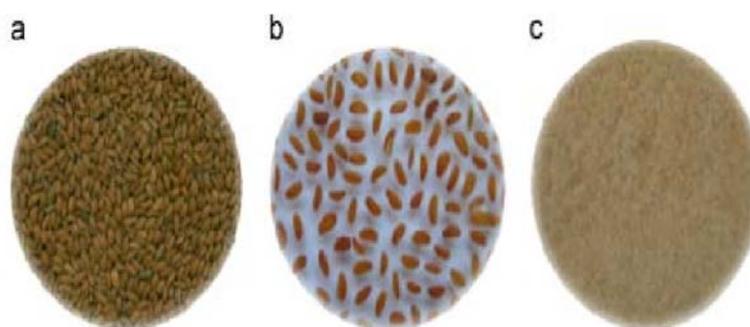


**Figure 10** : Plante de cresson alénois (Bouchikhi et Mekki, 2018).

Elle développe en quelques mois une plante haute (figure 11.a) de 20 à 50 cm au moment de la floraison (figure 11.b). Les inflorescences sont apicales : quelques groupes de petites fleurs blanches (figure 11.c) à 4 pétales.

Les graines sont produites par 2 dans de petites siliques dressés (figure 11.d), longue de 2 à 3 cm (**Bouhamed et Zidane, 2019**).

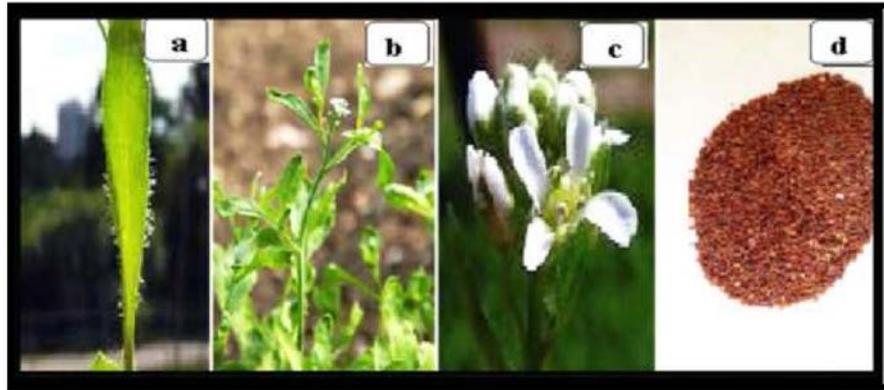
Les gousses de *L. sativum* sont pointues, irrégulières, arrondies ou largement elliptiques, d'environ 3-4 mm de long et 1-2 mm de large, avec présence d'un sillon sur les deux surfaces s'étendant jusqu'à deux tiers vers le bas, une légère extension en forme d'aile présente sur les deux bords de la graine (**Al-Yahya et al., 1994 ; Tuncay et al., 2011 ; Baregama et Goyal, 2019**). Au trempage dans l'eau, le tégument se gonfle et se couvre de mucilage transparent, incolore au goût mucilagineux (**Sood et Sharada, 2002 In Abd El-Salam et al., 2019 ; Gigi et Rashmi, 2004 ; Sharma et Agarwal, 2011 ; Zia-Ul-Haq et al., 2012 ; Mohite et al., 2012; Mohammed, 2012; Doke et Guha, 2014; Shail et al., 2016; Bouchikhi et Mekki, 2018; Talpade et al., 2018 ; Baregama et Goyal, 2019**).



**Figure 11** : Photos des graines de cresson (a) les graines sec , (b) les graines imbibées d'eau, et (c) la poudre de graines (**Bouchikhi et Mekki, 2018**).

Les graines sont allongées, leurs longueur et largeur sont respectivement de  $298 \pm 3,2$   $\mu\text{m}$  et  $100 \pm 1,9$   $\mu\text{m}$  (**Nadkarni et al., 1954 In Baregama et Goyal, 2019 ; Gigi et Rashmi, 2004 ; Doke et Guha, 2014 ; Talpade et al., 2018 ; Abd El-Salam et al., 2019**). Cependant, les graines d'halon sont de couleur rouge brunâtre et de forme ovale (**Al-Yahya et al., 1994 ; Ali, 2013 ; Doke et Guha, 2014 ; Abd El-Salam et al., 2019 ; Baregama et Goyal, 2019**).

Le cresson alénois peut être cultivé à toutes les latitudes, tout au long de l'année (**Al-Yahya et al., 1994 ; Tuncay et al., 2011 ; Baregama et Goyal, 2019**) et peut être semé et récolté plusieurs fois dans l'année. Les mois de janvier, février et novembre étant les mois les plus propices au semis dans un climat méditerranéen (**Tuncay et al., 2011 ; Baregama et Goyal, 2019**). Le cresson est principalement cultivé pour ses graines (**Gigi et Rashmi, 2004 ; Talpade et al., 2018**).



**Figure 12** : Aspect morphologique de *Lepidium sativum* (a) : feuilles ; (b): tiges; (c): fleurs; d : graines (Bouhamed et Zidane, 2019).



**Figure 13** : Plante (A) et graines (B) de *Lepidium sativum* (D) : diamètre des graines de *L. sativum* (George, 1999 In Bouhamed et Zidane, 2019).

### I.2.5.1.3. Répartition géographique

L'origine du cresson alénois est assez floue : Afrique du Nord ou de l'Est, Moyen Orient, Asie de l'Ouest, mais on pense qu'il pourrait s'agir de l'Ethiopie et des pays avoisinants. Sa domestication s'est probablement faite en Asie occidentale (Gregory, 2007 in Bouhamed et Zidane, 2019 ; Sharma et Agarwal, 2011 ; Doke et Guha, 2014 ; Abd El-Salam et al., 2019). Le caractère principal du *L. sativum* est qu'il peut se développer dans n'importe quel type de climat et de sol avec peu d'exigences (Balasubramaniana, 2009 ; Abd El-Salam et al., 2019).

Il a été cultivé dans l'antiquité en Grèce et en Italie et peut-être aussi en Egypte. On le cultive aujourd'hui dans le monde entier, y compris la plupart des pays africains, mais surtout à petite échelle dans les jardins familiaux. On le trouve aussi dans la nature, échappé aux cultures,

mais on ne sait pas s'il existe quelque part à l'état sauvage (Gregory, 2007 In Bouhamed et Zidane, 2019). Il est cultivé comme légume culinaire en Amérique du Nord, en Europe, en Inde (Nadkarni et al., 1954 In Baregama et Goyal, 2019 ; Gokavi et al., 2004 ; Al-Sheddi et al., 2013; Halaby et al., 2015; Talpade et al., 2018 ), et dans toute l'Asie. Il est cultivé également en Égypte, au Soudan, ainsi qu'en Arabie saoudite (Al-Sheddi et al., 2013 ; Halaby et al., 2015 ; Asad Ullah et al., 2019 ; Baregama et Goyal, 2019).



**Figure 14** : Aire de répartition du *Lepidium sativum*, dans le monde (Gregory, 2007 in Bouhamed et Zidane, 2019)

#### I.2.5.1.4. Utilisation et vertu médicinale

La plante de *Lepidium sativum* est consommée pendant la saison d'hiver. Les feuilles de la plante sont cuites avec d'autres légumes, utilisées pour décorer les aliments ou en salade (Maghrani et al., 2005 In Baregama et Goyal, 2019 ; Wright et al., 2007).

La graine entière est connue pour avoir des propriétés thérapeutiques ; on a supposé que ces dernières pouvaient servir de matière première pour les aliments fonctionnels (Rehman et al., 2012 ; Gaafar et al., 2013 ; Halaby et al., 2015 ; Baregama et Goyal, 2019).

*Lepidium sativum* est une herbe médicinale bien connue et vitale en Inde (Scartezzini et Speroni, 2000 In Baregama et Goyal, 2019 ; Dupont, 2004 ; Bouhamed et Zidane, 2019).

Cette plante se révèle efficace contre de nombreux troubles digestifs en raison de son action stimulante, stomachique et laxative. Elle lutte donc contre la constipation et les hémorroïdes et apaise les maux de ventre plus précisément les dyspepsies. Elle est employée contre la dysenterie et la diarrhée.

Par ailleurs, *Lepidium sativum* est utile pour le traitement des maladies respiratoires, telle que l'asthme, la toux, les laryngites et les bronchites chroniques par son effet expectorant, elle est employée également pour la faiblesse pulmonaire.

Elle employé comme diurétique et dans le traitement des maladies des voies urinaires, elle a été également utilisé contre, les hémorragies, la Scrofulose et les dermatoses (maladies de la peau). En plus elle recommandé contre le rachitisme, le scorbut, l'engorgement ganglionnaires. Elle possède aussi une action hypoglycémiant qui la fait recommandé dans le régime des diabétiques (Aouadhi, 2010 ; Bouhamed et Zidane, 2019).

Les feuilles ont une action stimulante et diurétique (Maghrani et al., 2005 In Baregama et Goyal, 2019 ; Wright et al., 2007 ; Aouadhi, 2010 ; Bigoniya, 2011), et sont importantes dans les maladies scorbutiques et les maladies du foie. Les racines sont utilisées pour traiter la syphilis. Les graines sont mâchées pour guérir les maux de gorge, la toux et les maux de tête, Ils sont également appliqués comme répulsif contre les insectes (Aouadhi, 2010 ; Bigoniya, 2011 ; Baregama et Goyal, 2019 ; Bouhamed et Zidane, 2019). Elles ont également une activité galactogogue, administrée après ébullition avec du lait, ou en grandes quantités pour provoquer un avortement (Bigoniya, 2011).

D'autre part, les graines de cresson de jardin sont amères, thermogéniques, dépuratives, rubéifiantes, aphrodisiaques, ophtalmiques, antihistaminiques. Ils sont utiles dans le traitement des cataplasmes pour les entorses, de la lèpre, de la splénomégalie, du lumbago, de la leucorrhée, et de la faiblesse séminale (Ghada et al., 2014 ; Talpade et al., 2018).

En Europe, l'herbe est utilisée pour traiter la toux et la constipation, comme diurétique et pour récupérer le système immunitaire. Le fruit frais est utile pour les blessures, les peaux et les maladies oculaires. Graines chaudes, feuilles chaudes et sèches utilisées comme diurétique, apéritifs, béchiques, aphrodisiaques, bonnes dans l'inflammation et les affections de la rate, dans les douleurs thoraciques, les bronchites, les rhumatismes et les douleurs musculaires, améliorent la puissance cérébrale et éclaircissent l'intellect. La racine est utilisée dans la syphilis secondaire et le ténesme. Un médicament est également un acte d'apéritifs doux et chauds (Bigoniya, 2011 ; Baregama et Goyal, 2019).

#### **I.2.5.1.5. Substances bioactives de *Lepidium sativum***

Les graines et les feuilles ont la saveur légèrement piquante, intense et chaude ; car elles renferment un composé soufré qui leur confèrent ce goût caractéristique (Aouadhi, 2010 ; Bouhamed et Zidane, 2019).

*L. sativum* a diverses actions pharmacologiques telles que l'activité antibactérienne (Gupta et al., 2010 ; Mahassni et -Al-Reemi, 2013 ; Jabeen et al., 2017 ; Baregama et Goyal, 2019). En effet, les graines de *L. sativum* ont montré une activité antibactérienne significative contre un certain nombre de bactéries pathogènes responsables d'infections sévères ; cela pourrait être dû à la présence d'isothiocyanate de benzyle (Baregama et Goyal, 2019). Les infections causées par ces bactéries, en particulier celles présentant une résistance multidrogue, sont parmi les plus difficiles à traiter avec des antibiotiques conventionnels.

Les glucosinolates viennent en seconde place comme métabolites majeurs de *L. sativum* (Rehmana et al., 2011 In Baregama et Goyal, 2019). Il aurait une activité antirhumatismale (Jabeen et al., 2017 ; Sciarrillo et al., 2018 ; Baregama et Goyal, 2019), activité hémagglutinante (Ziska et al., 1982 In Baregama et Goyal, 2019 ; Jabeen et al., 2017), traitement de la carence en fer (Kaur et Sharma, 2016 ; Jabeen et al., 2017 ; Baregama et Goyal, 2019), activité anti-inflammatoire et antiarthritique (Reddy et al., 2013 ; Jabeen et al., 2017 ; Baregama et Goyal, 2019). Ils sont également utilisés, le traitement contre la perte de cheveux et le renforcement de l'immunité. Il est utile dans le hoquet et fait également progresser la puissance du cerveau et égaye l'intellect (Jabeen et al., 2017 ; Baregama et Goyal, 2019).

La plante complète contient Glucotropaeolin, 4-methoxyglucobrassicin, esters de caféic,  $\beta$ -sitosterol, benzylcyanide, calmodulin, sinapoyglucose, p-coumaric, férulique, acides quiniques, protéine, minéral, vitamine, 5-4'-dihydroxy-7,8,3', 5-tétraméthoxyflavone, 5-3'-dihydroxy-7,8,4' tétraméthoxyflavone et 5-3'-dihydroxy-6,7,4'-tétraméthoxyflavone (Sharma et al., 2000 In Baregama et Goyal, 2019). Un dépistage phytochimique préliminaire a montré la présence de glucides, de composés phénoliques, de flavonoïdes, d'alcaloïdes, de protéines, de saponines et de lipides dans l'extrait de médicament (Ahmed et al., 2015 ; Baregama et Goyal, 2019).

L'étude chimique a montré que les graines et les feuilles contiennent de la vitamine A, de la thiamine, de la riboflavine, de la niacine et de l'acide ascorbique, ainsi que des métabolites secondaires comme l'acide sinapique et son ester de choline (sinapine) et des flavonoïdes. Les feuilles contiennent également du sinapoylglucose, des esters d'acide caféique, p-coumarique, férulique, quinique et des esters de flavonoïdes (Cartea et al., 2010 ; Xiao et al., 2014 In Baregama et Goyal, 2019).

### I.2.5.1.5.1. Feuille

Contient des protéines, des lipides, des glucides, des minéraux, du phosphore (P), du calcium (Ca), des oligo-éléments - fer, nickel, cobal, iode, vitamine A, thiamine, riboflavine, niacine et acide ascorbique (**Hassan et al., 2011**). La fraction N-Butanol d'extrait aqueux-méthanolique de feuilles a donné trois glycosides de flavonol, quercétine-3-O- $\beta$ -glucosyle (1  $\rightarrow$  2) - glucopyranoside- 7-O- glucopyranoside, kaempférol-3 - O-  $\beta$ - glucosyle (1 $\rightarrow$  2) - glucopyranoside - 7 - O -  $\beta$  - glucopyranoside et isorhamnetin - 3 - O - sophoroside -7 - O -  $\beta$  - D - glucopyranoside (**Agarwal et Verma, 2011 ; Baregama et Goyal, 2019**).

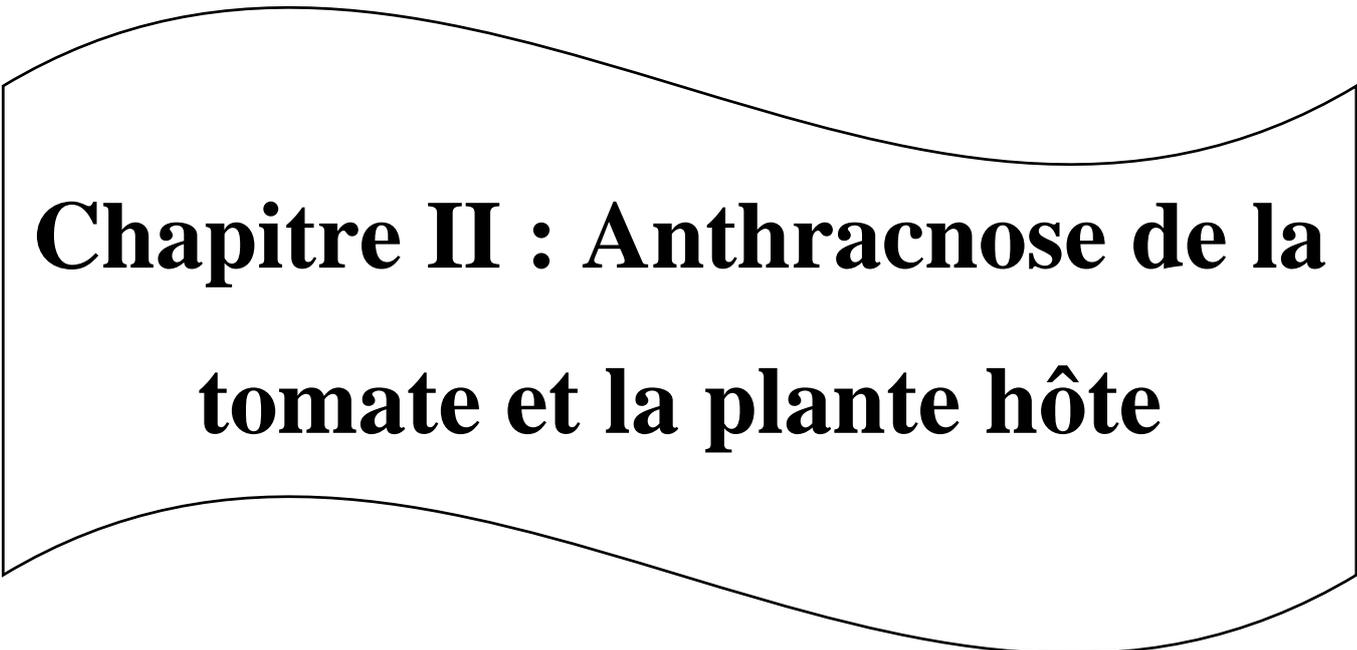
### I.2.5.1.5.2. Graines

Les constituants chimiques des graines de la plante contiennent principalement des alcaloïdes tels que la lépidine, la glucotropaeoline (GT), la N, N'-dibenzylurée, la N, N'-dibenzylthiourée, l'acide sinapique et son ester de choline (sinapine); les flavonoïdes bioactifs tels que la 5-4-dihydroxy-7, 8, 3, 5 tétraméthoxyflavone et la 5-3-dihydroxy-6, 7, 4 'triméthoxyflavone ont été isolés (**Divanji et al., 2012 ; Baregama et Goyal, 2019**). La graine contient 20 à 25% d'huile semi-sèche jaunâtre et le principal acide gras qu'elle contient est l'acide alpha-linolénique (32 à 34,0%) (**Diwakar et al., 2011 ; Baregama et Goyal, 2019**). Il contient une quantité équilibrée d'acides gras polyinsaturés (46,8%) et d'acides gras monoinsaturés (37,6%) avec un ratio idéal d'acides gras oméga-3 et 6 (**Kassie et al., 2003 in Baregama et Goyal, 2019 ; Kassie et al., 1999**) et contient également des antioxydants ordinaires, à savoir des tocophérols et des caroténoïdes qui protègent l'huile du rancissement (**Datta et al., 2011 ; Baregama et Goyal, 2019**). Il contient également des acides palmétique, stéarique, oléique, linoléique, arachidique, béhénique, lignocérique, isothiocyanate de benzyle, cyanure de benzyle, stérol et sitostérol (**Patel et al., 2010 ; Mirza et Navaei, 2006 In Baregama et Goyal, 2019**). Ces composés polyphénoliques comprennent les flavonoïdes, les anthraquinones, les anthocyanes, les xanthonnes et les tanins (**Czapecka et al., 2005 in Baregama et Goyal, 2019**).

Les graines contiennent environ 25% de protéines, environ 14 à 24% de lipides, 33 à 54% de glucides et 8% de fibres brutes (**Arkroyd et al., 1960 in Baregama et Goyal, 2019 ; Mathews et al., 1993 ; Gopalan et al., 2004 ; Sarkar et al., 2014 ; Talpade et al., 2018**), 2,4% de matières grasses brutes et 6,4% de minéraux, fer (100%) (**Gopalan et al., 2004 ; Talpade et al., 2018**). Les glucides sont constitués à 90,0% de polysaccharides non amylacés et à 10% d'amidon. Le son de graines a une teneur élevée en fibres nutritionnelles et il a également une grande capacité de rétention d'eau.

Les graines renferment également des alcaloïdes imidazole (**Shehzad et al., 2011 ; Baregama et Goyal, 2019**) et d'autres constituants chimiques comme la lépidine, la lépidine B, C, D, E et F, le semi lepidinoside A et B sont également présents dans les graines (**Baregama et Goyal, 2019**).

Le son *L. sativum* peut être utilisé comme une riche source de fibres alimentaires (**Gokavi et al., 2004 ; Baregama et Goyal, 2019**). Il contient également du mucilage qui, en réaction avec l'eau, donne l'arabinose, le galactose, le glucose, le mannose, la xylose et divers acides uroniques sont les composants les plus fréquemment observés (**Divekar et al., 2010 ; Baregama et Goyal, 2019**).



**Chapitre II : Anthracnose de la  
tomate et la plante hôte**

## Chapitre II : Anthracnose de la tomate et la plante hôte

### II.1. Plante hôte : La tomate

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mil.l) est une plante de la famille des solanacées, comme la pomme de terre, l'aubergine, le poivron, le tabac...etc. Ces plantes ont en général des fleurs à cinq pétales, en forme de cloche, ou en étoile, avec des pétales soudés à la base. Le fruit charnu est le plus souvent une baie indéhiscente, c'est à dire qui ne s'ouvre pas à la maturité (Polese, 2007).

#### II.1.1. Origine et historique de la tomate

La tomate est originaire des Andes d'Amérique du Sud, dans une zone allant de la Colombie au nord du Chili et de la côte Pacifique, aux contreforts des Andes (Equateur, Pérou). Elle fut domestiquée au Mexique, puis introduite en Europe au XVIème siècle par les Espagnols avant même la pomme de terre et le tabac (Naika et al., 2005 in Yahoui, 2015).

A l'origine elle était cultivée par les Aztèques ; son nom provient de « tomatl » qui, dans la langue nahuatl parlée dans la région de Mexico, la tomate à proprement parler, *Lycopersicon esculentum* était appelée « jitomatl ».

Le genre *Lycopersicon* comprend neuf espèces, dont une seule ; *Lycopersicon esculentum* sous sa forme sauvage cerasiforme, qui pourrait être directement à l'origine des autres variétés et qui a émigré vers le Sud de l'Amérique du Nord (Yahoui, 2015).

En Algérie, ce sont les cultivateurs du Sud de l'Espagne (Tomateros) qui l'ont introduite, étant donné les conditions qui lui sont propices. Sa consommation a commencé dans la région d'Oran en 1905 puis, elle s'étendit vers le centre, notamment au littoral Algérois (Latigui, 1984 in Yahoui, 2015).

#### II.1.2. Caractère taxonomique et morphologique de la tomate

Les botanistes modifièrent à plusieurs reprises les noms de genre et d'espèce attribués à la tomate. En 1753, le botaniste suédois Linnaeus l'a nommée *Solanum lycopersicum*, mais 15 ans plus tard Philippe Miller a remplacé ce nom par *Lycopersicom esculentum* (Taylor, 1986 in Khiat et Guerfi, 2018). Bien que les taxonomistes aient récemment réintroduits son nom original *Solanum lycopersicum* (Heiser et Anderson, 1999). La classification scientifique de la tomate proposée en 2007 par Benton est mentionnée comme suit :

- Règne : Plantae
- Division : Magnoliophyta

- **Classe** : Magnoliopsida
- **Ordre** : Solanales
- **Famille** : Solanaceae
- **Genre** : *Solanum*
- **Espèce** : *Solanum lycopersicum* (Khiat et Guerfi, 2018).

#### II.1.2.1. Classification génétique

La tomate est une plante climatérique, diploïde à  $2n=24$  chromosomes (Ghebbi, 2016), chez laquelle il existe de très nombreux mutants monogéniques, dont certains sont très importants pour la sélection. Sa carte chromosomique compte actuellement 235 gènes localisés avec précision (Gallais et Bannerot, 1992 in Ghebbi, 2016).

Chez la tomate, la structure de la fleur lui confère une cleistogamie, mais elle peut se comporter comme une plante allogame. Ces deux types de fécondation divisent la tomate en deux variétés qui sont :

##### II.1.2.1.1. Variétés fixées

Il existe plus de 500 variétés dont les caractéristiques génotypiques et phénotypiques se transmettent aux générations descendantes. Elles sont sensibles aux maladies, mais donnent des fruits d'excellente qualité gustative (Polese, 2007).

##### II.1.2.1.1. Variétés hybrides

Elles sont nombreuses et présentent la faculté de réunir plusieurs caractères d'intérêt agronomique (bonne précocité, résistance aux maladies, aux attaques parasitaires et des hauts rendements). Ces hybrides ne peuvent être multipliés puisqu'ils perdent leurs caractéristiques avec la descendance (Polese, 2007).

#### II.1.3. Situation et importance économique de la tomate

La tomate est produite presque partout dans le monde et à n'importe quelle saison, aujourd'hui consommés toute l'année. Elle joue, par conséquent, un rôle important dans l'alimentation humaine et représente un grand intérêt économique. Sa production se divise en deux grandes catégories, la tomate pour la consommation en frais (tomate de marché) d'une part et la tomate destinée à la transformation (tomate d'industrie) d'autre part.

### II.1.3.1. Dans le monde

La tomate est cultivée dans de nombreux pays du monde (170 selon la FAO, 2010) et sous divers climats, y compris dans des régions relativement froides grâce au développement des cultures sous abris.

La production mondiale de la tomate en 2012 s'élève à plus de 161 millions de tonnes (Mt), cette production se répartie sur tous les continents à des taux de : 60,50 % en Asie, 15,33 % en Amérique, 12,79 % en Europe, 11,09 % en Afrique et elle augmente tous les ans de plusieurs millions de tonnes avec une légère régression en 2010 (FAO, 2014).

**Tableau 02** : Principaux pays producteurs de la tomate dans le monde (FAO, 2014).

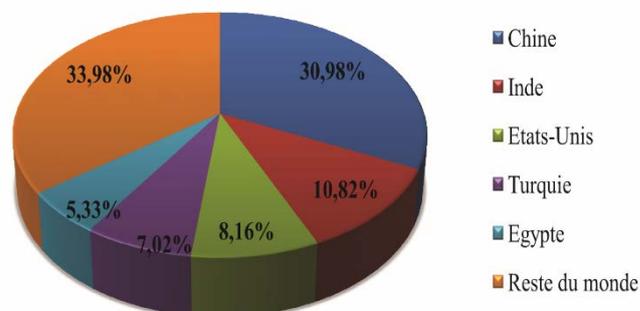
Année 2012	Superficie cultivée (ha)	Production (T)	Rendement (T/ha)	(%)
Chine	1 005 003.00	50 125 055.00	49.87	30.98
Inde	870 000.00	17 500 000.00	20.11	10.82
Etats-Unis	150 140.00	13 206 950.00	7.96	8.16
Turquie	300 000.00	11 350 000.00	37.83	7.02
Egypte	216 395.00	8 625 219.00	39.85	5.33
Iran	160 000.00	6 000 000.00	37.50	3.17
Italie	91 850.00	5 131 977.00	55.87	3.17
Espagne	48 800.00	4 007 000.00	82.11	2.48
Brésil	63 853.00	3 873 985.00	60.66	2039
Mexique	96 651.00	3 433 567.00	35.52	2.12
Monde	4 803 680.17	161 793 834.18	33.68	100

L'essentiel de la production mondiale de la tomate est concentré dans quelques pays avec en tête la Chine. La plus grande productivité est due aux divers perfectionnements techniques employés ainsi que les quantités importantes de plants en culture. Les dix principaux pays producteurs pour l'année 2012 sont présentés dans le **tableau 02**.

Le **tableau 02**, montre une forte évolution de la production en Asie, notamment une production de 50,12 Mt suivie par six pays produisant plus de cinq million de tonne : l'Inde, les Etats-Unis, la Turquie, l'Egypte, l'Iran et l'Italie.

La Chine occupe plus d'un quart de la production mondiale avec un taux de 30,98%, viennent ensuite l'Inde avec 17,50 Mt (10,82%) puis les Etats-Unis avec 13,20 Mt (8,16%),

suit de nombreux pays méditerranéens comme la Turquie, l’Egypte et l’Italie (Figure 22). Il faut noter qu’en 2012, l’Algérie se situe au 23ème rang à l’échelle mondiale, avec une production de 796 963 tonnes (0,49%).



**Figure 15** : Répartition par pays du taux de production de la tomate dans le monde (FAO, 2014).

### II.1.3.2. En Algérie

En Algérie, la tomate est en pleine expansion. Elle programme établis par le ministère de l’agriculture et du développement rural. Pour son développement, de nouvelles techniques de production sont introduites ces dernières années visant de plus hauts rendement. Les dernières statistiques montrent une augmentation de la superficie et de la production de la tomate maraîchère due à la demande élevée de ce légume, notamment à compter de l’année 2005 (Madr, 2014 in Ghebbi, 2016). La production de tomate a augmenté de 3 414 470 qx en 2000 à 9 750 753 qx en 2013 soit une augmentation de 65%, ce qui peut être expliqué par l’amélioration progressive et la maîtrise des techniques culturales bien qu’elles restent insuffisantes pour atteindre les normes de production internationales.

Pour permettre un meilleur développement de la filière tomate, le ministère de l’agriculture a procédé à la mise en place des systèmes d’irrigation modernes et d’un suivi phytosanitaire pour prévenir les attaques de parasites responsables de diverses maladies d’origine virales et bactériennes (Ghebbi, 2016).

### II.1.4. Principales zones de production de la tomate

En Algérie, les principales zones de production de la tomate sont résumées comme suit :

- Zone Est** : Biskra, Skikda, Jijel, Guelma, Annaba, El taref
- Zone Centre** : Alger, Boumerdes, Tipaza, Blida et Ain-Defla.

-**Zone Ouest** : Chlef, Sidi-Bel-Abbès et Tindouf.

-**Zone Sud** : Adrar, Timimoun et Ouargla (**Ghebbi, 2016**).

### II.1.5. La plante

La tomate est une plante annuelle, herbacée, poilu, aux feuilles odorante (**Polese, 2007**), appartenant au groupe des légumes-fruits (**Baba Aissa, 1999 In Khiat et Guerfi, 2018**), dont le port est arbustif, buissonnant ou retombant suivant les variétés. Elle peut mesurer de 40 cm à plus de 2 m de haut. Les feuilles sont composées, à folioles ovales, un peu dentées (**Polese, 2007**).



**Figure 16** : Une jeune plante de tomate de 2 semaines (**Polese, 2007**)

Les fleurs, petites, jaunes, en forme d'étoile, sont groupées sur un même pédoncule en bouquet lâche de trois à huit fleurs, de couleur jaunes et ont parfois 6 pétales. Ces bouquets apparaissent en général régulièrement sur la tige chaque fois que la plante a émis trois feuilles (en condition favorable, la plante pousse continuellement en émettant des feuilles et des bouquets à fleurs). L'ovaire de la tomate est supère (situé au-dessus du calice) et comporte le plus souvent deux loges, ou carpeles, mais certaines varétés peuvent en comporter trois ou cinq (**Polese, 2007**).

### II.1.5.1. Le système racinaire

Forte racine pivotante qui pousse jusqu'à une profondeur de 50 cm ou plus. La racine principale produit une haute densité de racines latérales et adventices (**Shankara, 2005 in Khiat et Guerfi, 2018**), tandis que les racines secondaires font plus horizontalement leur fonction, en plus de fournir l'ancrage et d'absorber les éléments nutritifs et l'eau du sol (**Khiat et Guerfi, 2018**).



**Figure 17** : Les racines de la tomate (**Dufour, 2011 in Khiat et Guerfi, 2018**)

### II.1.5.2. La tige

La tige de tomate, comme celle des autres solanacées est vigoureuse et ramifiée. Le port de croissance varie entre érigé et prostré. La tige pousse jusqu'à une longueur de 2 à 4 m, pleine, fortement poilue et glandulaire, se ramifie souvent pour donner un arbuste large et empli. Les tiges sont relativement faibles, donc ils ont besoin de tuteurs pour soutenir le fruit sans problème (**Khiat et Guerfi, 2018**).



**Figure 18** : Représentation photographique de la tige de tomate (**Khiat et Guerfi, 2018**).

### II.1.5.3. Les feuilles

Les feuilles sont disposées en spirale, 15 à 50 cm de long et 10 à 30 cm de large avec un pétiole mesurant entre 3 et 6 cm de long. Les folioles sont ovées à oblongues, couvertes de poils glandulaires. Les grandes folioles sont parfois pennatifides à la base. L'inflorescence est une cyme formée de 6 à 12 fleurs. Le pétiole mesure entre 3 et 6 cm, la feuille répand une odeur caractéristique, due à la solanine, si on la froisse (**Khiat et Guerfi, 2018**).



**Figure 19** : Les feuilles de tomate (**Khiat et Guerfi, 2018**)

### II.1.5.4. Les fleurs

Les fleurs sont bisexuées, régulières de 1.5 et 2 cm de diamètre. Elles poussent opposées aux feuilles ou entre elles. Le tube de calice est court et velu. Les sépales sont persistants. La corolle, est constituée en générale, de six pétales jaunes, qui peuvent atteindre une longueur de 1cm. Il ya 6 étamines, les anthères ont une couleur jaune vif et entourent le style qui a une extrémité stérile allongée. Le gynécée dont l'ovaire est formé de deux à neuf carpelles. En générale la plante est autogame, mais la fécondation croisée peut avoir lieu grâce aux abeilles et aux bourdons qui sont les principaux pollinisateurs (**Khiat et Guerfi, 2018**). Fleur apparait de 50 à 60 jours après le semis et il faudra encore de 55 à 70 jours après la fleur pour que la tomate soit mûre (**Polese, 2007**).



**Figure 20** : La fleur de la tomate (Polese, 2007)

#### II.1.5.5. Le fruit

Le terme-tomate-désigne également le fruit de cette plante, une baie charnue, de forme globulaire ou aplatie avec un diamètre de 2 à 15 cm. Lorsque le fruit n'est pas encore mûr, il est vert et poilu, en revanche, la couleur des fruits mûrs varie du jaune au rouge en passant par l'orange. Le fruit à maturité peut se présenter soit, rond et régulier ou côtelés. La maturité du fruit peut continuer même après la cueillette, c'est un fruit climactérique. Si les fruits sont traditionnellement sphériques et rouges, ils peuvent être de diverses tailles et formes (Polese, 2007). Comme d'autres fruits, les tomates sont développées à partir de l'ovaire de la fleur ; leur échéance sont continuellement exposés à la lumière.

Le fruit renfermant des graines appeler pépins. Ces pépins sont entourés d'une sorte de mucilage provenant de la gélification de l'enveloppe de la graine (Khiat et Guerfi, 2018).



**Figure 21** : Le fruit de la tomate (Khiat et Guerfi, 2018).

### II.1.5.6. Les graines

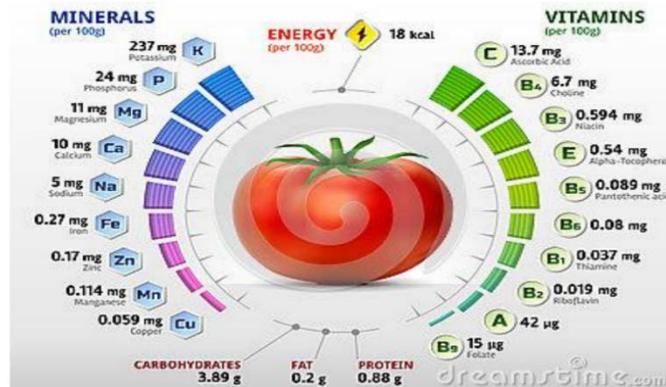
Elles sont nombreuses, en forme de rein ou de poire, poilues, beiges, de 3 à 5 mm de long et de 2 à 4 mm de large. L'embryon est enroulé dans l'albumen. Le poids de mille graines est en moyenne de 3 g (Shankara, 2005 in Khiat et Guerfi, 2018). Leur couleur, d'abord verdâtre, vire généralement au rouge à maturité, mais il en existe des blanches, des jaunes, des roses, des oranges et des bicolores (Gallais et Bannerot, 1992 in Khiat et Guerfi, 2018).



Figure 22 : les graines de la tomate (Khiat et Guerfi, 2018).

### II.1.6. Valeur nutritionnel de la tomate

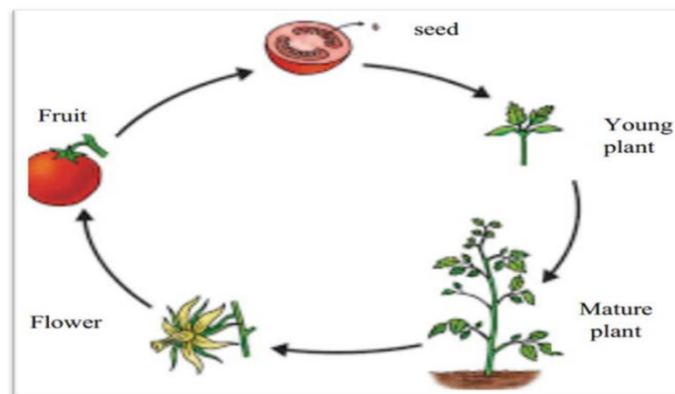
La composition biochimique des fruits de tomate fraîche dépend de plusieurs facteurs, à savoir : la variété, l'état de maturation, la lumière, la température, la saison, le sol, l'irrigation et les pratiques culturales. Le jus représente la majeure partie des constituants physiques de la tomate. Une tomate mure est composée d'environ 90 % d'eau soit 5 à 10 % de matière sèche (m.s) environ la moitié de la matière sèche est composée de sucres (glucose et fructose essentiellement), un quart d'acides organiques, d'acides aminés, de minéraux et de lipides, et un quart de protéines, pectines, cellulose et hémicellulose. il existe en général une corrélation positive entre la matière sèche soluble et la matière sèche totale. Le contrôle de la teneur en matière sèche des fruits est un premier pas vers le contrôle de l'élaboration de la qualité des tomates. C'est un point essentiel mais qui n'est pas suffisant. En effet à teneur en matière sèche égale, la tenue et la texture des fruits peuvent être extrêmement variables (Khiat et Guerfi, 2018).



**Figure 23** : Représentation des différents composants de tomate (Chader et Laabadla, 2018).

### II.1.7. Cycle biologique de tomate

Le cycle de la tomate, de la graine à la graine, varie de 3 mois et demi à quatre mois selon la variété et les conditions du milieu. Du semis de la graine à la floraison, il s'écoule six à huit semaines, et environ deux mois de la floraison à la maturation du fruit avec formation des graines (Khedim et Benajmaia, 2019).



**Figure 24** : Différents stades végétatifs de tomate (Khedim et Benajmaia, 2019).

### II.1.8. La Culture

La tomate est une plante de climat tempéré chaud. Sa température idéale de croissance se situe entre 15°C, la nuit et 25°C, le jour. Elle craint le gel et ne supporte pas les températures inférieures à 2°C, elle demande une hygrométrie moyenne. Sa période de végétation est assez longue : il faut compter jusqu'à cinq à six mois entre le semis et la première récolte. La multiplication se fait par semis, opération qu'il faut faire assez tôt, vers février-mars, et donc

sous abri en climat tempéré (en serre ou sous châssis vitré). Les jeunes plants obtenus sont à repiquer entre le 15 avril et le 15 mai, sitôt que la période des gelées est passée. Il est nécessaire de les tuteurer, sauf pour les variétés à croissance déterminée pour lesquelles on prévoit seulement un paillage. C'est une culture très exigeante, qui demande un sol profond et bien fumé, et la possibilité d'irrigation (**Khedim et Benajmaia, 2019**).

### **II.1.9. Les variétés de la tomate**

Les tomates peuvent être classées d'après leurs caractères morphologiques et botaniques. Les variétés sont très nombreuses. A cet effet, elles peuvent être classées selon leur croissance qui peut être du type indéterminé ou du type déterminé (**Polese, 2007**).

#### **II.1.9.1. Les variétés à port indéterminé**

Ce sont les plus nombreuses. Elles continuent de pousser et de produire des bouquets de fleurs tant que les conditions leur conviennent. Comme leur développement est exubérant, leur tige doit être attachée à un tuteur sous peine de s'affaisser au sol. Il est également nécessaire de les tailler et de les ébourgeonner régulièrement. Elles ont une production plus étalée et sont plus productives en général que les tomates à port déterminé. Parmi ce type de croissance, il existe:

##### **II.1.9.1.1. Les variétés fixées**

Il en existe plus de 500 variétés dont les caractéristiques génotypiques et phénotypiques, se transmettent pour les générations descendantes. Elles sont sensibles aux maladies, mais donnent des fruits d'excellente qualité gustative (**Polese, 2007**). Les variétés les plus utilisées en Algérie sont la Marmande et la Saint Pierre (**Khiat et Guerfi, 2018**).

##### **II.1.9.1.2. Les variétés hybrides**

Elles sont plus d'un millier et sont relativement récentes puisqu'elles n'existent que depuis les années 1960, qui, du fait, de l'effet hétérosis, présentent la faculté de réunir plusieurs caractères d'intérêt (bonne précocité, bonne qualité de résistance aux maladies et aux attaques parasitaires et donc bon rendement). Ces hybrides ne peuvent être multipliés vu qu'ils perdent leurs caractéristiques dans les descendance (**Polese, 2007**). Les plus utilisés en Algérie sont Actana, Agora, Bond, Nedjma, Tafna, Tavira, Toufan, Tyerno Et Zahra (**Khiat et Guerfi, 2018**).

### II.1.9.2. Les variétés à port déterminé

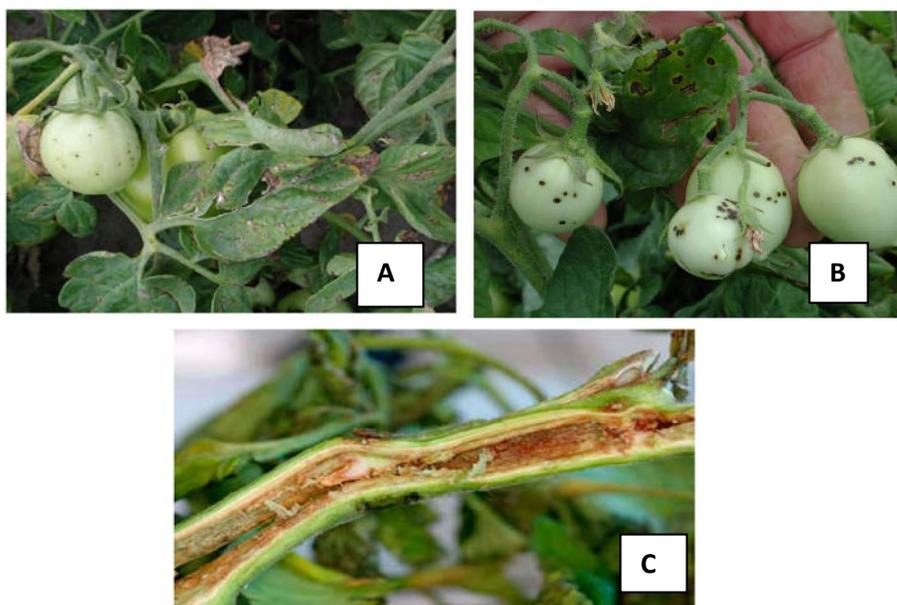
Ce sont des variétés naines. Leur croissance s'arrête une fois la plante a produit un nombre déterminé de bouquets de fleurs (en générale trois ou quatre). C'est dans ce type de tomate que l'on trouve, le plus souvent, les variétés industrielles de conserveries, cultivées en plein champ. Pour ce type de croissance également, on retrouve des variétés fixées et des hybrides (Poiese, 2007). Les hybrides suivants sont les plus utilisés en Algérie Farouna, Joker, Luxor, Super Red, Tomaland, Top 48, Suzana, Zigana Zeralda. Tandis que les variétés fixées sont représentées essentiellement par la variété Aicha (Khiat et Guerfi, 2018).

### II.1.10. Principales maladies de la tomate

La culture de tomate peut être affectée par plusieurs maladies : maladie bactériennes, virales physiologiques et cryptogamiques. Les principales maladies de la tomate sont représentées sur les tableaux N°8, 9 et 10.

**Tableau 03** : Principales maladies bactériennes de la tomate (Ghebbi, 2016).

Maladies bactériennes	Symptômes et dégâts	Moyens de lutte
<b>Moucheture de la tomate</b> (Figure 25 A)	Apparition des taches noires sur les feuilles, et brunes nécrotiques sur les fruits	-Aération convenable notamment dans les serres. -Eviter l'excès d'azote.
<b>Gale bactérienne</b> (Figure 25 B)	- Apparition des taches brunâtres sur les feuilles entourées d'un halo jaune qui entraînent leur dessèchement et leur chute. -Présence de petits chancres pustuleux sur fruit	-Eviter les excès d'eau. -Eviter les terrains infestés. -Eliminer les plants malades. -Désinfection des abris-serres avant plantation. -Utilisation de semences certifiées.
<b>Moelle noire</b> (Figure 25 C)	-Les plants présentent des taches sombres sur la tige, pétioles et pédoncules. -Les vaisseaux demeurent intacts, contrairement à ce qui se passe dans le cas d'une maladie vasculaire.	-Appliquer des fongicides à base de cuivre ayant un effet bactériostatique. -Utilisation des variétés résistantes. -Traitement des semences.
<b>Nématodes à galles</b>	-Apparition de galles sur les racines des plants attaqués. -La tige est rabougrie, les feuilles jaunissent ensuite la plante dépérit.	



**Figure 25** : Principales maladies de la tomate (Yahoui, 2015).

**A** : Moucheture bactérienne sur tomate

**B** : Gale bactérienne sur tomate

**C** : Molle noire sur tomate

**Tableau 04** : Principales maladies virales de la tomate (Ghebbi, 2016).

Maladies virales	Symptômes et dégâts	Moyens de lutte
<b>TSWV</b> (Tomato Spotted Wilt Virus) : virus de la maladie bronzée de la tomate. (Figure 26 A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Présence de mouchetures en mosaïque avec une décoloration des feuilles.</li> <li>- Apparition de taches nécrotiques sur les tiges et les pétioles</li> <li>- sur les fleurs, on observe un nanisme.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Eliminer les plantes malades et les débris végétaux enfouis dans le sol, car la transmission de la maladie est possible par contact racinaires.</li> <li>-La désinfection du sol à la vapeur (100°C pendant 10min), aussi l'emploi du bromure de méthyl (75g/m<sup>2</sup>) serait efficace.</li> <li>-La lutte contre le virus (TSWV) se fait par la</li> </ul>
<b>TOMV</b> (Tomato mosaic virus) (Figure 26 B et C)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Les feuilles sont tachetées de vert-jaunes, puis s'enroulent</li> <li>-une croissance du plant chétive et des décolorations au niveau des fruits.</li> </ul>	

<p><b>TYLCV</b> (Tomato Yellow Leaf Curl Virus) : maladie des feuilles jaunes en cuillères de la tomate. (Figure 26 D)</p>	<p>-La croissance des plantes est fortement perturbée.</p> <p>-Les feuilles sont de tailles réduites et présentent un jaunissement et un enroulement en forme de cuillères.</p> <p>-En cas d'infection précoce, les plantes sont naines et ne produisent pas de fruits.</p>	<p>prévention et l'élimination des thrips.</p>
--	---	--



**Figure 26** : les principaux symptômes de virus affectant la tomate (Ghebbi, 2016)

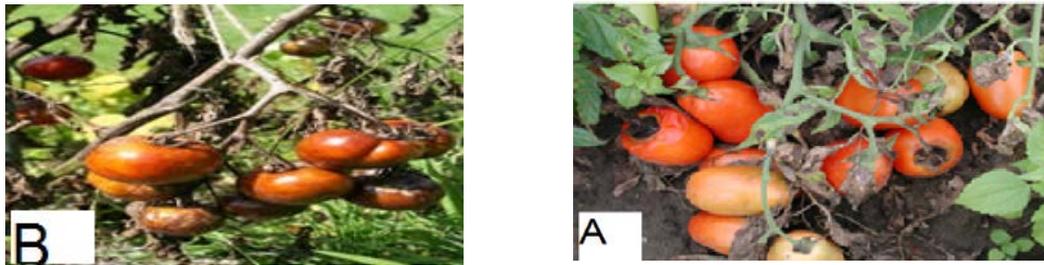
**A** : symptômes de TSWV sur les feuilles de tomate,

**B et C** : symptômes de virus TMV respectivement sur les feuille et le fruit de la tomate,

**D** : symptômes de TYLCV sur la plante de la tomate

**Tableau 05** : Principales maladies fongiques de la tomate (Ghebbi, 2016).

Maladies fongiques	Symptômes et dégâts	Moyens de lutte
<b>Le Mildiou</b> causé par <i>Phytophthora infestans</i> , anciennement classé parmi les mycètes (Figure 27 A)	-Taches nécrotiques irrégulières d'extension rapide, entourées d'une marge livide. -Sur les tiges, présence de plages brunes. -Les fruits mildiousés sont bruns marbrés.	-Bonne aération des tunnels. -Eviter les excès d'azote et d'eau. Effeuilage régulier. -Traitements chimiques préventifs,
L'alternariose causée par les mycètes <i>Alternaria tomatophila</i> . (Figure 27 B)	-Taches foliaires vert sombres qui deviennent brunes à noires. - Sur les tiges et fruits des taches concaves sont observées qui se couvrent d'une moisissure noire, veloutée. Les lésions sur fruits peuvent engendrer leur chute	-Utilisation des variétés tolérantes. -Adopter des rotations culturales, avec des plantes non hôtes. -Utilisation des semences saines.
Oïdium causé par <i>Oïdium neolycopersici</i> .	-Taches poudreuses blanches sur la face supérieure des feuilles, qui deviennent chlorotiques, brunissent localement et finissent par se nécroser.	-Assurer une bonne aération en évitant l'excès de chaleur. -Supprimer les feuilles basales attaquées par la maladie. - Traitements chimiques
Pourriture grise causée par <i>Botrytis cinerea</i> .	- Les symptômes observés sur fleurs, fruits, tiges et feuilles se traduisent par un pourrissement des tissus. - un feutrage gris due a une production importante de spores couvre ces derniers. - <i>Botrytis cinerea</i> peut entraîner des pertes importantes de rendement	- Choix de variétés résistantes. -Aération adéquate. -Eviter l'excès d'eau et en azote. - Effectuer des traitements chimiques préventifs
Anthracnose causée par <i>Collectotrichum coccodes</i>	Tâches circulaires de 05 à 10 mm sur les fruits rouges.	



**Figure 27** : Mildiou et Alternariose sur la tomate (Yahoui, 2015)

**A** : mildiou sur tomate

**B** : Alternariose sur tomate

## II.2. L'antracnose

D'une manière générale, les antracnoses sont considérées comme des maladies de faiblesse dont le développement est favorisé sur les plantes présentant un déséquilibre physiologique. Le champignon attaque préférentiellement des organes jeunes ou vulnérables tels que jeunes feuilles et fleurs ou peut envahir rapidement les tissus blessés par suite de piqures d'insectes par exemple.

L'antracnose ou maladie du charbon selon les racines grecque et latin, est une maladie cryptogamique qui affecte plusieurs plantes cultivées. Parmi les arbustes fruitiers les plus exposés à cette pathologie, on cite le cerisier, le framboisier. Le haricot, le pois et la tomate sont des exemples de plantes potagères sensibles à l'antracnose (Khat et Guerfi, 2018).

**II.2.1. Description des symptômes** : Le dommage différent selon les parties atteintes :

### - Sur les fruits

Les premiers symptômes apparaissent plutôt sur des fruits murs sous la forme de petites lésions brun clair qui évoluent en taches circulaires, légèrement déprimées, et humides, réparties au hasard. Ces lésions s'étendent, se creusent progressivement et s'assombrissent. La chair sous-jacente prend une teinte plus claire et une texture granuleuse. Le centre des lésions évoluées prend une teinte brunâtre et des ponctuations noires apparaissent, qui correspondent aux micros sclérotés produits par le champignon. La cuticule des fruits reste intacte; elle peut se couvrir de petites masses de spores muqueuses, couleur saumon, en conditions climatiques humides (Khat et Guerfi, 2018).



**Figure 28** : Symptôme de l'anthracnose sur le fruit de la tomate (**Khiat et Guerfi, 2018**).

Signalons que plusieurs taches présentes sur les fruits peuvent confluer et entraîner une large pourriture (**Duval, 1991**). L'évolution plutôt lente des taches et la présence des micros sclérotés et des acervules sur ces dernières permettent d'identifier facilement cette mycose (**Khiat et Guerfi, 2018**).

#### **-Sur les feuilles**

Les signes qui apparaissent sur les jeunes feuilles sont sous forme de taches circulaires décolorées ou de lésions nécrosées irrégulières (Figure 8).



**Figure 29** : Symptôme de l'anthracnose sur une feuille de tomate (**Hansen, 2009**).

Par temps favorable, les zones nécrosées s'étendent et peuvent recouvrir tout le limbe des feuilles. Celles-ci semblent desséchées par un vent chaud et sec brûlées par le gel, selon la saison. Les champignons envahissent ensuite le système vasculaire, causent l'assèchement des pétioles et la chute prématurée des feuilles. A un stade avancé, on peut voir de petits points noirs sur les feuilles, des lésions aqueuses foncées marquent les fruits et des chancres (plaies) se développent sur les jeunes rameaux. Par conséquent, les fruits pourrissent et les pousses terminales se dessèchent. Parfois, les plantes annuelles meurent (**Kenneth, 2014**).

- **Sur les racines et les organes enterrés** : En présence de la maladie les radicelles sont peu nombreuses, voire inexistantes avec présence de lésion brunâtre à brun rougeâtres, et étendues sur le cortex des racines principales. Ce dernier une fois décomposé se détache par endroits du cylindre central. Les racines sont peu développées et partiellement décomposées en culture hors sol. Une pourriture de la base de la tige est parfois signalée (**Khiat et Guerfi, 2018**).



**Figure 30** : Symptôme de l'anthracnose sur racine de la tomate (**Khiat et Guerfi, 2018**).

## II.2.2. *Colletotrichum* sp.

### II.2.2.1. Définition

*Colletotrichum* est un genre asexué, classé parmi les champignons imparfaits. Il appartient aux Coelomycètes, produisant ses conidies dans les acervules (**Dean et al., 2012 ; Yssaad et Medaouar, 2018 ; Khedim et Benajmaia, 2019**). Malgré son importance, la taxonomie et la nomenclature de ce genre prêtent à confusion. Sur la base de critères d'interprétation taxinomique, **Von Arx (1957)** in (**Khedim et Benajmaia, 2019**) pense que le nombre d'espèces peut varier de 29 à plus de 700. D'autres ont également indiqué qu'il y a 802 enregistrements dans la mycobank, mais seulement 66 espèces ont été répertoriées comme étant actuellement utilisées (**Hyde et al. 2009 ; Khedim et Benajmaia, 2019**).

### II.2.2.2. Historique

*Colletotrichum* a été décrit à l'origine sous le nom de *Vermicularia* par **Tode (1790)** in **Khedim et Benajmaia, 2019**, mais plus tard il a été révisé comme *Colletotrichum* par **Corda (1837)** in **Khedim et Benajmaia, 2019**. *Colletotrichum* a été classé dans "Melanconiales" sous "Coelomycetes". Les épithètes *Colletotrichum* et *Vermicularia* ont été utilisées indistinctement au cours du 19<sup>ème</sup> et début du 20<sup>ème</sup> siècle pour une gamme d'espèces, qui sont maintenant classées dans *Colletotrichum*. *Colletotrichum* se distingue de *Vermicularia* par la présence de

soies marginales par rapport aux soies dispersées dans les Conidiomata de *Vermicularia* (Khedim et Benajmaia, 2019). Cependant, (Duke, 1928 in Khedim et Benajmaia, 2019) avait précédemment démontré que la structure et la forme conidiomatiques, la présence / absence de soies et leur disposition à l'intérieur de l'acervule sont extrêmement variables et n'ont aucune signification taxonomique au niveau du genre.

Cela a entraîné le transfert d'un grand nombre d'espèces de *Vermicularia* à *Colletotrichum*. *Gloeosporium*, un anamorphe morphologiquement similaire, a également posé des problèmes lors de l'identification, et le distinguer de *Colletotrichum* était difficile, car bien que *Gloeosporium* ne produisait pas de soies, certains pouvaient générer des soies sur certains substrats (Khedim et Benajmaia, 2019).

### II.2.2.3. Les espèces de *Colletotrichum* affectant la tomate

#### II.2.2.3.1. *Colletotrichum gloeosporioides*

La maladie de l'anthracnose causée par *Colletotrichum gloeosporioides* est une source de préoccupation majeure chez les agriculteurs. *C. gloeosporioides* est un genre pathogène omniprésent. Ce champignon infecte les monocotylédones (gazon) et les dicotylédones supérieures (anacardiens). *C. gloeosporioides* est largement distribué et pathogène végétal commun dans le monde (Lourd, 1982 ; Kim et al., 2014 ; Cannon et al., 2000 in Khiat et Guerfi, 2018). Le champignon est plus abondant dans les régions tropicales et subtropicales que dans les régions tempérées (Khiat et Guerfi, 2018). Ce pathogène, infecte environ 470 genres d'hôtes différents. Il provoque également des problèmes post-récolte (Prusky et Plumbly, 1992 in Khiat et Guerfi, 2018), et agit également comme de souche endophyte isolée de parties de plantes asymptomatiques (Khiat et Guerfi, 2018).

##### II.2.2.3.1.1. Mode d'infection

*C. gloeosporioides* suit le mode d'infection hémibiotrophique où des phases biotrophes et nécrotrophes sont séquentiellement présentes. Tout d'abord, l'agent pathogène établit une interaction avec l'hôte en produisant un appressorium mélanisé puis pénètre dans la cuticule hôte. Après la pénétration, des vésicules d'infection et des hyphes primaires sont formées. Ces structures sont quelque peu semblables à l'haustoria (formé par les oïdiums et les champignons de la rouille). Elles ne causent aucun dommage à l'hôte.

Cette étape de l'infection est appelée phase bio trophique. Plus tard, des hyphes secondaires nécrotrophes se développent et se propagent pour tuer la cellule hôte (**Munch et al., 2008 in Khiat et Guerfi, 2018**).

*Colletotrichum gloeosporioides* est une espèce de champignons ascomycètes, il appartient au genre *Colletotrichum* suit la classification suivante selon BISSETT (**Khiat et Guerfi, 2018**):

Règne : Fungi

Sous règne : Dikarya

Division : Ascomycota

Sous division : Peziziomycotina

Classe : Sordariomycetes

Ordre : Glomerellales

Famille : Glomerellaceae

Genre : *Colletotrichum*

Espèce : *Colletotrichum gloeosporioides*

#### II.2.2.3.1.2. Cycle de vie de *Colletotrichum gloeosporioides*

Le cycle de vie de ce pathogène commence par la germination des spores à la surface de la plante pour former des structures d'infection mélanisées appelées appressorium suivies de la pénétration du tissu de l'hôte. A ce stade, des hyphes d'infection épaisses sont produites dans les cellules infectées primaires, ce stade est appelé stade bio trophique de l'infection. Après cela, le champignon se transforme soudainement en phase nécrotrophe d'infection qui se caractérise par la formation d'hyphes secondaires minces provenant des hyphes primaires et ce sont ces hyphes secondaires qui commencent à coloniser les cellules voisines et qui finissent par entraîner le développement de lésions visibles à la surface (**Khiat et Guerfi, 2018**).

Enfin, les spores sont formées à la surface des tissus infectés, puis elles sont dispersées par les insectes, le courant d'air et les éclaboussures d'eau pour commencer un autre cycle d'infection (**Khiat et Guerfi, 2018**).



Figure 31 : Formation des hyphes dans le site d'infection (Khiat et Guerfi, 2018).

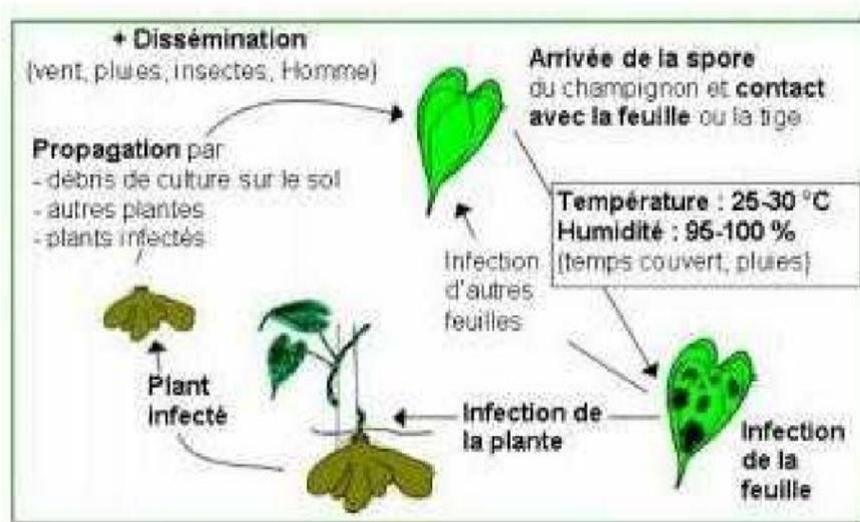


Figure 32 : Cycle de vie de l'agent responsable (*Colletotrichum gloeosporioides*) (Khiat et Guerfi, 2018)

#### III.2.2.3.2. *Colletotrichum coccodes*

*Colletotrichum coccodes* (Wallr.) S. Hughes est l'agent profil étiologique de maladies telles que « l'antracnose » et le « point noir » pour les solanacées, causant des pertes importantes dans plusieurs zones du monde.

Dans les fruits de tomate et de poivron, les symptômes sont connus sous le nom d'antracnose affectant la tige, les racines, les fruits vert et mûr, où se forme une lésion circulaire déprimée, avec assombrissement central et production abondante de pinces, flèches et micro-sclérotés. Les dommages causés par ce pathogène entraînent à la fois réduction directe de la qualité et de la quantité des fruits, comme augmentation des coûts de production et post-récolte (Costa et al., 2006).

### II.2.2.3.2.1. Historique

L'anthracnose, causée par *Colletotrichum coccodes*, affecte les solanacées et les cucurbitacées (Angel et al., 2019). Les premiers rapports de maladie chez la pomme de terre et la tomate remontent au début du 19<sup>e</sup> siècle et sont décrits en détail par Dickson en 1926 (Lees et Hilton, 2003).

Au Mexique, ce pathogène a été signalé dans la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) mais pas chez la tomate (*Solanum lycopersicum*). En 2015, la présence de symptômes de lésions profondes a été observée avec une incidence de 7% dans des tomates échantillonnées dans des champs ouverts dans l'État de Morelos, au Mexique (Angel et al., 2019).

### II.2.2.3.2.2. Informations taxonomiques

- **Nom anamorphique** : *Colletotrichum coccodes* (Wallr.) 1958
- **Synonymes** : *Acrothecium solani* Sacc. (1833), *Vermicularia varians* Ducomet (1908), *Colletotrichum colanicola* O'Gara (1915), *Colletotrichum atromentarium* Berk. & Broome (1916), *Colletotrichum biologicum* Chaudhuri (1924)
- **Noms communs** : anthracnose de tomate (espagnol), Pomme de terre anthracnose (espagnol), Anthracnose de pomme de terre (anglais), Anthracnose de tomate (anglais), Black dot disease of potato (anglais), Pourriture des pieds de tomate (anglais), Pourriture mûre de tomate (anglais), Tomate Anthracnose (français), Tomate dartrose (français), Dartrose de la pomme de terre (français), Tomate anthracnose (allemand) (Laboratorio de Micología, 2019).

### II.2.2.3.2.3. Mode infection

Les symptômes initiaux apparaissent sur les fruits mûrs comme des taches de couleur brun clair et à mesure que la maladie progresse, les lésions sont élargies et un affaissement est observé. Le champignon infecte les fruits par les ouvertures naturelles, en outre, le même processus est effectué par les blessures causées par le sable porté par le vent (Angel et al., 2019).

Lorsque les fruits sont encore verts, le pathogène peut rester inactif (infection au repos) sur le fruit jusqu'à ce qu'il atteigne la maturité physiologique. Des masses peuvent être observées à l'intérieur des lésions des conidies, bien que le champignon puisse également attaquer les racines, tiges et feuilles. Les dommages aux fruits peuvent affecter le pH dans les tissus, ce qui peut être important en termes économique. Une des caractéristiques

morphologiques importantes du champignon est la production de sclérotés, qui peut survivre dans les résidus de culture ou dans le sol, même pour plus de cinq ans et être une source d'inoculum dans des parcelles où la rotation des cultures n'est pas effectuée (Angel et al., 2019).

L'identification précise d'un pathogène est essentielle pour réduire les effets dévastateurs de la maladie en appliquant une gestion intégrée des cultures pour diminuer les dommages causés par la maladie (Angel et al., 2019). Pour déterminer la présence de *C. coccodes*, il est nécessaire de disposer de matériel végétal présentant signes et symptômes caractéristiques. La détection de *C. coccodes* dans les graines de piment et de tomate est rapide et précise, en utilisant la technique d'incubation en milieu de culture (Young et al, 2018 ; Laboratorio de Micología, 2019).

### II.3. La lutte biologique

#### II.3.1. Définition de la lutte biologique

Il existe de nombreuses définitions de la lutte biologique mais nous nous en tiendrons à une définition générale telle que celle proposée par l'OILB (Organisation Internationale de Lutte Biologique) est la suivante : "L'utilisation d'organismes vivants ou de leurs produits pour prévenir ou réduire les dégâts causés par les ravageurs aux productions végétales." La lutte biologique est donc l'utilisation d'organismes vivants dans le but de limiter la pullulation et/ou la nocivité des divers ennemis des cultures « rongeurs, insectes, nématodes, maladies des plantes et mauvaises herbes » (Bergheul, 2018).

La définition de la lutte biologique donnée par l'OiLB implique une notion importante d'équilibre. À l'inverse des méthodes chimiques, la lutte biologique ne vise pas nécessairement l'éradication de l'organisme nuisible, mais son maintien à une densité raisonnable. Ainsi, elle respecte mieux les écosystèmes (Calatayud, 2013).

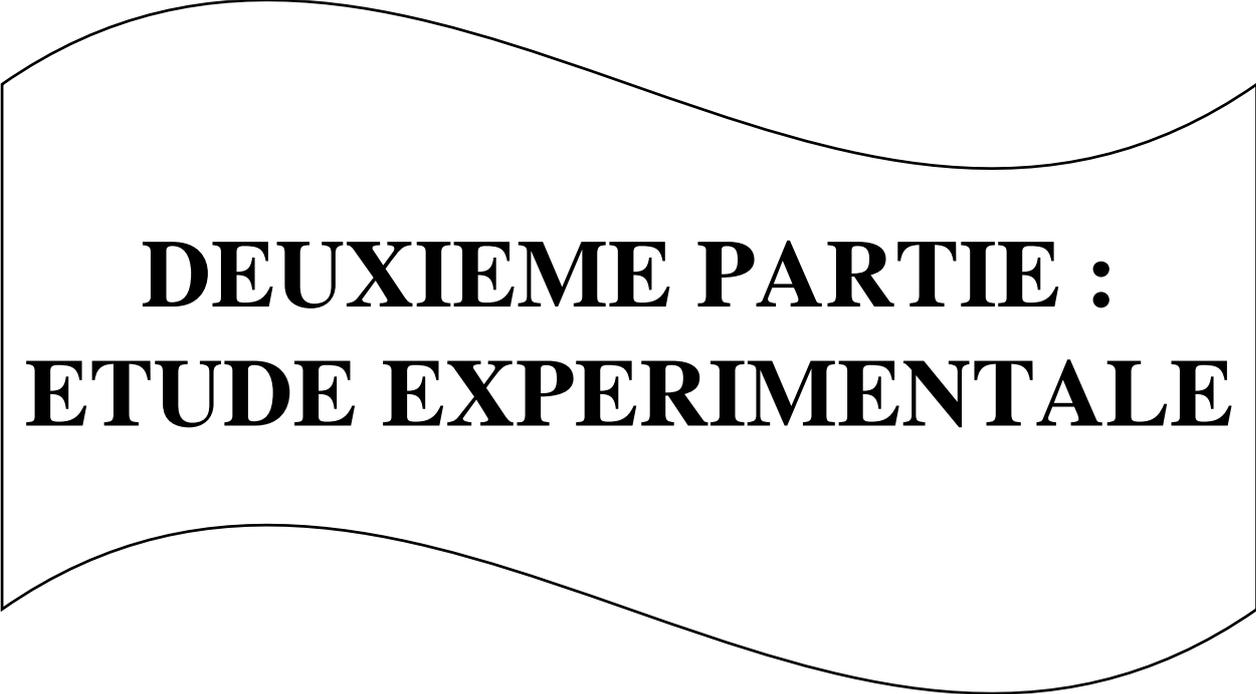
#### II.3.2. Utilisation des dérivés de plantes dans la lutte contre les agents phytopathogènes

Le contrôle des bioagresseurs par des extraits végétaux a longtemps été réalisé de manière traditionnelle et donc leur utilisation repose souvent sur des bases empiriques. La meilleure connaissance des mécanismes d'action mis en œuvre par ces produits offre des perspectives nouvelles pour la protection des cultures, en raison de leurs nombreux avantages écologiques. Plusieurs approches se distinguent actuellement : l'utilisation de formulations phytosanitaires spécifiques (biopesticides d'origine végétale), ou mixtes (association avec des pesticides organiques de synthèses). Ces deux démarches ouvrent des possibilités de

développement commercial à ces substances d'origine végétale pour lutter contre les maladies des plantes, dynamisant ainsi l'avènement d'une nouvelle génération de solutions renouvelables, écologiquement et environnementalement acceptables, face aux bioagresseurs (**Bergheul, 2018**).

**II.3.3. Modes d'actions des substances naturelles :** Les substances naturelles peuvent avoir plusieurs modes d'actions :

- Actif par ingestion, en paralysant de manière directe les insectes ravageurs ;
- Actif par contact, en déshydratant de manière directe la cuticule des animaux ravageurs ou des plantes ;
- Actif par effet mécanique (barrière physique) ;
- Effet répulsif, en créant des perturbations sur le comportement des ravageurs installés à la surface des plantes ;
- En stimulant la défense des plantes (autodéfense des plantes), en permettant à la plante de déclencher ses réactions de défenses. (SDN - SDP) (**Bergheul, 2018**).



**DEUXIEME PARTIE :**  
**ETUDE EXPERIMENTALE**



**CHAPITRE I :**  
**MATERIEL ET**  
**METHODES**

## I. Matériel et méthodes

### I.1. Objectif

Notre travail vise à vérifier «in vitro » et « in vivo », l'éventuel effet antifongique des extraits aqueux de *Cupressus sempervirens* et de *Lepidium sativum* sur le champignon *Colletotrichum* sp. agent de l'antracnose de la tomate

### I.2. Matériel

#### I.2.1. Matériel biologique

##### I.2.1.1. Matériel végétal

Les parties végétales utilisées pour la préparation des extraits aqueux sont les cônes de *Cupressus sempervirens* et les graines de *Lepidium sativum*.

*Cupressus sempervirens* a été identifié botaniquement par Dr. Sekkal F/Z, enseignante chercheur à l'Université de Mostaganem. Les cônes ont été récoltés au mois de Février 2020, du site 3 de Université de Mostaganem « ex ITA », située dans l'Ouest Algérien (Lat. 35 ° 55' 52 " N, Long. 0 ° 05' 21 " E, Alt. 102 m).

Les graines de l'autre espèce étudié (*Lepidium sativum*), a été acheté de chez l'herboriste à Mostaganem

##### I.2.1.2. Matériel fongique

L'isolat de *colletotrichum* sp. m'a été fourni par Mme Saiah Farida mon encadreur et membre du laboratoire de protection des végétaux. L'isolat a été préalablement isolé a partir de fruit de tomate. Après purification et identification de l'isolat ce dernier a été conservé sur le milieu de culture PDA. Avant son utilisation un repiquage sur milieu PDA a été nécessaire.

### I.3. Méthodes

#### I.3.1. Extraction par l'eau surchauffée

Pour la préparation des extraits des cônes de cyprès et des graines de *Lepidium sativum* nous avons optés pour l'extraction par l'eau surchauffée. Pour cette méthode l'eau est utilisée avec un rapport de 1/10 (P/V). Les flacons sont placés dans l'autoclave pendant 35 min à une température dépassant 134°C et une pression de deux bars. Les flacons contenant les extraits sont couverts par un papier aluminium et conservés à 4°C (Debbab, 2017).

### I.3.1.1. 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 :

$$\text{RD (\%)} = \text{M ext sèche} / \text{M ext} \times 100$$

**M ext** : la masse d'extrait avant l'évaporation (en g).

**M ext sèche** : la masse de l'extrait après l'évaporation (en g).

**RD** : le rendement (**Bergheul, 2018**).

### I.3.2. Evaluation de l'efficacité biofongicide « in vitro » sur la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp.

Les extraits obtenus sont dilués par de l'eau distillée stérile en vue d'obtenir un mélange homogène à différentes concentrations (20%, 40%, et 80%, 100%).

Un millilitre de chaque concentration est mis dans une boîte de Pétri, puis on ajoute dans chaque boîte 9 ml de milieu de culture et on mélange jusqu'à l'homogénéisation. Après la solidification de milieu l'ensemencement se réalise avec des explants de 5 mm de diamètres prélevés d'une culture âgées de 10 jours. Ces explants sont déposés au centre des boîtes de Pétri. Trois répétitions sont réalisées pour chaque concentration (**Debbab, 2017**).



1 ml de chaque concentration

9 ml de PDA mis dans chaque  
boîte de Pétrie contenant l'extrait



Homogénéisation solidification de milieu



Culture de *colletotrichum sp* âgé 10 jours



Transfert des explants de 0,5 cm

**Planche 01** : Représentation schématique du protocole expérimentale de test antifongique réalisé in vitro.

### I.3.2.1. Estimation de la croissance mycélienne

Pour apprécier la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp., nous avons retenu dans notre étude la mesure de la croissance linéaire du mycélium. La croissance linéaire est déterminée selon la formule suivante :

$$L = D - d/2 \quad \text{Où :}$$

**L** : croissance mycélienne.

**D** : diamètre de colonie.

**d** : diamètre de l'explant (Bergheul, 2018).

### I.3.2.2. Détermination du taux d'inhibition

Les résultats obtenus à partir de l'estimation de la croissance mycélienne sont exprimés en pourcentage (%) par rapport à la croissance mycélienne du témoin du dernier jour selon la formule décrite par Leroux et Credet

$$T (\%) = (L - I / L) \times 100 \quad \text{Où :}$$

**T** : taux d'inhibition.

**L** : croissance mycélienne du témoin exprimée en cm.

**I** : croissance mycélienne du champignon subissant le traitement exprimé en cm (Bergheul, 2018).

## I.3.3. Évaluation de l'efficacité biofongicide « in vivo »

### I.3.3.1. Matériel végétale

Pour tester l'efficacité in vivo des extraits des cônes du cyprès et des graines du cresson alénois, nous avons utilisés des tomates de petite taille de la variété que nous avons rincés et stérilisés puis séchés.

### I.3.3.2. Préparation de l'inoculum de *Colletotrichum* sp.

La méthode consiste à prélever un explant mycélien de 1 cm<sup>2</sup> à partir du centre d'une colonie de 10 jours cultivée sur PDA. Ce milieu favorise la sporulation de *Colletotrichum*. L'explant est mis dans un tube à essai contenant 5 ml d'eau distillé stérile. Le tube est agité à l'aide d'un vortex. La suspension est filtrée à travers de la mousseline.

### I.3.3.3. Inoculation des fruits

Le choix des concentrations des extraits dépend des résultats du test « in vitro », du fait qu'on n'a pas réussi à atteindre la CMI même avec l'extrait pur, nous avons retenu l'extrait pur pour inoculer les fruits de tomates.

L'inoculation a été effectuée selon deux méthodes différentes :

- **Méthode 1**

Après rinçage des fruits, on réalise trois blessures sur le fruit. Les blessures sont espacées d'environ 3 centimètres. Un fruit est disposé dans une boîte. Une gouttelette de 6  $\mu$ l d'inoculum est apporté à l'endroit de la blessure

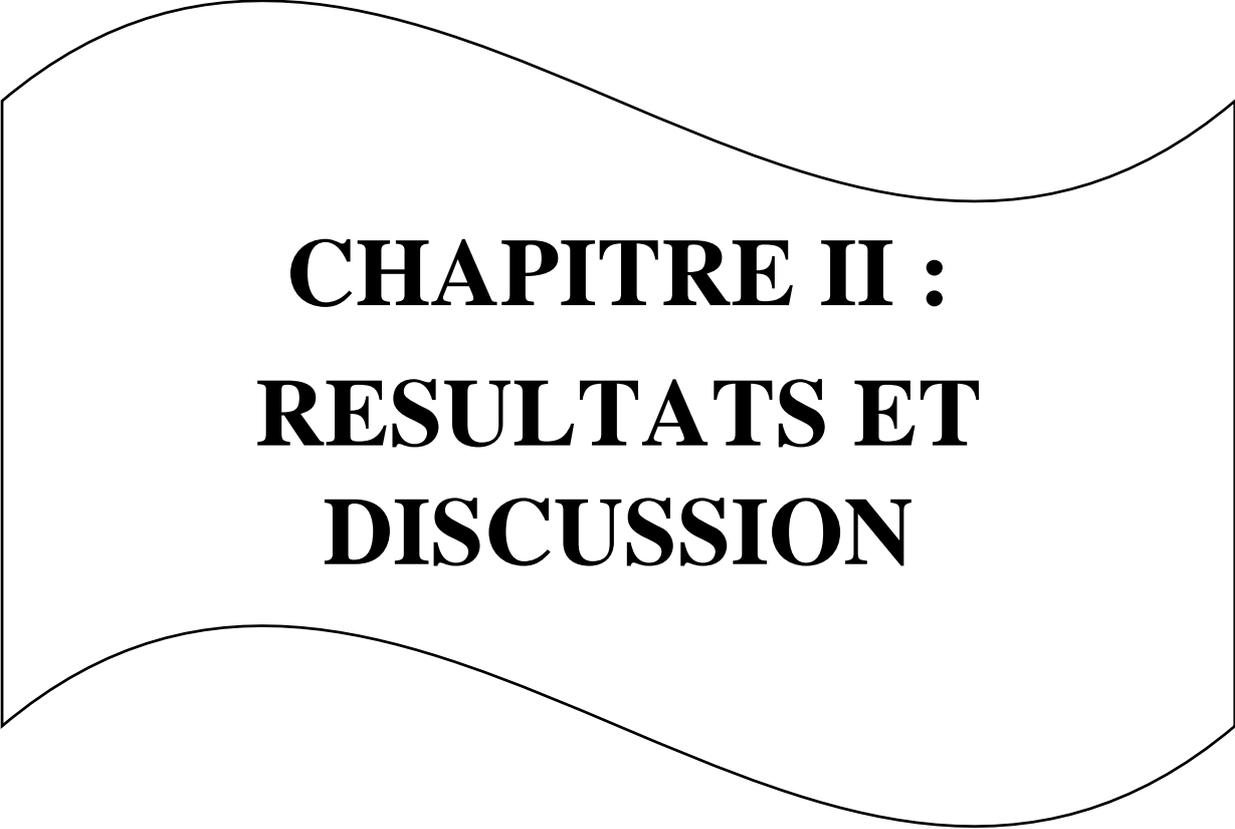
La pulvérisation des extraits sur les plaies intervient 48 heures après l'inoculation. Les pulvérisations suivantes des extraits interviennent toutes les 48 heures. Des notations sont faites journalisèrent pour relever les symptômes de la maladie (**Nait et Ouabba, 2018**).

- **Méthode 2**

Après rinçage des fruits, on plonge la tomate dans l'extrait, après quelques minutes on réalise trois blessures sur le fruit. Les blessures sont espacées d'environ 3 centimètres. Une gouttelette de 6  $\mu$ l d'inoculum est apportée à l'endroit de la blessure. Les fruits sont disposés dans des boîtes en plastiques (**Saiah, communication personnelle**).



**Figure 33** : Quelques tomates inoculées



**CHAPITRE II :**  
**RESULTATS ET**  
**DISCUSSION**

## II. Résultats et discussion

### II.1. Rendement de l'extraction

Après autoclavage à pression et température élevée, les extraits aqueux obtenus présentent un aspect visqueux pour l'extrait des graines de *L. sativum*, et un aspect léger de pour celui des cônes de *Cupressus sempervirens*.

Le rendement a été déterminé par rapport au poids du matériel végétal sec rendu en poudre, les résultats ont été exprimés en pourcentage. Les proportions obtenues sont presque égales ce qui montre que le rendement n'est pas influencé par les paramètres d'espèce et la partie de la plante (Tableaux 06).

**Tableau 06** : Le rendement et aspect des extraits obtenus

Extrait aqueux	Rendement (%)	Aspect
<i>C. sempervirens</i>	8	
<i>L. sativum</i>	7.9	

## II.2. Etude de l'aspect macroscopique et microscopique des isolats

### II.2.1. Etude de l'aspect macroscopique et microscopique d'isolat de *Colletotrichum*

**sp.1** : présente des colonies grises verdâtre, d'aspect ras et radiale (Figure 34).

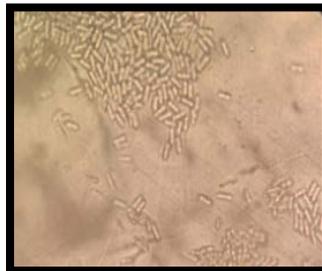
L'aspect microscopique révèle un mycélium cloisonné et hyalin, portant des acervules. Ces dernières sont très variables en taille, en forme et exsudent un liquide visqueux dans lequel baignent des conidies. Ces dernières sont hyalines, droites, de formes cylindriques avec des arrondis aux deux extrémités (Figure 35).

### II.2.1. Etude de l'aspect macroscopique et microscopique de *Colletotrichum* sp.2

Le pourtour du front de croissance a été marqué par un front régulier, le mycélium est blanc cotonneux avec présence de nombreuses taches noires, le revers est saumon clair (Figure 34). Les conidies sont cylindriques, avec des contours d'extrémités arrondies ou tronquées. Les acervules portant les conidies sont bruns à noirs (Figure 35).



**Figure 34 :** Aspect macroscopique sur PDA de *Colletotrichum* sp.1(A) et *Colletotrichum* sp.2 (Original, 2020).



**Figure 35 :** Aspect microscopique (GX10) de l'isolat de *Colletotrichum* sp.2 (Originale, 2020).

### II.3. Etude de l'efficacité antifongique « in vitro » des extraits étudiés

L'analyse des résultats des tests antifongiques des deux extraits réalisés « in vitro », montre une efficacité remarquable vis-à-vis des isolats étudiés.

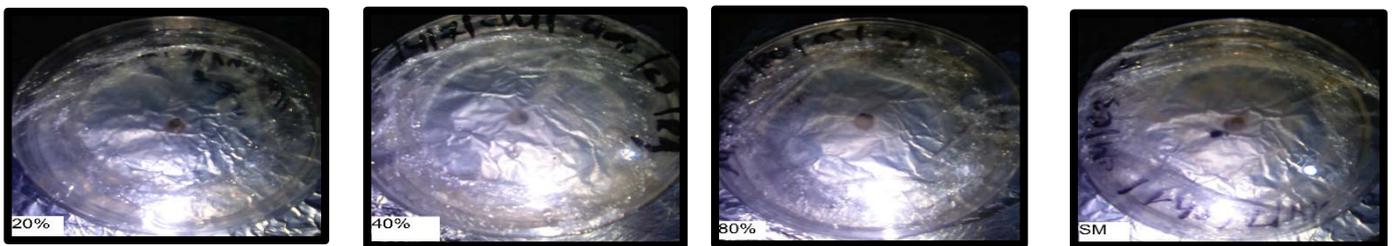
#### II.3.1. Activité antifongique d'extrait aqueux de *C. sempervirens*

L'activité antifongique de l'extrait aqueux de *C. sempervirens* varie selon l'isolat (*Colletotrichum* sp.1 ou *Colletotrichum* sp.2).

### II.3.1.1. Effet d'extrait aqueux de *C. sempervirens* sur la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp.1

D'après les figure (36 ; 38 ; 39), on constate une inhibition de la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp.1, mais n'est pas proportionnelle aux concentrations de l'extrait. En effet nous avons remarqué un chevauchement dans le taux d'inhibition. La concentration 80% a enregistré le taux d'inhibition plus élevé (45%), puis la concentration 100%, puis la concentration 20%, ensuite la concentration où l'on a enregistré le plus faible taux d'inhibition.

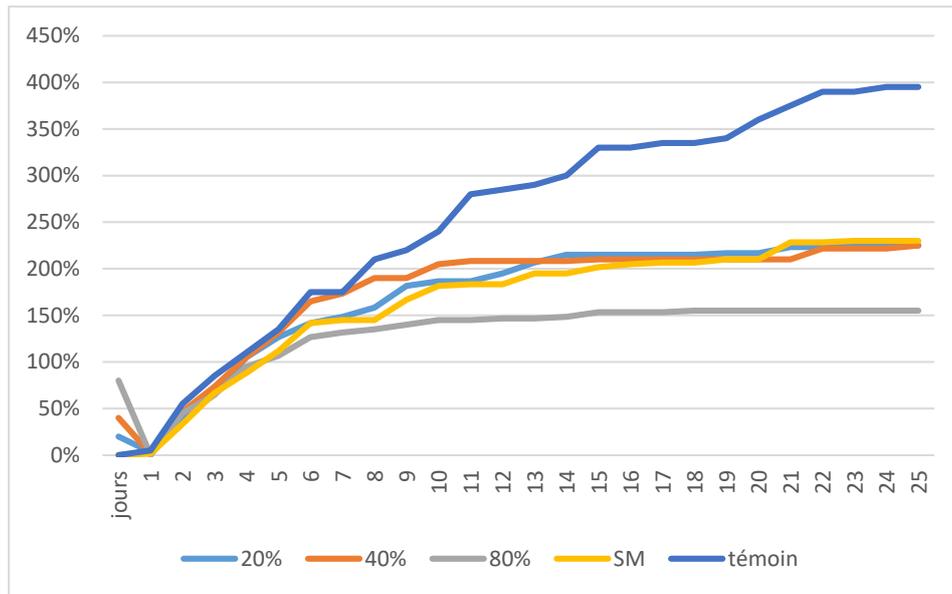
Donc, comparativement avec le témoin on peut dire que l'extrait aqueux de *C. sempervirens* a une capacité remarquable à ralentir la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp.1



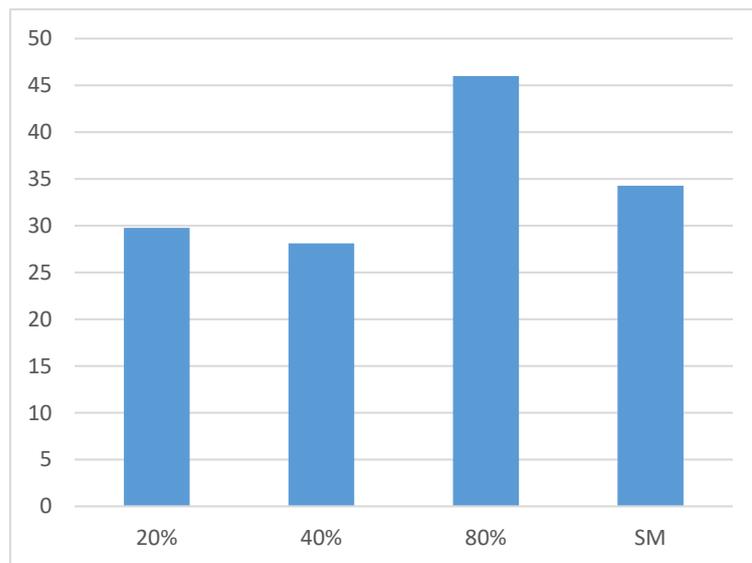
**Figure 36 :** Effet des différentes concentrations de l'extrait aqueux de *C. sempervirens* sur la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp.1 (Original, 2020).



**Figure 37 :** Culture de *Colletotrichum* sp.1 sur PDA (témoin) (Original, 2020).



**Figure 38 :** Cinétique de croissance de l’isolat de *Colletotrichum* sp.1 sous l’effet de différentes concentrations de l’extrait aqueux de *C. sempervirens*.

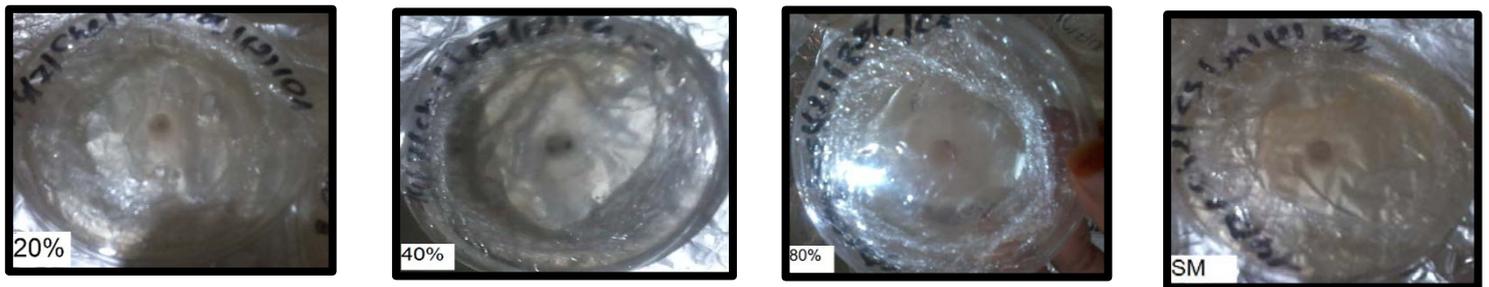


**Figure 39 :** Taux d’inhibition (%) des différentes concentrations de l’extrait aqueux de *C. sempervirens* sur le *Colletotrichum* sp.1

### II.3.1.2. Effet de l'extrait aqueux de *C. sempervirens* sur la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp.2

D'après les figure (40 ; 42 ; 43), on constate que l'inhibition de la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp.2 est inversement proportionnelle aux concentrations de l'extrait. Plus la concentration augmente, plus la vitesse de croissance diminue.

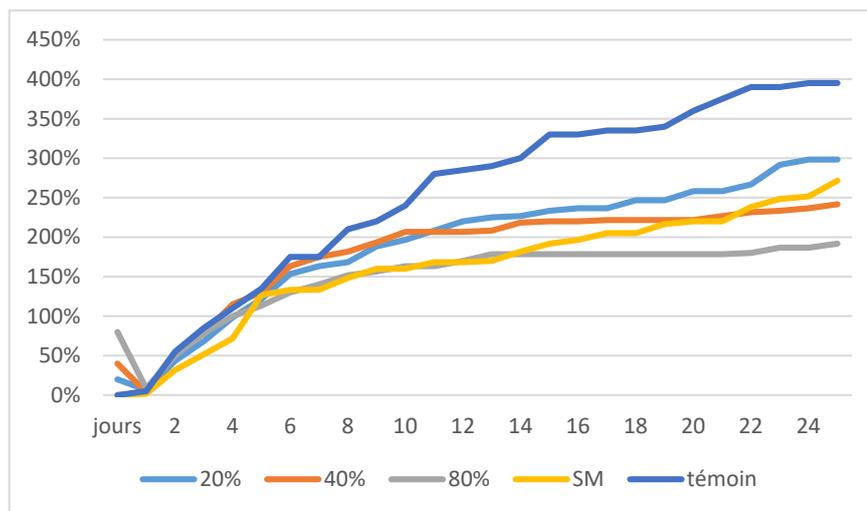
Donc, comparativement au témoin, l'extrait aqueux de *C. sempervirens* a une capacité remarquable à ralentir la croissance mycélienne.



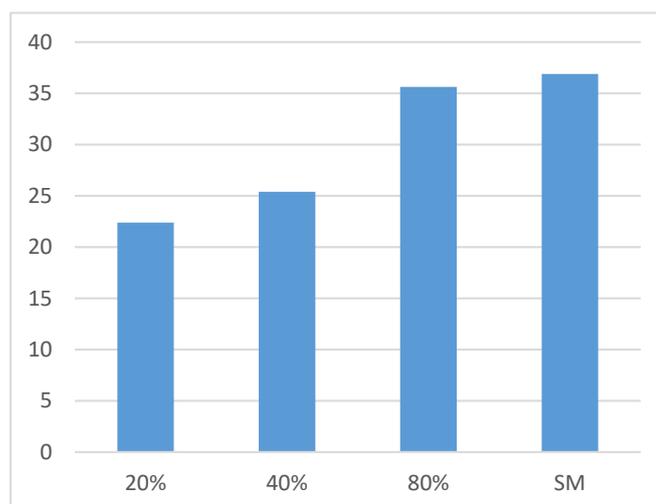
**Figure 40 :** Effet des différentes concentrations de l'extrait aqueux de *C. sempervirens* sur la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp.2 (Original, 2020).



**Figure 41 :** Culture de *Colletotrichum* sp.2 sur milieu PDA (témoin) (Originale, 2020)



**Figure 42 :** Cinétique de croissance mycélienne de l'isolat *Colletotrichum* sp.2 sous l'effet de différentes concentrations de l'extrait aqueux de *C. sempervirens*.



**Figure 43 :** Taux d'inhibition des différentes concentrations d'extrait aqueux de *C. sempervirens* sur le *Colletotrichum* sp.2

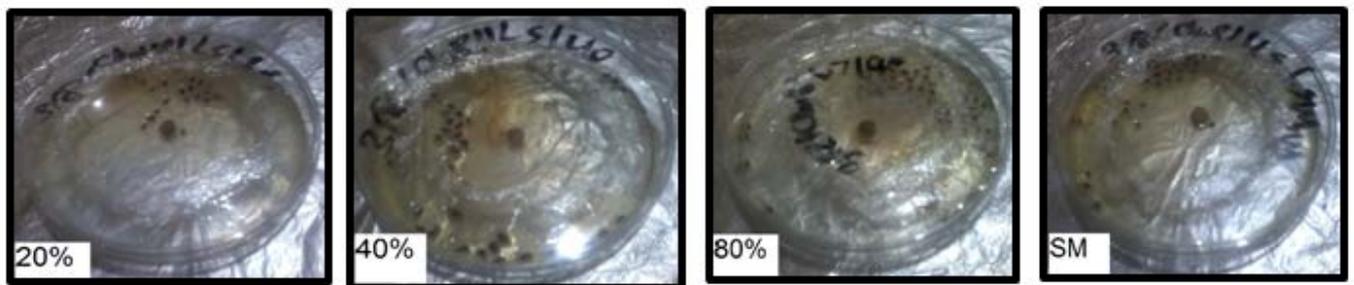
### II.3.2. Activité antifongique de l'extrait aqueux de *Lepidium sativum*

L'activité antifongique de l'extrait aqueux de *L. sativum* varie d'un champignon à l'autre.

### II.3.2.1. Effet d'extrait aqueux de *L. sativum* sur la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp.1

D'après les figure (44 ; 46 ; 47), on constate que l'inhibition de la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp.1 n'est pas proportionnelle aux concentrations de l'extrait. On remarque que la concentration 40% à un taux d'inhibition plus élevé (85%), puis la concentration 100%, puis la concentration 20%, puis la concentration 80% par un faible taux d'inhibition.

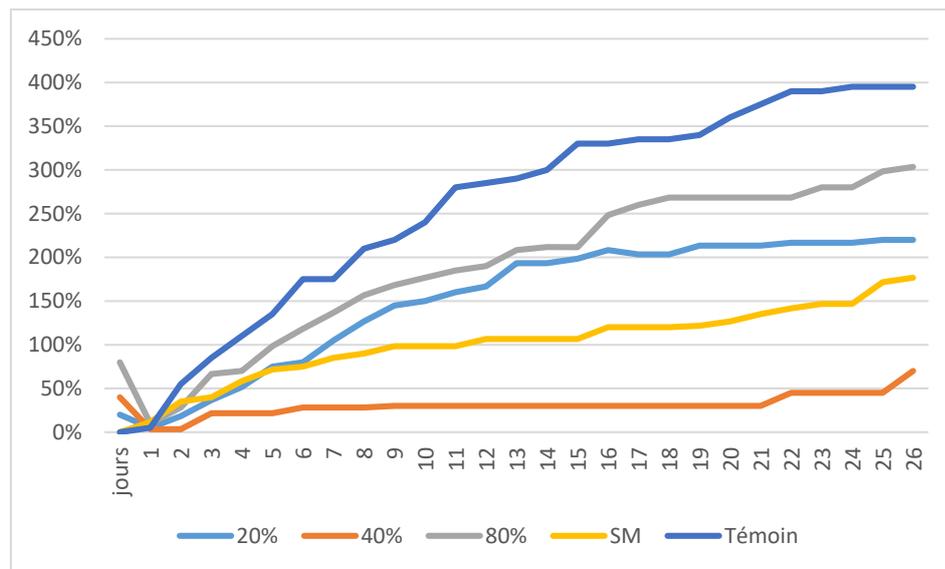
Donc, comparativement avec le témoin on peut dire que l'extrait aqueux de *L. sativum* a une capacité de ralentir la croissance mycélienne, mais avec des taux d'inhibition qui diffèrent d'une concentration à l'autre.



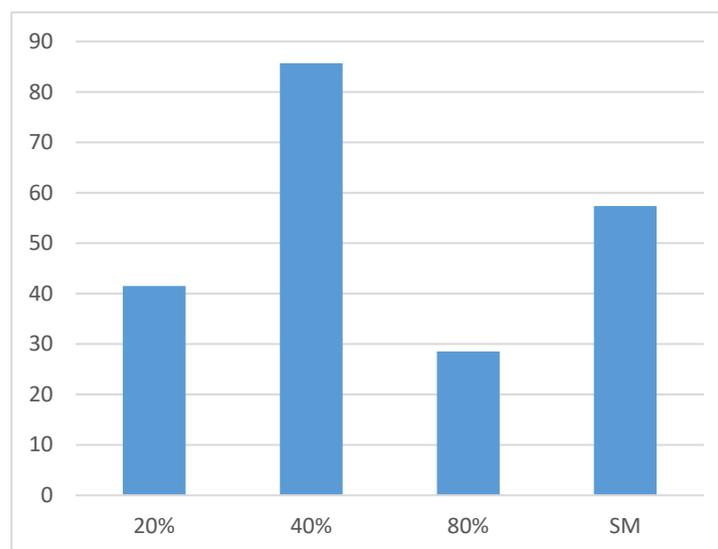
**Figure 44 :** Effet des différentes concentrations d'extrait aqueux de *L. sativum* sur la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp.1 (Original, 2020)



**Figure 45 :** Culture de *Colletotrichum* sp.1 sur PDA (témoin) (Original, 2020).



**Figure 46. :** Cinétique de croissance de l’isolat de *Colletotrichum* sp.1 sous l’effet de différentes concentrations d’extrait aqueux de *L. sativum*.



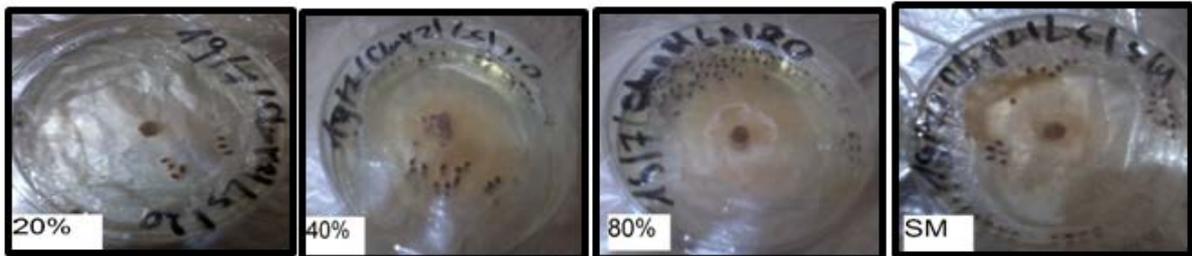
**Figure 47 :** Taux d’inhibition des différentes concentrations d’extrait aqueux de *L. sativum* sur le *Colletotrichum* sp.1

### II.3.2.2. Effet d’extrait aqueux de *L. sativum* sur la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp.2

D’après les figure (48 ;50 ; 51), on constate que l’inhibition de la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp.2 n’est pas proportionnelle avec les concentrations de l’extrait. Chaque concentration à un taux d’inhibition distinct, on remarque que la concentration 40% à un taux

d'inhibition plus élevé (68%), puis la concentration 80%, puis la concentration 100%, puis la concentration 20% par un faible taux d'inhibition.

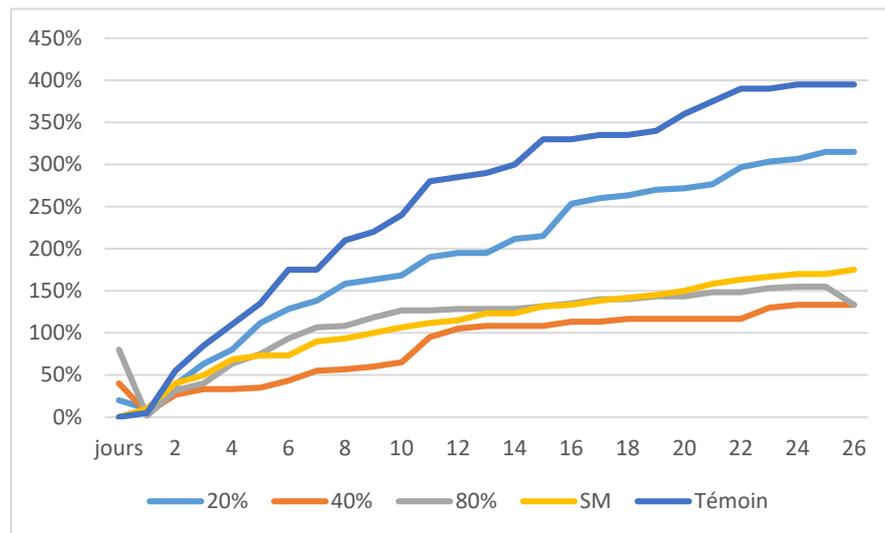
Donc, comparativement avec le témoin on peut dire que l'extrait aqueux de *L. sativum* a pu ralentir la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp.2



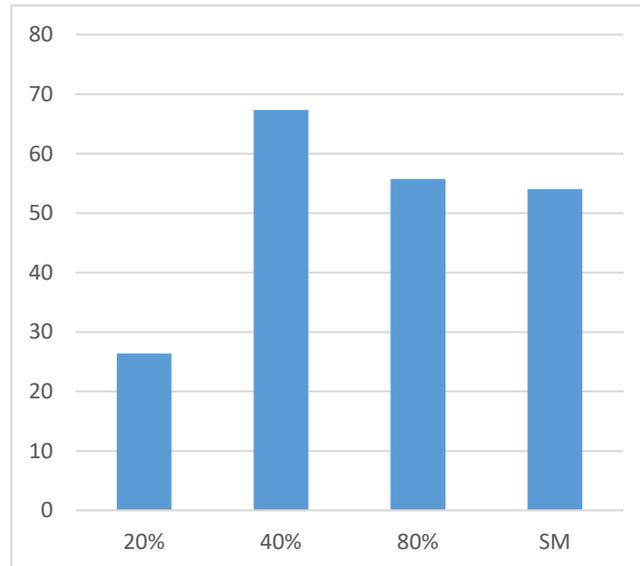
**Figure 48 :** Effet des différentes concentrations de l'extrait aqueux de *L. sativum* sur la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp.2 (Original, 2020)



**Figure 49 :** culture de *Colletotrichum* sp.2 sur PDA (témoin) (Original, 2020).



**Figure 50 :** Cinétique de croissance de l'isolat de *Colletotrichum* sp.2 sous l'effet de différentes concentrations de l'extrait aqueux de *L. sativum*.



**Figure 51 :** Taux d'inhibition des différentes concentrations de l'extrait aqueux de *L. sativum* sur le *Colletotrichum* sp.2

D'une manière générale, on constate que l'extrait aqueux de *L. sativum* a exercé le pouvoir inhibiteur le plus important sur la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp. en comparaison avec l'extrait aqueux de *C. sempervirens*.

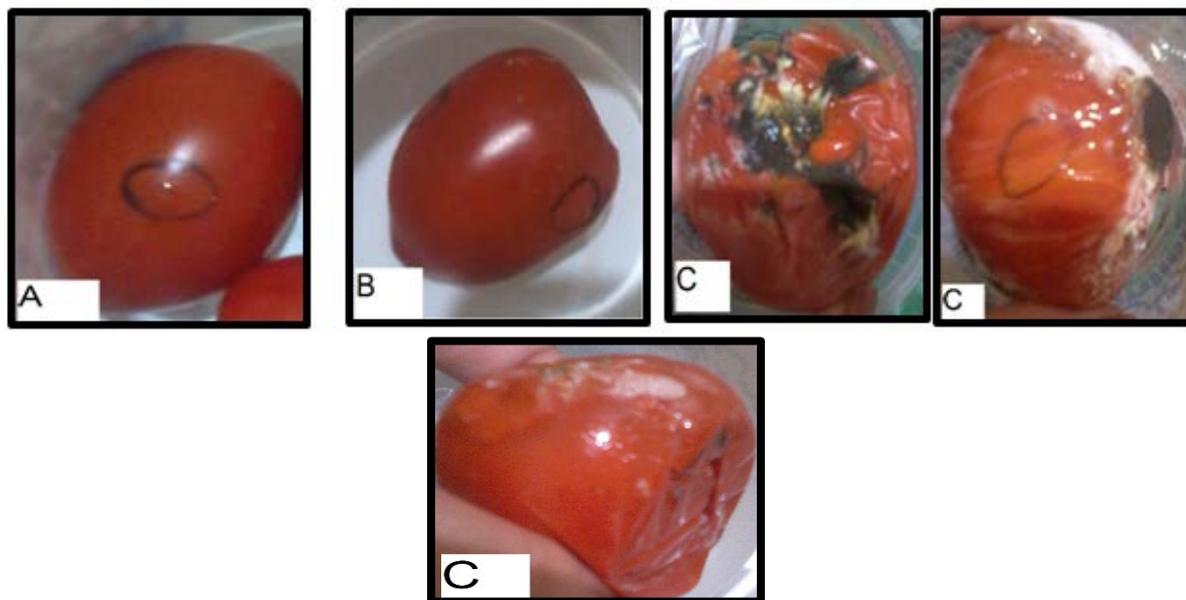
#### II.4. Efficacité antifongique des extraits étudiés in vivo

Pour cette étude nous avons testé deux méthodes de traitement par les extraits, par pulvérisation des extraits et par immersion des tomates dans l'extrait. Nous avons par la suite mis en évidence la durée d'incubation des champignons c'est-à-dire le jour d'apparition des symptômes de l'anthracnose sur les tomates inoculées.

Nous avons remarqué que le jour d'apparition des symptômes varie selon la méthode d'inoculation et l'extrait utilisé (figure 52).

D'après le tableau on distingue que les tomates inoculées et traitées par immersion dans l'extrait sont restées indemne plus longtemps que les tomates inoculées et pulvérisées. Nous avons remarqué également que l'extrait de *L. sativum* a bien conservé les tomates comparativement à l'extrait aqueux de *C. sempervirens*.

Donc, la méthode l'adéquate est la l'immersion des tomates dans l'extrait alors que le meilleur extrait pour conserver les tomates est l'extrait de *L. sativum*.



**Figure 52 :** Observations sur tomates inoculées par le *Colletotrichum* sp. (Original, 2020)

**A :** la tomate inoculée par pulvérisation (après 48h) ; **B :** la tomate inoculée par immersion (après 48h); **C :** la tomate après apparition des symptômes.

**Tableau 07 :** Nombre de tomates atteintes et jours d’apparition des symptômes après inoculation et traitement par les extraits

Traitements	pulvérisation				immersion			
	jour2	jour5	Jour 8	jour11	jour2	jour5	jour8	jour11
<i>Colletotrichum</i> sp1 / <i>C .sempervirens</i>	1	2	3		0	1	3	
<i>Colletotrichum</i> sp 2 par <i>C .sempervirens</i>	0	0	1	3	0	1	3	
<i>Colletotrichum</i> sp 1 / <i>L. sativum</i>	0	0	2	3	1	2	0	3
<i>Colletotrichum</i> sp 2 / <i>L. sativum</i>	0	2	3		0	0	2	3
Témoin <i>Colletotrichum</i> sp1	2	3			1	2	3	
Témoin <i>Colletotrichum</i> sp1	2	3			1	3		

## II.5. Discussions

Les résultats d'inhibition de la croissance de *Colletotrichum* sp. « in vitro » diffèrent selon la plante aromatique, dose de l'extrait, et l'isolat utilisé.

On constate qu'il y a pas une relation entre la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp. et la dose d'extrait utilisé. En effet chaque dose de l'extrait inhibe la croissance, sauf dans le cas de *Colletotrichum* sp.2 traité par l'extrait aqueux de *C. sempervirens* où une relation proportionnelle entre la croissance mycélienne de *Colletotrichum* sp.2 et la dose de l'extrait, plus la concentration diminue plus la vitesse de croissance diminue.

Les résultats obtenus montrent que l'extrait aqueux de *C. sempervirens* et l'extrait aqueux de *L. sativum* ont une activité antifongique remarquable. L'extrait aqueux des graines de *L. sativum* a une activité antifongique plus importante que l'activité antifongique de l'extrait aqueux des cônes de *C. sempervirens*.

D'autre part, nous avons remarqué que malgré que l'extrait aqueux de *C. sempervirens* à inhiber la croissance des deux isolats de *Colletotrichum*, mais ces résultats ne sont pas satisfaisants dans la mesure où l'inhibition n'est pas fonction des doses de l'extrait. Alors que, l'extrait aqueux de *L. sativum* montre une efficacité élevée qui est fonction de l'augmentation des doses.

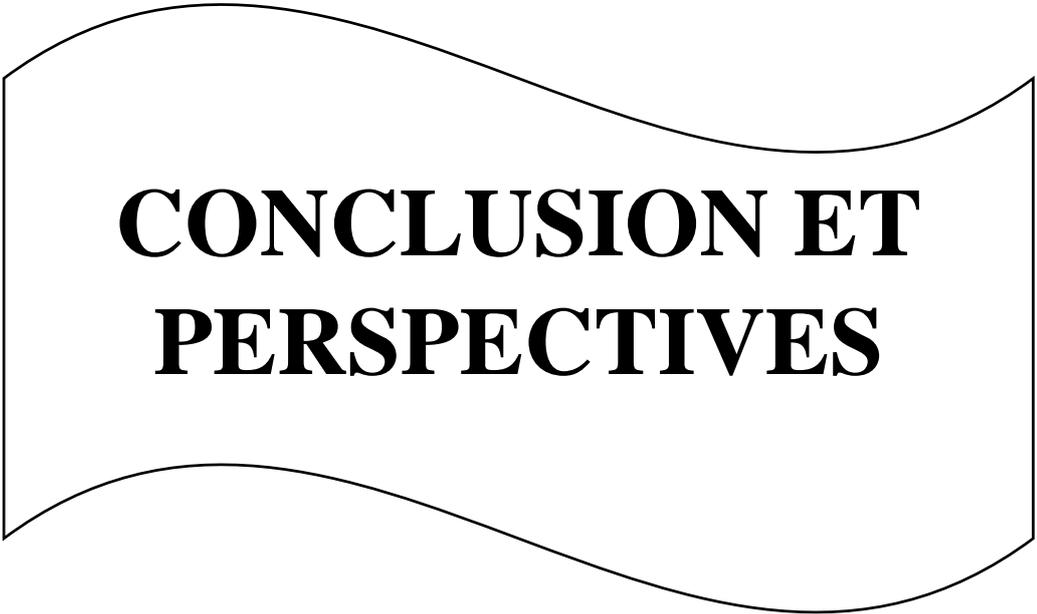
L'étude de Amri et al. (2013) montre que l'extrait des cônes de *C. sempervirens* a un effet antifongique remarquable, et selon l'étude de Khedim et Benajmaia (2019) affirme que les extraits végétaux ont un effet antifongique sur le *Colletotrichum* sp.

Selon les résultats obtenus, nous n'avons constaté que le *Colletotrichum* sp.1 et *Colletotrichum* sp.2 se sont comportés différemment.

Les résultats du test «in vivo » montrent qu'il y a un effet préventif de l'extrait aqueux de *L. sativum* qui a permis de conserver les tomates une plus longue durée par rapport à l'extrait aqueux de *C. sempervirens*.

On remarque que l'extrait aqueux de *L. sativum* montre une efficacité remarquable contre la maladie de l'antracnose de la tomate. En effet, l'extrait aqueux de *L. sativum* protège les tomates contre la maladie.

En fin, selon les résultats obtenus, on peut conclure que l'extrait aqueux de *L. sativum* a prouvé son efficacité inhibitrice vis-à-vis de *Colletotrichum* sp. a dans les deux études in « vivo » et « in vitro ».



**CONCLUSION ET  
PERSPECTIVES**

### Conclusion et perspective

Dans ce travail nous avons testé l'effet antifongique des extraits aqueux de *Cupressus sempervirens* et le *Lepidium sativum* sur le *Colletotrichum* sp. « in vitro » et « in vivo ».

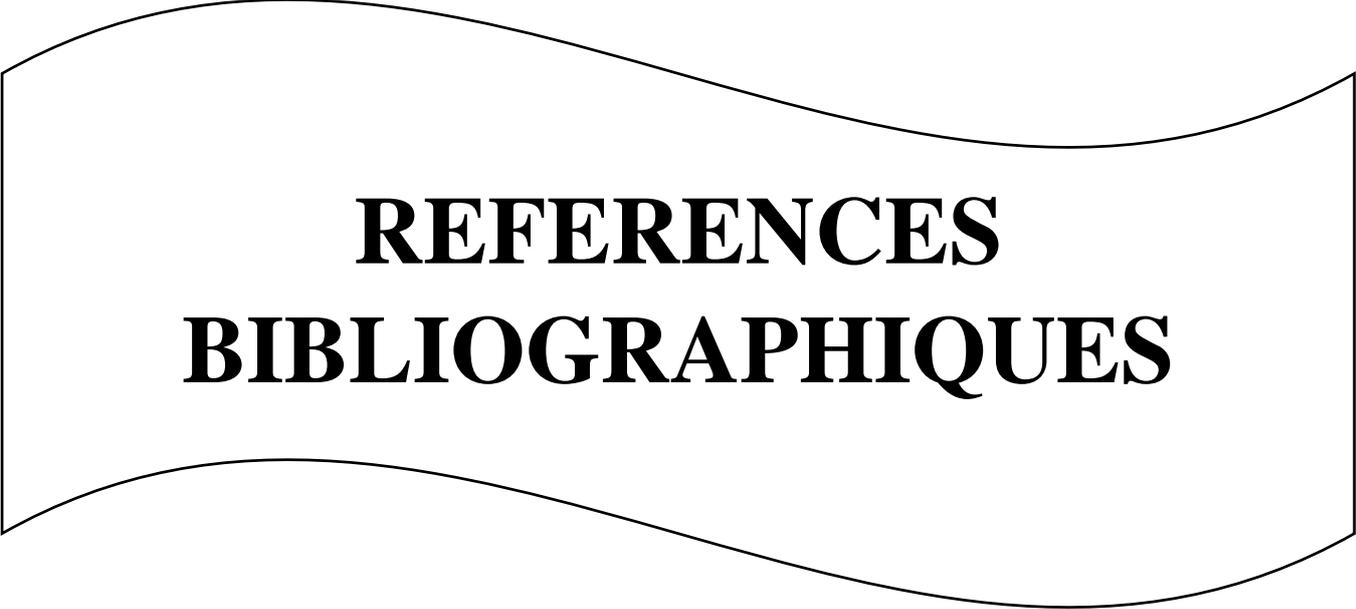
D'après les résultats obtenus, *Cupressus sempervirens* et *Lepidium sativum* ce sont révélées être des plantes ayant une activité antifongique très importantes, ce qui fait deux des candidats intéressants pour la lutte biologique contre l'antracnose de la tomate.

L'extrait aqueux des graines de *Lepidium sativum* possède une meilleure activité antifongique par rapport à l'extrait aqueux des cônes de *Cupressus sempervirens* puisqu'il a inhibé la croissance mycélienne « in vitro » d'une manière significative en fonction des doses.

« In vivo », l'extrait aqueux de *Lepidium sativum* a permis de conserver la tomate, une plus durée plus longue comparativement à l'extrait de *Cupressus sempervirens* contre le *Colletotrichum* sp. de même nous avons remarqué que la méthode d'immersion des fruit à l'intérieur des extraits avant inoculation a été plus efficace que la méthode de pulvérisation après inoculation ce qui permet de prétendre que ces extraits agissent d'une manière préventive et non curative.

Les résultats encourageants de cette étude ont permis de mettre en évidence, l'efficacité « in vitro » et « in vivo » de l'extrait aqueux des graines de *Lepidium sativum*. Et nous incite à reconduire ce travail pour apprécier la possibilité d'utiliser cet extrait comme biopesticide.

En perspective, il serait intéressant de faire une caractérisation des principes actifs des extraits aqueux issus de cette technique d'extraction. Et d'évaluer l'efficacité de cet extrait sur d'autres agents pathogènes.



**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

Références bibliographiques

- Abd El-Salam K.H., Toliba A.O., El-Shourbagy G.A., El-Nemr S.H.E., 2019.** Chemical and functional properties of garden cress (*Lepidium sativum* L.) seeds powder. Zagazig J. Agric. Res., 46 (5) :1517-1528.
- Abdel-Baky S.E., 2019.** Effects of *Lepidium sativum* seeds extract (Garden cress) on the kidney in sodium nitrite receiving rats. Scientific Journal of Agricultural Sciences, 1 (1) : 38-45.
- Afif H., Mokahli S., Bourra H., Aichane A., Bouayad Z., 2006.** Sensibilisation cutanée au cyprès à Casablanca Cutaneous sensitisation to cypress in Casablanca. Revue Française d'Allergologie et d'Immunologie Clinique, 46(7): 633-639.
- Agarwal J., Verma D.L., 2011.** Antioxidant activity-guided fractionation of aqueous extracts from *Lepidium sativum* and identification of active flavonol glycosides. Acad Arena, 3 :14-8.
- Ahmed M.G., Azza A.M., Heba E.E., 2013.** Chemical, Nutritional and Biochemical Studies of Garden Cress Protein Isolate. Nature and Science, 11(2): 8-13.
- Ahmed R., Mujeeb M., Anwar F., Hussain A., Ahmed A., Sharma S., 2015.** Pharmacognostical and phytochemical analysis of *Lepidium sativum* L. Seeds. Int Curr Pharm J, 4 :442-6.
- Aissous A., Bechara R., 2016.** Caractérisation chimique et activités biologiques d'extrait brut hydroalcoolique des graines de *Lepidium sativum*. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master. Université des Frères Mentouri Constantine, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, 91p.
- Ait-Yahia O., Bouzroua S.A., Belkebir A., Kaci S., Aouichat A.B., 2015.** Cytotoxic activity of flavonoid extracts from *Lepidium sativum* (Brassicaceae) seeds and leaves. Int J Pharmacogn Phytochem Res, 7 :1231-5.
- Ait-Yahia O., Perreau F., Bouzroua S., Benmalek Y., Dob T., and Belkebir T., 2018.** Chemical composition and biological activities of nbutanol extract of *Lepidium sativum* L. (Brassicaceae) seed. Tropical J. Pharm. Res.,17 (5): 891-896.
- Ali R.F. M., 2013.** Preparation and characterization of protein isolate and biodiesel from garden cress seed. European Journal of Chemistry, 4 (2) :85-91.
- AlObaidi L.A., 2014.** Study the anticancer effect of *Lepidium sativum* leaves extract on squamous cell carcinoma (CAL-27) cell lines. J Nat Sci Res, 417: 48-52.
- Al-Sheddi E. N., Farshori M., Al-Oqail J., Musarrat A., Al- Khedhairi and Siddiqui M., 2013.** Evaluation of cytotoxicity and oxidative stress induced by alcoholic extract and oil of *Lepidium sativum* seeds in human liver cell line HepG2. African Journal of Biotechnology, 12 (24), 3854-3863.

- Al-Shehbaz I.A., German D.A., Mummenhoff K., Moazzeni H., 2014.** Systematics, tribal placements, and synopses of the *Malcolmia* S.L. segregates (Brassicaceae). *Harv Pap Bot*, 19: 53–71.
- Al-Snafi A.E.,2016.** Medical importance of *Cupressus sempervirens*- A review. *IOSR Journal Of Pharmacy*, 6(6) : 66-76.
- Amara N., Boughérara Y.,2017.** Activité Antimicrobienne de l’Huile Essentielle du Cypès Vert (*Cupressus Sempervirens* L.). *Algerian Journal of Natural Products*, 5(2): 455-462.
- Amasino R., 2009.** Floral induction and monocarpic versus polycarpic life histories. *Genome Biol*, 10 :228–228.
- 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.
- Anderson J.T., Wagner M.R., Rushworth C.A., Prasad K., Mitchell-Olds T., 2014.** The evolution of quantitative traits in complex environments. *Heredity*, 112 :4–12.
- Angel D.N., Sánchez A.A., Escobar V.A., Santos M.O., Viveros F.M.L., 2019.** Primer reporte de *Colletotrichum coccodes* en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum*) en México. *rev. Fitotec. Mex*, 42 (3) : 195 – 200.
- Aouadhi S., 2010.** Atlas des risques de la phytothérapie traditionnelle à l’étude de 57 plantes recommandées par les herboristes. Mémoire online en biologie et médecine., faculté de médecine de Tunisie.
- Asad Ullah M., Tungmunnithum D., Garros L., Drouet S., Hano C., and Abbasi B., H., 2019.** Effect of Ultraviolet-C Radiation and Melatonin Stress on Biosynthesis of Antioxidant and Antidiabetic Metabolites Produced in In Vitro Callus Cultures of *Lepidium sativum* L. *Int. J. Mol. Sci.*, 20 (1787) :2-19.
- Bagnoli F., Vendramin G.G., Buonamici A., Doulis A., Porta N.L., Magri D., Sebastiani F., Raddi F., Fineschi S., 2009.** Is *Cupressus sempervirens* native in Italy? An answer from genetic and palaeobotanical data. *Mol. Ecol.*,18(10) : 2276-2286.
- Bandrés E., Cubedo E., Agirre X., Malumbres R., Zarate R., Ramirez N., Abajo A., Navarro A., Moreno I., et Monzo M., 2006.** « Identification by Real-time PCR of 13 mature microRNAs differentially expressed in colorectal cancer and non-tumoral tissues ». *Molecular cancer*, 5 (1) : 29.
- Baregama C., Goyal A., 2019.** Phytoconstituents, pharmacological activity, and medicinal use of *Lepidium sativum* Linn.: a review. *Asian J Pharm Clin Res*,12 (4): 45-50.

- Barkat E.H., Belbey M., Safi S., 2017.** Etude phytochimique de deux plantes endémique (ouest algérien) *Centaurea nigra -Lepidium sativum*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master en biologie. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, faculté des Sciences de la nature et de la vie,84p.
- Becker M., Picard J. F., Tibai J.,1982.** “ la rousse des arbres de arbustes de l'Europe Occidentale ”, Ed : Larousse, Paris, p 330.
- Behrouzian F.S., Razavi and Phillips G., 2014.** Cress seed (*Lepidium sativum*) mucilage, an overview. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 3 (1) :17-28.
- 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*,2015 :1-8.
- Bergheul S., 2018.** Etude de l'activité antimicrobienne et bioinsecticide de *Ruta chalepensis* L., *R. angustifolia* Pers. et *Haplophyllum tuberculatum* (Forsk.) A.Juss.vis-à-vis de quelques bioagresseurs de la culture de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). These pour l'obtention du titre de docteur en Sciences Agronomiques. Universite Abdelhamid Ibn Badis – Mostaganem, faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, 256p.
- Bigoniya P., Singh C.S., Shukla A., 2011.** Pharmacognostical and physicochemical standardization of ethnopharmacologically important seeds of *Lepidium sativum* Linn. and *Wrightia tinctoria* R. Br. *Indian J Natl Prod Resour*, 2:464-71.
- Bigoniya, P., Singh C.S. and Shukla A., 2011.** Pharmacognostical and physicochemical standardization of ethnopharmacologically important seeds of *Lepidium sativum* Linn and *Wrightia tinctoria* R Br. *Indian J. Nat. Prod. Res.*, 2: 464–471.
- Bouchikhi S., Mekki A., 2018.** Exploration des Activités Biologiques de l'Extrait des graines de *Lepidium sativum* linn. In vitro et In vivo. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master en Sciences Alimentaires. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, 75p.
- Bouhamed R., Zidane O., 2019.** Contribution à l'étude phytochimique de l'extrait brut de *Lepidium sativum* (hab erchad) et leur effet sur certaines maladies. Memoire de fin d'etude en vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Sciences biologiques. Université Echahid Hamma Lakhdar-Eloued, faculté des Sciences de la Nature et de la Vie,118p.
- Bouksaim H., Satrani B., Ghanmi M., Chaouch A., Fadli M., 2018.** Etude Chimique et Évaluation de L'activité Antibactérienne et Antifongique des Huiles Essentielles de *Cupressus*

*arizonica* Greene Cultivée au Maroc. European Journal of Scientific Research,148(4) : 491-500.

- 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., Tsagari 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.
- Calatayud P.A., 2013.** La lutte biologique, stratégie durable. Researchgate, 424 :43-47.
- Cammaerts M.C., Johansson O., 2015.** Effect of man-made electromagnetic fields on common Brassicaceae *Lepidium sativum* (cress d'Alinois) seed germination: a preliminary replication study. OYTON ,84: 132-137.
- Cartea M.E., Francisco M., Soengas P., Velasco P., 2010.** Phenolic compounds in brassica vegetables. Molecules, 16 :251-80.
- Caudullo G., de Rigo D., 2016.** *Cupressus sempervirens* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. European Atlas of Forest Tree Species, 3 :87-89.
- Chader H., Laabadla F., 2018.** Étude des paramètres physico-chimiques et technologiques du concentré de tomate au cours de processus de transformation du TCT. Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master en biologie. Université 8 Mai 1945 Guelma, faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers, 67p.
- Chanegriha N., Baâliouamer A., Meklati B.Y., Chretien J.R., Keravis G., 1997.** GC and GC/MS leaf oil analysis of four Algerian cypress species. J. Essent. Oil Res, 9 :555-559.
- Chanegriha N., Baâliouamer A., Meklati B.Y., Favre-Bonvin J., Alamercery S., 1993.** Chemical composition of Algerian cypress essential oil. J. Essent. Oil Res, 5 :671-674.
- Cheraief I., Ben Jannet H., Ben Jannet M., Ben Jannet 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) : 91-98.
- Costa M.H.D., Pfenning L.H., Pozza E.A., 2006.** *Colletotrichum coccodes*, patógeno de solanáceas no Brasil. Fitopatol. Bras, 31(3) :315.
- Couvreur T.L.P., Franzke A., Al-Shehbaz I.A., Bakker F.T., Koch M. A., and Mummenhoff K., 2009.** Molecular Phylogenetics, Temporal Diversification, and Principles of Evolution in the Mustard Family (Brassicaceae). Mol. Biol. Evol., 27(1): 55–71.

- Dassanayake M., Oh D.H., Haas J.S., Hernandez A., Hong H., Ali S., Yun D.J., Bressan R.A., Zhu J.K., Bohnert H.J., et al., 2011.** The genome of the extremophile crucifer *Thellungiella parvula*. *Nat Genet*, 43: 913–918.
- Dean R., Van Kan J. A., Pretorius Z. A., Hammond-Kosack K. E., Di Pietro A., Spanu P. D., Rudd J. J., Dicman M., Kahmann R., and Ellis J., 2012.** The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 13: 414-430.
- Debbab S., 2017.** Etude in vitro et in vivo des pouvoirs biofongicides des extraits naturels vis-à-vis de l'agent de la fusariose de la tomate : *Fusarium oxysporum* f.s.p radicis lycopersici. Mémoire de fin d'études Pour l'obtention du diplôme de Master en sciences agronomique. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, 69p.
- Dilling L., et Carmen L. M., 2011.** « Creating usable science: Opportunities and constraints for climate knowledge use and their implications for science policy ». *Global environmental change* 21 (2): 680-89.
- Divanji M., Viswanatha G.L., Nagesh S., Jain V., Shivaprasad H.N., 2012.** Ethnopharmacology of *Lepidium sativum* Linn (Brassicaceae): A review. *Int J Phytother Res*, 2 :1-7.
- Divekar V.B., Kalaskar M.G., Chougule P.D., Redasani V.K., Baheti D.G., 2010.** Isolation and characterization of mucilage from *Lepidium sativum* Linn. Seeds. *Int J Pharm Res Dev*, 2 :1-5.
- Diwakar B.T., Datta P.K., Viswanatha S., Murthy K.N., Naidu K.A., 2011.** Safety evaluation studies on garden cress (*Lepidium sativum* L.) seeds in Wistar rats. *Int J Appl Res Natl Prod*, 4 :37-43.
- Doke, S. and Guha M., 2014.** Garden cress (*Lepidium sativum* L.) seeds an important medicinal source. *J. Nat. Prod. Plant Res.*, 4 (1): 69-80.
- Dupont J., 2004.** "On the solid, liquid and solution structural organization of imidazolium ionic liquids." *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 15(3): 341-350.
- Duval J., 1991.** Les fusarioses de la tomate. *Agro-Bio*, 320 (05): 4-6.
- Elshal M.F., Almalki A.L., Hussein H.K., Khan J.A., 2013.** Synergistic antiosteoporotic effect of *Lepidium sativum* and alendronate in glucocorticoid-induced osteoporosis in Wistar rats. *Afr J Tradit Complement Altern Med*, 10 :267-73.
- Emami S.A, Asili J., Rahimizadeh M., Fazly-Bazzaz S.B., Hassanzadeh- Khayyat M., 2006.** Chemical and Antimicrobial Studies of *Cupressus sempervirens* L. and *C. horizontalis* Mill. essential oils. *Iran. J. Pharm. Sci*, 2 :103-108.

- Emami S.A., Khayyat M.H., Rahimizadeh M., Fazly-Bazzaz S.B., Assili J., 2004.** Chemical Constituents of *Cupressus sempervirens* L. cv. Cereiformis Rehd. Essential Oils. Iran. J. Pharm. Sci, : 39-42.
- FAO, 2014.** Bases de données statistiques de l'organisation mondiale de l'agriculture, 30p.
- Fayed S.A., 2015.** Chemical Composition, Antioxidant, Anticancer Properties and Toxicity Evaluation of Leaf Essential Oil of *Cupressus sempervirens*. Not Bot Horti Agrobo, 43(2) :320-326.
- Gaafar A, A., Morsi and Elghamry H., 2013.** Chemical, Nutritional and Biochemical Studies of Garden Cress Protein Isolate. Nature and Science, 11 (2) :8-13.
- German D.A., Friesen NW., 2014.** Shehbazia (Shehbazieae, Cruciferae), a new monotypic genus and tribe of hybrid origin from Tibet. Turczaninowia, 17 :17–23.
- Ghebbi K., 2016.** Influence de la fertilisation potassique sur le comportement et les aptitudes technologiques de deux variétés de tomates industrielles (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Thèse En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences Agronomiques, Ecole Nationale Supérieure Agronomique - El Harrach –Alger, 287p.
- Ghennou S., Boufodda C., 2019.** Dosage des polyphénols et activité antibactérienne de l'extrait aqueux de *Lobularia maritima* Desf. dans la région de Mostaganem. Mémoire de fin d'études Pour l'obtention du diplôme de Master en biologie. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, 83p.
- Gigi E.K.G., Rashmi H.P., 2014.** Organoleptic attributes of garden cress seed incorporated snacks suitable for adolescents. International Journal of Food and Nutritional Sciences, 3(6) :126-129.
- Gokavi S.S., Malleshi N.G., Guo M., 2004.** Chemical composition of garden cress (*Lepidium sativum*) seeds and its fractions and use of bran as a functional ingredient. Plant Foods for Human Nutrition, 59 :105-111.
- Gong Q., Li P., Ma S., Indu Rupassara S., Bohnert H.J., 2005.** Salinity stress adaptation competence in the extremophile *Thellungiella halophila* in comparison with its relative *Arabidopsis thaliana*. Plant J, 44: 826–839.
- Gopalan C., Ramasastri B.V., Balasubramanian S.C., 2004.** Nutritive value of Indian foods. National Institute of Nutrition, ICMR, Hyderabad.
- Guha M., Doke S., 2014.** Garden cress (*Lepidium sativum* L.) seed an important medicinal source: A review. J Nat Product Plant Resour, 4 :69-80.
- Gupta P.C., Pant D., Joshi P., Lohar D.R., 2010.** Evaluation of antibacterial activity of *Lepidium sativum* Linn. Seeds against food-borne pathogens. Int J Chem Anal Sci, 1 :74-5.

- Guyot M., et Dupuy P., 1963.** « Les étamines virescentes de Crucifères : un cas particulier de diplophyllie ». Bulletin de la Société Botanique de France ,110 (5-6) : 210-16.
- Halaby M.S., Farag M.H., Mahmoud S.A.A., 2015.** Protective and Curative Effect of Garden Cress Seeds on Acute Renal Failure in Male Albino Rats. Middle East Journal of Applied Sciences, 5(2): 573-586.
- Halimaa P., Blande D., Aarts M.G.M., Tuomainen M., Tervahauta A., Kärenlampi S., 2014.** Comparative transcriptome analysis of the metalhyperaccumulator *Noccaeacaerulescens*. FrontPlantSci, 5 :213.
- Haluk J., Roussel C., 2000.** Caractérisation et origine des tropolones responsables de la durabilité naturelle des Cupressacées. Application potentielle en préservation du bois. Annals of Forest Science, 57(2000) :819–829.
- Hansen M. A., 2009.** Early Blight of Tomatoes. Virginia Polytechnic Institute and State University, publication, 450-708.
- Hassan L.G., Hassan S.W., Hasim T., Umar K.J., Sani N.A., 2011.** Determination of nutritive values of Garden cress leaves. Bayero J Pure Appl Sci, 4 :18-23.
- Heiser C., Andersson G., 1999.** New solanums. In: Janick.j. Edition Perspectives on New Crops and New Uses. ASHS Press. Alexandria. Verginia, 379-384.
- Hireche B., Ferhat H., 2019.** Etude de l'effet inhibiteur des huiles essentielles de Cyprés (*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.
- Hu T.T., Pattyn P., Bakker E.G., Cao J., Cheng J.F., Clark R.M., Fahlgren N., Fawcett J.A., Grimwood J., Gundlach H., et al., 2011.** The Arabidopsis lyrata genome sequence and the basis of rapid genome size change. Nat Genet, 43 :476–481.
- Huang C.H., Sun R., Hu Y., Zeng L., Zhang N., Cai L., Zhang Q., Koch M.A., Al-Shehbaz I., Edger P.P., Pires J.C., Tan D., Zhong Y., Ma H., 2015.** Resolution of Brassicaceae Phylogeny Using Nuclear Genes Uncovers Nested Radiations and Supports Convergent Morphological Evolution. Mol. Biol. Evol, 33(2) :394–412.
- Hyde K., Cai L., Mckenzie E., Yang Y., Zhang J., and Prihastuti H., 2009.** *Colletotrichum*: a catalogue of confusion. Fungal Diversity, 39: 1.
- Jabeen A., Rani S., Ibrahim M., Mohammad A.S., 2017.** A review on *Lepidium sativum*. Indo Am J Pharm Sci, 4: 7-2223.
- Jacob P.W., 2017.** *Lepidium sativum* Effects on Reproduction and Visceral Organ Development in Sprague-Dawley Rats Culminating Projects in Biology. p. 25.

- Jain T., and Grover K., 2017.** Nutritional Evaluation of Garden Cress Chikki. *Agri. Res. and Technol. Open. Access. J.*, 4 (2) : 555-631.
- Kadi N., 2018.** Analyses Biomorphométriques et Phytochimiques de *Lobularia maritima L.* (Desv.) dans la Région de Mostaganem. Mémoire de fin d'études Pour l'obtention du diplôme de Master en biologie. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, 83p.
- Kassie F., Pool-Zobel B., Parzefall W., Knasmüller S., 1999.** Genotoxic effects of benzyl isothiocyanate, a natural chemopreventive agent. *Mutagenesis*, 14 :595-604.
- Kaur T., Sharma M., 2016.** Garden cress seeds can combat anemia. *Int J Nutr Agric Res*, 3 :10-5.
- Kenneth W.S., (2014).** Tomato Wilt Problems. Plant Pathology Fact Sheet, University of Kentucky, PPFS-VG-15. Page 120.
- Khan M. F., Ahamad T., Rawat P., 2017.** Biomedicinal and chemical profile of *Cupressus sempervirens*-A Mini Review. *Insights Biomed*, 2(3) :16.
- Khedim B., Merrouche A., 2020.** Contribution à l'étude de l'antracnose de la tomate. Rapport de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Licence Agronomie. Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, Faculté des Sciences de la nature et de la vie, 12p.
- Khedim S., Benajmaia W., 2019.** Essai de l'effet antifongique de l'huile essentielle de *Salvia Officinalis* sur *Alternaria* sp., *Colletotrichum* sp. et *Fusarium* sp. agents pathogènes sur tomate. Mémoire de fin d'études Pour l'obtention du diplôme de Master en biologie. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, 83p.
- Khiat L., Guerfi S., 2018.** Mise en évidence, in vitro, de l'effet d'un fongicide systémique sur l'antracnose de la tomate. Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master. Université des Frères Mentouri Constantine 1, faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, 61p.
- Kim H.J., Lee E. J., Park S.H., Lee H.S., Chung N., 2014.** Biological Control of Anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) in Pepper and Cherry Tomato by *Streptomyces* sp. A1022. *Journal of Agricultural Science*, 6 (2): 54-62.
- Koch M.A., Dob C., Kiefer C., Schmickl R., Klime L, Lysak M.A., 2007.** Supernetwork identifies multiple events of plastid trnF(GAA) pseudogene evolution in the Brassicaceae. *Mol Biol Evol*, 24: 63–73.
- Koreim K., 2009.** Lead toxicity and the protective role of *Cupressus sempervirens* seeds growing in Egypt. *Rev. Latinoamer. Quím*, 37 (3) :230-242.

- Laboratorio de Micología, 2019.** Protocolo de Diagnóstico : *Colletotrichum coccodes* (Antracnosis del tomate y chile). Área de Diagnóstico Fitosanitario. Dirección general de sanidad vegetal, centro nacional de referencia fitosanitaria, 30p.
- Lees A.K., Hilton A.J., 2003.** Black dot (*Colletotrichum coccodes*):an increasingly important disease of potato. *Plant pathology*, 52 :3-12.
- Loucif O.R., Tartouga M.A., 2015.** Evaluation de l'effet antioxydant et anticarcinogène des extraits aqueux des plantes *Lepidium sativum* et *Urtica dioica*. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master. Université des Frères Mentouri Constantine, faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, 82p.
- Loukis A., Tsitsa-Tzardi E., Kouladi M., Yuemei M., 1991.** Composition of the Essential Oil of *Cupressus sempervirens* L. cones from Greece. *J. Essent. Oil Res*, 3 :363-364.
- Lourd M., 1982.** Les colletotrichum agents de l'antracnose en Côte d'Ivoire. Recherches sur la structure de l'espèce *colletotrichum gloeosporioides* penz. Comparée à *Colletotrichum graminicola* (ces.) wilson. Thèse présentée pour l'obtention du diplôme de Docteur de 3<sup>e</sup> cycle. L'université Pierre Et Marie Curie - Paris 6 -, 132p.
- Lysak M.A., Koch M.A., Pecinka A., Schubert I., 2005.** Chromosome triplication found across the tribe Brassicaceae. *Genome Res*, 15 :516– 525.
- Mahassni S.H., Khudauardi E.R., 2017.** A Pilot Study: The Effects of an Aqueous Extract of *Lepidium sativum* Seeds on Levels of Immune Cells and Body and Organs Weights in Mice. *Journal of Ayurvedic and Herbal Medicine*, 3(1): 27-32.
- Mahassni S.H., Mahdi-Al-Reemi R., 2013.** Cytotoxic effect of an aqueous extract of *Lepidium sativum* L. Seeds on human breast cancer cells. *Indian J Tradit Knowl*, 12 :605-14.
- Malara J., Chairmanb K., Singh A.R., Vanmathid J.S., Balasubramaniana A., Vasanthie K., 2014.** Antioxidative activity of different parts of the plant *Lepidium sativum* Linn. *Biotechnol Rep*, 3 :95-8.
- Manohar D. G., Viswanatha S., Nagesh V., Jain and Shivaprasad H., 2012.** Ethnopharmacology of *Lepidium Sativum* Linn (Brassicaceae): A Review. *International Journal of Phytotherapy Research*, 2 (1) :1-7.
- Mathews S., Singhal R.S., Kulkarni P.R., 1993.** Some physicochemical characteristics of *Lepidium sativum* (haliv) seeds. *Nahrung*, 37 :69-71.
- Mazari K., Bendimerad N., Bekhechi C., Fernande X., 2010.** Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils isolated from Algerian *Juniperus phoenicea* L. and *Cupressus sempervirens* L. *J. Med. Plants Res*, 4 :959-964.

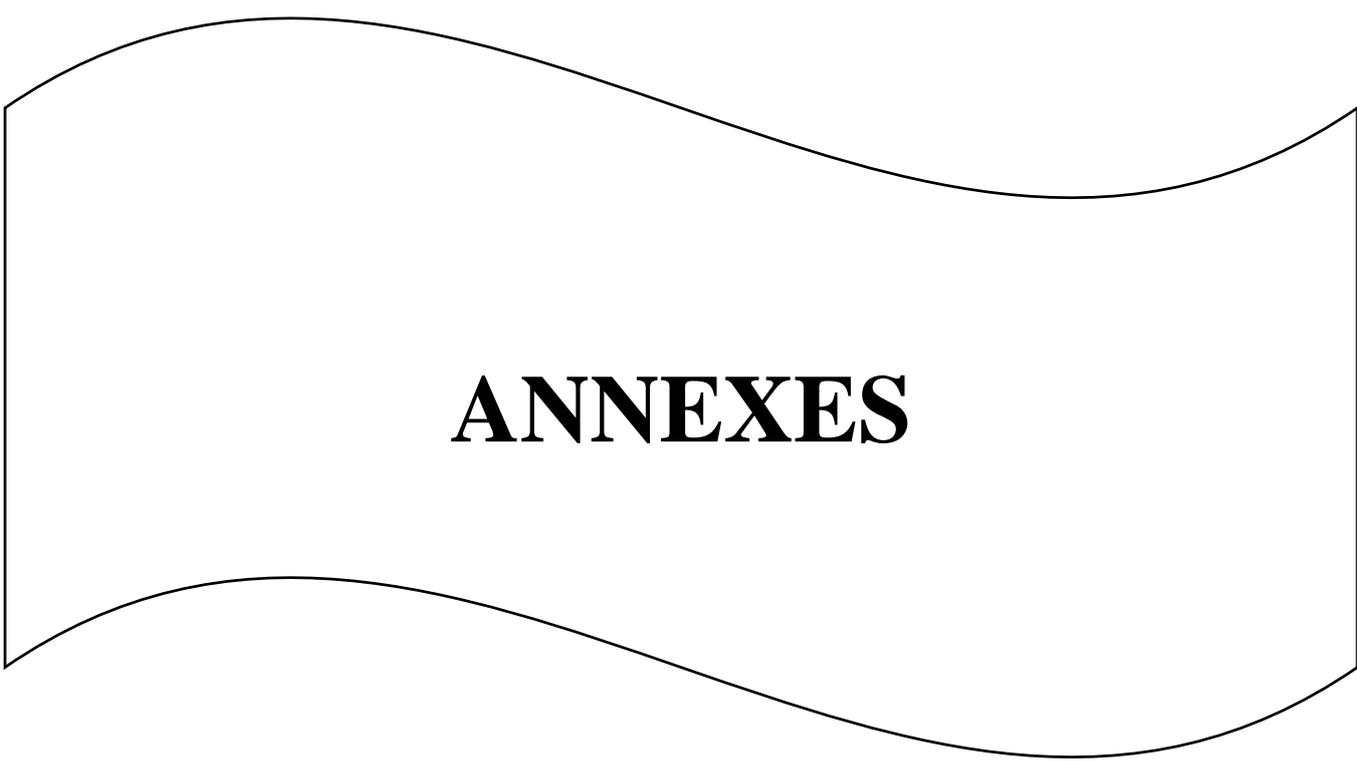
- Milos M., Radonic A., Mastelic J., 2002.** Seasonal Variation in Essential Oil Compositions of *Cupressus sempervirens* L. J. Essent. Oil Res, 14 :222-223.
- Mohite, S.Y., Gharal D.B., Ranveer R.C., Sahoo A.K. and Ghosh J.S., 2012.** Development of health drink enriched with processed Garden cress (*Lepidium sativum* L.) seeds. Ame. J. Food Technol., 7(9): 571-576.
- Molino P., 2005.** A guide to medicinal plants in North Africa.Spain. IUCN centre for Mediterranean cooperation, 269p.
- Morioka M., Yoshiyuki B., et Hiroki O., 2008.** Developing apparatus, process cartridge, electrophotographic image forming apparatus and end portion regulating member, issued août 2008.
- Mummenhoff K., Polster A., M€uhlhausen A., Theißen G., 2009.** *Lepidium* as a model system for studying the evolution of fruit development in Brassicaceae. J Exp Bot, 60 :1503–1513.
- Nait M. Tanina., Ouabba Z., 2018.** Effet de la température sur la croissance et la sporulation de *Colletotrichum* sp. agent de l'antracnose des agrumes et spécialisation parasitaire de l'agent pathogène dans la région de Mostaganem. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master en Agronomie. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, 80p.
- 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.
- Papageorgiou A., Panetsos K., Hattemer H., 1994.** Genetic differentiation of natural Mediterranean cypress (*Cupressus sempervirens* L.) in Greece. Forest Genetics, 1: 1–12.
- Paranjape A.N., Mehta A.A., 2006.** A study on clinical efficacy of *Lepidium sativum* seeds in treatment of bronchial asthma. Iran J Pharmacol Ther, 5 :55-9.
- Patel R., Kumar S., Jaiswal R., Rai S., Sahu A., Dwivedi S., 2010.** Quantitative estimation of fixed oil obtained from seeds of *Lepidium sativum* Linn. Int J Chem Anal Sci, 1 :6-9.
- Patel U., Kulkarni M., Undale V., Bhosale A., 2009.** Evaluation of diuretic activity of aqueous and methanol extracts of *Lepidium sativum* garden cress (Cruciferae) in rats. Trop J Pharm Res, 8 :215-9.
- Philippe M., 2013.** Les famille des plantes à fleur d'Europe. Presses universitaires de Namur, Belgique, 105p.
- Polese J.M., 2007.** La culture des tomates. Ed : Artémis, la Chine, PP 11-50.

- Raish M., Ahmad A., Alkharfy K.M., Ahamad S.R., Mohsin K., Al-Jenoobi F.I., et al., 2016.** Hepatoprotective activity of *Lepidium sativum* seeds against D-galactosamine/lipopolysaccharide induced hepatotoxicity in animal model. BMC Complement Altern Med,16 :501.
- Raval N.D., Pandya T.N., 2011.** Pharmacognostic study of *Lepidium sativum* Linn (Chandrashura). Int Q J Res Ayurveda, 32 :116-9.
- Reddy S.K, Rao V.V., Fathima B., Kapila M., Srilakshmi M., 2013.** In-vitro anti inflammatory activity of ultra sonic bath assisted, methanol extract of *Lepidium sativum* Linn. Seeds. Int J Pharm Dev Technol, 3: 63-5.
- Rehman N.A., Khan K., Alkharfy and Gilani A., 2012.** Pharmacological Basis for the Medicinal Use of *Lepidium sativum* in Airways Disorders. Research Article Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2012 :1-8.
- Rushworth C.A., Song B.H., Lee C.R., Mitchell-Olds T., 2011.** Boechera, a model system for ecological genomics. Mol Ecol, 20 :4843–4857.
- Sarkar S., Datta (De) S., Ghosh I., 2014.** Experimental studies on nutritional and medicinal role of garden cress seed on animal and human being- a review. International Journal of Mechanical Engineering and Computer Application, 4(1):41-4.
- Schranz M.E., Mitchell-Olds T., 2006.** Independent ancient polyploidy events in the sister families Brassicaceae and Cleomaceae. Plant Cell, 18 :1152–1165.
- Schweingruber F.H., 2006.** Anatomical characteristics and ecological trends in the xylem and phloem of brassicaceae and resedaceae. IAWA Journal, 27 (4) : 419–442.
- Sciarrillo R., Guarino M., Guarino C., 2018.** Pharmacological activity of ethanolic extract *Lepidium sativum* Linn. Seeds on thyroid hormones in male rats. Int J Pharm Sci Res, 9 :1699-704.
- 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.
- Selim S. A., Adam M. E., Hassan S. M., Albalawi A. R., 2014.** Chemical composition, antimicrobial and antibiofilm activity of the essential oil and methanol extract of the Mediterranean cypress (*Cupressus sempervirens* L.). BMC complementary and alternative medicine, 14: 179.

- 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.
- Shail D., Manjari K.N., and Gupta L.N., 2016.** Nutritional importance of *Lepidium sativum* L. (Garden cress/ Chandrashoor): A Rev. J. Pharm. and Anal. Res., 5 (1): 152-160.
- Sharma S., and Agarwal N., 2011.** Nourishing and healing power of garden cress (*Lepidium sativum* Linn). Indian J. Nat. Prod. and Res., 2 (3): 292-297.
- Shehzad M., Tanveer A., Ayub M., Mubeen K., Sarwar N., Ibrahim M., et al., 2011.** Effect of weed-crop competition on growth and yield of garden cress (*Lepidium sativum* L.). J Med Plants Res, 5 :6169-72.
- Shukla A., Bigoniya P., Shrivastava B., 2012.** Hypoglycemic activity of *Lepidium sativum* Linn seed total alkaloid on alloxan induced diabetic rats. Res J Med Plant, 6 :587-96.
- Simillion C., Vandepoele K., Van Montagu M.C.E., Zabeau M., Van de Peer Y., 2002.** The hidden duplication past of Arabidopsis thaliana. Proc Natl Acad Sci U S A, 99 :13627–13632.
- Slotte T., Hazzouri K.M., Agren J.A., Koenig D., Maumus F., Guo Y.L., Steige K., Platts A.E., Escobar J.S., Newman L.K., et al., 2013.** The Capsella rubella genome and the genomic consequences of rapid mating system evolution. Nat Genet, 45: 831–835.
- Snehal D., and Manisha G., 2014.** Garden cress (*Lepidium sativum* L.) Seed - An Important Medicinal Source: A Review, J. Nat. Prod. Plant Resour., 4 (1) :69-80
- Sun X., Pang H., Li M., Peng B., Guo H., Yan Q., Hang Y., 2013.** Evolutionary Pattern of the FAE1 Gene in Brassicaceae and Its Correlation with the Erucic Acid Trait. Plos One, 8(12) :1-12.
- Tadesse L., Mekbib F., Wakjira A., Tadele Z., 2018.** Genetic diversity of seed storage protein in the Ethiopian garden cress (*Lepidium sativum* L.). African Journal of Biotechnology, 17 (37) : 1152-1161.
- Talpade N.N., Pawar V.S., Farooqui A.S., Sontakke M.D., Syed H.M., 2018.** Evaluation of physicochemical composition of garden cress seed (*Lepidium sativum* L.) and black gram split (*Vigna mungo* L.). International journal of chemical studies, 6(2): 2790-2793.
- 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.

- Tuncay O., Esiyok D., Yagmur B., Bulent O.B., 2011.** Yield and quality of garden cress affected by different nitrogen sources and growing period. *Afr J Agric Res*, 6 :608-17.
- Vekemans X., Poux C., Goubet P.M., Castric V., 2014.** The evolution of selfing from outcrossing ancestors in Brassicaceae: what have we learned from variation at the S-locus ?. *J Evol Biol*, 27 :1372–1385.
- Warwick S.I, Mummenhoff K., Sauder C., Koch M.A., Al-Shehbaz I.A., 2010.** Closing the gaps: phylogenetic relationships in the Brassicaceae based on DNA sequence data of nuclear ribosomal ITS region. *Plant Syst Evol*, 285: 209-232.
- Warwick S.I, Sauder C.A., 2005.** Phylogeny of tribe Brassiceae (Brassicaceae) based on chloroplast restriction site polymorphisms and nuclear ribosomal internal transcribed spacer and chloroplast trnL intron sequences. *Can J Bot*, 83: 467–483.
- Warwick S.I., Sauder C.A., Al-Shehbaz I.A., 2008.** Phylogenetic relationships in the tribe Alysseae (Brassicaceae) based on nuclear ribosomal ITS DNA sequences. *Botany-Botanique*, 86 :315–336.
- Warwick S.I., Sauder C.A., and Al-Shehbaz I.A., 2008.** Phylogenetic relationships in the tribe Alysseae (Brassicaceae) based on nuclear ribosomal ITS DNA sequences. *Botany* 86: 315–336.
- Westphal J.P., 2017.** "*Lepidium sativum* Effects on Reproduction and Visceral Organ Development in Sprague-Dawley Rats". *Culminating Projects in Biology*. St. Cloud State University, Department of Biology, 104p.
- Wu H.J., Zhang Z., Wang J.Y., Oh D.H., Dassanayake M., Liu B., Huang Q., Sun H.X., Xia R., Wu Y., et al., 2012.** Insights into salt tolerance from the genome of *Thellungiella salsuginea*. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 109 :12219–12224.
- Yahoui S., 2015.** Contribution à l'étude de la bioécologie de la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lépidoptère, Gelechiidae) sur deux variétés de tomate sous serre (Dawson et Tavira) dans la wilaya de Tizi-Ouzou (Sidi-Nâamane). Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du Diplôme de Master II en Sciences Agronomiques. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, 106p.
- Yang Y., Moore M.J., Brockington S.F., Soltis D.E., Wong G.K.S., Carpenter E.J., Zhang Y., Chen L., Yan Z., Xie Y., et al. 2015.** Dissecting molecular evolution in the highly diverse plant clade Caryophyllales using transcriptome sequencing. *Mol Biol Evol*, 32 :2001–2014.
- Young K. J., Si W. J., Ju K., H. y., Hwan K. S., 2018.** Molecular Markers for the Rapid Detection of *Colletotrichum coccodes*, an Anthracnose Pathogen of Tomato. *The Korean Journal of Mycology*, 46 (2), 186-192.

- Yssaad H., Medaouar Z., 2018.** Caractérisation morphologique de *colletotrichum gleosporioides* et *colletotrichum* sp. responsables de l'antracnose des agrumes à Mostaganem et spécialisation parasitaire du pathogène. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master en Agronomie. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, 85p.
- Zeng L., Zhang Q., Sun R., Kong H., Zhang N., Ma H., 2014.** Resolution of deep angiosperm phylogeny using conserved nuclear genes and estimates of early divergence times. *Nat Commun*, 5 : 4956.
- Zia-Ul-Haq M., Ahmad S., Calani L., Mazzeo T., Del Rio D., Pellegrini N. and De Feo D., 2012.** Compositional study and antioxidant potential of *Ipomoea hederacea* Jacq. and *Lepidium sativum* L. seeds. *Molec.*, 17: 10306-10321.
- Zunk K., Mummenhoff K., Hurka H., 1999.** Phylogenetic relationships in tribe Lepidieae (Brassicaceae) based on chloroplast DNA restriction site variation. *Can J Bot*, 77 :1504–1512.



# **ANNEXES**

**Annexe 01****Préparation du milieu de culture « Potato Dextrose Agar (PDA) »****Composition**

Pomme de terre .....	200g.
Agar agar .....	20g.
Glucose .....	20g.
L'eau distillé .....	1000g.

-La pomme de terre est épluchée, puis coupée en petit morceaux, puis jetées dans une quantité suffisante d'eau distillée en ébullition et cuits pd 30 min.

-Après décantation, nous filtrons sur papier filtre, ce filtrat est ensuite ajusté avec l'eau distillée jusqu'à un litre (1000 ml).

-On y ajoute du glucose, puis on stérilise le milieu à 120°C, pendant 20min.