

**République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de  
l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Saâd Dahleb - Blida 1-**



Faculté des sciences de la nature et de la vie  
Département des Biotechnologies et Agro-Ecologie



## **Mémoire de fin d'étude**

**En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique**

**Option : Phytopharmacie et Protection des Végétaux.**

# **Thème:**

**Evaluation de l'activité antifongiques des huiles essentielles  
*d'Eucalyptus globulus* et de *Cupressus sempervirens* sur :  
*Fusarium oxysporum* de  
la tomate in- vitro et in- vivo**

**Présenté par : Lakehal Djemia Sanaa et Saidi Amina**

**Devant les membres de jury composé de :**

Mme. KHADDAR.R	MCA	U.S.D. B1	Présidente
Mme. CHAICHI.W	MCA	U.S.D. B1	Promotrice
Mme. AMARA.N	MCA	U.S.D. B1	Examinatrice

**Année universitaire 2021/2022.**

## *Remerciements*

*Tout d'abord nous remercions Allah le tout puissant qui nous a donné la force et la volonté de poursuivre nos études.*

*Nous remercions de tout cœur Mme CHAICHI.W et Mme Goumgfar Hind. D'avoir accepté de nous encadrer et de diriger ce travail et pour leur patience, pour leurs conseils, leur confiance et pour leurs directives les plus précieuses.*

*Notre reconnaissance va également à Mme AMARA.N et Mme KHADDAR.R pour avoir accepté la présidence du jury et d'examiner de ce mémoire.*

*On remercie infiniment Monsieur Mourad Messoudi ingénieur agronome chez CORTEVA, qui aidez-nous pendant la période de stage.*



# Dédicace

*Je dédie mon travail à celle qui m'a donné la vie, Ma source de tendresse maman chérie « Hayat », qui m'a apporté son appui durant toutes mes années d'étude, pour son sacrifice et soutien qui m'a donné l'amour, le courage et la sécurité.*

*A mon cher père « Kquidar » qui m'a entouré de tous ses encouragements et son aide durant toute la période de mes études.*

*A ma chère « Ahmed Ben Ali Hind » « wissem » ma plus douce, Je te remercie pour les moments inoubliables que nous avons partagés ensemble.*

*A mes sœurs Adorées « Samira », « Nouha », « Douaa », « Mimi »  
« Rima » et mon adorable frère « Khalil ».*

*A mes chers amis : « Bayoub Kara », « Manel saidi », « Amina saidi »*

*A mes codé : « ANLMFH », « RNDFS », « SNGKY »  
et docteur « Bouaziz chafik », que votre vie soit comblée de réussite et de bonheur.*

*A ma binôme Saidi Anina Merci pour ton amitié.*

*A toute la promo de Phytopharmacie 2021-2022.*

*Sanaa*

# Dédicace

## *A mon très cher père*

*J'ai vécu dans l'admiration de ta grande personnalité et de ta bonté. Tu es pour moi l'exemple de la réussite et du grand cœur. Puisse cette thèse symboliser le fruit de tes longues années de sacrifices consentis pour mes études et mon éducation. Puisse Dieu, le tout puissant, te protéger et t'accorder meilleure santé et longue vie afin que je puisse te rendre un minimum de ce que je te dois.*

## *A ma très chère mère*

*Je ne trouve pas les mots pour traduire tout ce que je ressens envers une mère exceptionnelle dont j'ai la fierté d'être le fils. Ta noblesse et ta bonté sont sans limites. Que ce travail soit un hommage aux énormes sacrifices que tu t'es imposés afin d'assurer mon bien être, et que Dieu tout puissant, préserve ton sourire et t'assure une bonne santé et une longue vie afin que je puisse te combler à mon amour.*

## *A mes très chères Frères : Hamid mouhamed*

### *Et sœurs : Imen , Nour El Houda*

*Vous savez que l'affection et l'amour fraternel que je vous porte sont sans limite. Je remercie en vous les sœurs et les amies.*

*A mes chères amies : MA BINOME SANAA LAKEHAL, KHAWLA, AMINA DJOHARA , ZINEB , AMIRA , ROMAISSA MANEL KELTOUM.*

## *A mon fiancée : ABD EL MALEK*

*J'implore Dieu qu'il vous apporte bonheur et vous aide à réaliser vos vœux. Je vous souhaite une vie pleine de joie.*

*A tout mes oncles et spécialement LOTFI et sa famille et tantes et spécialement KHLTO DJAMILA Ce travail est aussi le fruit de vos encouragements et de vos bénédictions soyez assurée de ma profonde gratitude A mes petits ; NIHED , YOUCEF , LINA MERIEM CHAIMA ROKAYA ROEYA HIBA*

*HANNIFA ABD EL KADER ABD EL NOURET MOURAD*

*A la mémoire de mes grands-pères et grands-mères puissent vos âmes reposer en paix. Que dieu, le tout puissant, vous couvre de sa sainte miséricorde et vous accueille dans son éternel paradis.*

*Amina*

# Résumé

Le présent travail porte sur l'évaluation de l'activité antifongique des huiles essentielles (HE) de deux plantes aromatiques vis-à-vis le champignon *Fusarium oxysporum* in-vitro et in-vivo.

L'objectif de cette étude consiste à valoriser ces ressources naturelles pour trouver des alternatives basées sur l'utilisation des produits naturels pour lutter contre les agents pathogènes.

Le pouvoir antifongique des HE d'*Eucalyptus globulus* et *Cupressus sempervirens* a été évalué par deux méthodes (technique de contact direct sur le milieu PDA) et (technique d'incorporation de l'huile avec le milieu de culture).

À travers ce modeste travail, l'ensemble des résultats obtenus montrent qu'effet de HE d'*Eucalyptus globulus* est le plus élevé et le plus efficace sur la croissance mycélienne et sur sporulation et germination par rapport à l'effet de HE d'*Cupressus sempervirens*. Ces activités de huiles ont été classées dans l'ordre décroissant suivant : *Eucalyptus globulus* > *cupressus sempervirens*

Les résultats relatifs à l'essai in vitro ont montré que les doses (D3) et (D4) d'*Eucalyptus* est plus efficace contre la croissance mycélienne en comparaison avec l'effet des HE d'*Cupressus sempervirens* qui a estimé (75%) comme le taux d'inhibition le plus élevé.

Les deux huiles ont montré un effet sur la sporulation et sur la germination. D'après notre expérimentation la doses (D3 et D4) d'*Eucalyptus globulus* inhiber complètement la sporulation et la germination. Concernant (D4) *cupressus sempervirens* inhiber la sporulation 76% et sur la germination plus 90% de taux sur les mêmes doses.

Les résultats in-vivo ont confirmé que huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* la plus efficace contre *Fusarium oxysporum* que HE de *Cupressus sempervirens*.

Mot clé : Huile essentielle , *Eucalyptus globulus* , *Cupressus sempervirens* , activité antifongique , sporulation , germination , in-vitro , in-vivo , *Fusarium oxysporum* .

## Abstract

This work focuses on the evaluation of the antifungal activity of essential oils (EO) of two aromatic plants against the fungus *Fusarium oxysporum* in –vitro and in –vivo.

The objective of this study is to valorize these natural resources in order to find alternatives based on the use of natural products to fight against pathogens.

The antifungal power of essential oils from *Eucalyptus globulus* and *Cupressus sempervirens* was evaluated by two methods (direct contact technique and the pda medium) and (technique for incorporating oil with the culture medium).

Through this modest work, all the results obtained show that the effect of HE of *Eucalyptus globulus* is the highest and most effective on mycelial growth and on sporulation and germination by port or the effect of HE of *Cupressus sempervirens*. These oil activities have been ranked in the following descending order: *Eucalyptus globulus*>*cupressus sempervirens*. The results relating to the in vitro test showed that doses (D3) and (D4) of *Eucalyptus globulus* it is more effective against mycelial growth in comparison with the effect of HE of *Cupressus sempervirens* which estimated (75%) as the highest inhibition rate

Both oils showed an effect on sporulation and germination according to our experimentation the doses (D3 and D4) of *Eucalyptus globulus* completely inhibit sporulation and germination. Concertent (D4) *cupresus sempervirens* inhibit sporulation 76%and germination over 90% rate on the same doses.

The in –vivo results confirmed that essential oils *Eucalyptus globulus* more effective against *Fusarium oxysporum* than EH of C *cupressus sempervirens*.

## ملخص

يركز هذا العمل على تقييم النشاط المضاد للفطريات للزيوت الأساسية (EO) لنباتين عطريين ضد الفطر *Fusarium oxysporum* في المختبر و في الجسم الحي.

الهدف من هذه الدراسة هو تعزيز هذه المواد الطبيعية لإيجاد بدائل تعتمد على استخدام المنتجات الطبيعية لمحاربة الامراض.

تم تقييم القوة المضادة للفطريات للزيوت العطرية من نبات *Eucalyptus globulus* و *Cupressus sempervirens* بطريقتين (تقنية الاتصال المباشر على وسط PDA) و (تقنية دمج الزيت مع وسط الاستزراع).

من خلال هذا العمل المتواضع، أظهرت جميع النتائج التي تم الحصول عليها أن تأثير HE من نبات *Eucalyptus globulus* هو الأعلى و الأكثر فاعلية على نمو الفطريات و التبريض و الإنبات عن طريق المنفذ أو تأثير HE of *Cupressus sempervirens*.

تم تصنيف هذا الأنشطة النفطية بالترتيب التنازلي التالي:

*Cupressus sempervirens* < *Eucalyptus globulus*

أظهرت النتائج المتعلقة بالفحص المختبري أن جرعات (D3) و (D4) من الأوكالبتوس أكثر فاعلية ضد نمو الفطريات مقارنة بتأثير HE من *Cupressus sempervirens* الذي يقدر (75%) كأعلى معدل تثبيط .

و قد أظهر كلا الزيتين تأثيرات على التبريض و الإنبات. وفقا لتجربتنا، فإن الجرعات (D3 و D4) من الكافور تمنع تماما من التبريض و الإنبات.

*Concertont* (D4) *Cupressus sempervirens* يمنع التبريض بنسبة (76%) و الإنبات بنسبة تزيد عن (90%) على نفس الجرعات.

أكدت النتائج التي تم إجرائها في الجسم الحي أن الزيوت الأساسية لكافور الأوكالبتوس أكثر فاعلية ضد *Fusarium*

من *oxysporum* HE of *Cupressus sempervirens* .

# Liste des figures

Numéros de figure	Titre de figure	Numéros de pages
<b>Figure 1</b>	Premières photos de tomate publiées par donoens en 1553	<b>3</b>
<b>Figure 2</b>	Schéma représentatif de la germination de tomate	<b>7</b>
<b>Figure 3</b>	un schema qui représente la morphologies de la tomate	<b>8</b>
<b>Figure 4</b>	Schéma représente le cycle biologique de tomate	<b>10</b>
<b>Figure 5</b>	Colonies de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>Lycopersici</i> sur milieux PDA	<b>17</b>
<b>Figure 6</b>	Symptômes du flétrissement causé par le <i>Fusarium oxysporum</i> . f. sp. <i>Lycopersici</i>	<b>18</b>
<b>Figure 7</b>	Cycle de vie de <i>Fusarium oxysporum</i>	<b>19</b>
<b>Figure 8</b>	Poils épidermiques sur le calice d'une fleur	<b>23</b>
<b>Figure 9</b>	Glande productrice huile essentielle d'une fleur	<b>23</b>
<b>Figure 10</b>	Formule chimique de l'isoprène	<b>25</b>
<b>Figure 11</b>	Etapas de formation de la graine du <i>Cupressus sempervirens</i>	<b>26</b>
<b>Figure 12</b>	Montage d'extraction des HE par entrainement à la vapeur d'eau	<b>27</b>
<b>Figure 13</b>	Aspect de <i>Eucalyptus globulus</i>	<b>31</b>
<b>Figure 14</b>	Morphologique d' <i>Eucalyptus globulus</i> vaughan	<b>33</b>
<b>Figure 15</b>	Courbe dose-réponse de l'évolution des deux espèces d' <i>Aspergillus</i> après traitement avec de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus globulus</i> et avec du 1,8-cinéole	<b>36</b>
<b>Figure 16</b>	Photo de l'arbre de <i>Cupressus sempervirens</i>	<b>37</b>

<b>Figure 17</b>	Etapes de formation de la graine du <i>Cupressus sempervirens</i>	<b>40</b>
<b>Figure 18</b>	Photo des feuilles et de l'inflorescence de <i>Cupressus sempervirens</i>	<b>41</b>
<b>Figure 19</b>	Répartition des cyprès euro-asiatiques	<b>41</b>
<b>Figure 20</b>	L'institut National de la Protection des Végétaux (I.N.P.V) El Harrach, Alger	<b>44</b>
<b>Figure 21</b>	Localisation de région étude (wilaya de Tipaza)	<b>45</b>
<b>Figure 22</b>	Diagramme Omburo thermique de la région de Tipaza l'année 2021	<b>46</b>
<b>Figure 23</b>	Climagramme d'Emberger de la région de Tipaza Sanaa et Meriem	<b>47</b>
<b>Figure 24</b>	Situation géographique de commune Hadjout	<b>48</b>
<b>Figure 25</b>	Photo des arbres de <i>Eucalyptus globulus</i>	<b>49</b>
<b>Figure 26</b>	Photo des arbres de <i>Eucalyptus globulus</i>	<b>49</b>
<b>Figure 27</b>	Photo des arbres de <i>Cupressus sempervirens</i> .	<b>49</b>
<b>Figure 28</b>	Matériel végétal utilisé dans notre étude	<b>50</b>
<b>Figure 29</b>	(A) Récolte et (B) séchage de la matière végétale	<b>51</b>
<b>Figure 30</b>	La méthode d'entraînement à la vapeur	<b>52</b>
<b>Figure 31</b>	Etapes de décantation hydrolat avec huile	<b>52</b>
<b>Figure 32</b>	Quelques étapes de préparation du milieu de culture PDA	<b>54</b>
<b>Figure 33</b>	Repiquage de la souche de <i>fusarium oxysporum</i>	<b>55</b>
<b>Figure 34</b>	Etapes de préparation des concentrations de 5, 10, 25 et 40 % des deux huiles.	<b>56</b>
<b>Figure 35</b>	Repiquage des plantules de tomate	<b>58</b>
<b>Figure 36</b>	La dispositif expérimental des plantes de tomate	<b>59</b>
<b>Figure 37</b>	Méthode d'Inoculation artificielle	<b>60</b>
<b>Figure 38</b>	La plante de tomate traiter par biofongicide	<b>61</b>

<b>Figure 39</b>	Les extraits des huiles essentielles.	<b>62</b>
<b>Figure 40</b>	Le rendement de deux huiles essentiellement	<b>62</b>
<b>Figure 41</b>	Effet de l'huile d' <i>E. globulus</i> sur la croissance mycélienne de <i>Fusarium oxysporum</i>	<b>64</b>
<b>Figure 42</b>	Effet de l'huile de <i>C. sempervirens</i> sur la croissance mycélienne de <i>Fusarium oxysporum</i>	<b>64</b>
<b>Figure 43</b>	Inhibition de la croissance mycélienne de l'isolat de <i>Fusarium oxysporum</i> par les deux huiles essentielles.	<b>64</b>
<b>Figure 44</b>	Effet de l'huile de Cyprès sur la croissance mycélienne de <i>Fusarium oxysporum</i>	<b>67</b>
<b>Figure 45</b>	Effet de l'huile d'Eucalyptus sur la croissance mycélienne de <i>Fusarium oxysprum</i>	<b>67</b>
<b>Figure 46</b>	Inhibition de la croissance mycélienne de l'isolat de <i>Fusarium oxysporum</i> par les deux huiles essentielles.	<b>67</b>
<b>Figure 47</b>	les symptômes de fusariose sur la tomate	<b>71</b>
<b>Figure 48</b>	Analyse multi variée « ACP » représentant effet d'HE <i>Eucalyptus globulus</i> sur la croissance de feuilles par les jours	<b>73</b>
<b>Figure 49</b>	Analyse multi variée « ACP » représentant effet d'HE <i>Cupressus sempervirens</i> sur la croissance de feuilles par les jours.	<b>73</b>
<b>Figure 50</b>	Analyse mult variée « ACP » représentant effet de deux HE <i>Eucalyptus globulus</i> et <i>Cupressus sempervirens</i> sur la croissance de feuilles par les jours	<b>73</b>
<b>Figure 51</b>	Effet des différentes huiles essentielles d' <i>Eucalyptus globulus</i> et <i>Cupressus sempervirens</i> sur la croissance de feuilles inoculé par <i>fusarium oxysporum</i> .	<b>76</b>
<b>Figure 52</b>	Analyse mult variée «ACP» représentant effet de HE <i>Eucalyptus globulus</i> sur la croissance de tiges par les jours.	<b>77</b>
<b>Figure 53</b>	Analyse mult variée «ACP» représentant effet d'HE <i>Cupressus sempervirens</i> sur la croissance de tiges par les jours.	<b>77</b>
<b>Figure 54</b>	Analyse mult variée «ACP» représentant effet d'HE <i>Eucalyptus globulus</i> <i>Cupressus sempervirens</i> sur la croissance de tiges par les jours.	<b>78</b>
<b>Figure 55</b>	Effet de différente huiles de <i>Eucalyptus globulus</i> et <i>Cupressus sempervirens</i> sur la croissance des tiges inoculé par <i>fusarium oxysporum</i> .	<b>81</b>



# Liste des tableaux

Numéros de Tableaux	Titres de Tableaux	Numéros de pages
<b>Tableaux 1</b>	<i>Principaux pays producteurs de la tomate dans le monde</i>	<b>5</b>
<b>Tableaux 2</b>	<i>Principales maladies qui touchent la tomate</i>	<b>12/13</b>
<b>Tableaux 3</b>	Principaux ravageurs des cultures de la tomate	<b>14</b>
<b>Tableaux 4</b>	Distribution géographique d' <i>Eucalyptus globulus</i> en Algérie	<b>33</b>
<b>Tableaux 5</b>	Les différents composants d'HE d' <i>Eucalyptus globulus</i>	<b>34</b>
<b>Tableaux 6</b>	Effet de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus globulus</i> sur les larves et les pupes de mouche domestique dans un essai de toxicité de contact	<b>35</b>
<b>Tableaux 7</b>	Origine et dates de récolte des différents échantillons.	<b>50</b>
<b>Tableaux 8</b>	Rendement en huile essentielle par rapport à la biomasse de deux espèces.	<b>62</b>
<b>Tableaux 9</b>	Les taux d'inhibition(%) de la croissance mycélienne par les deux huiles.	<b>63</b>
<b>Tableaux 10</b>	L'effet du type de l'huile ainsi que sa dose sur la croissance mycélienne. Les valeurs représentent la moyenne $\pm$ erreur standard (n=4). Les différentes lettres indiquent une différence significative à $p < 0,05$ .	<b>65</b>
<b>Tableaux 11</b>	Les taux d'inhibition (%) de la croissance mycélienne par les deux huiles.	<b>66</b>
<b>Tableaux 12</b>	L'effet du type de l'huile ainsi que sa dose sur la croissance mycélienne. Les valeurs représentent la moyenne $\pm$ erreur standard (n=4). Les différentes lettres indiquent une différence significative à $p < 0,05$ .	<b>68</b>
<b>Tableaux 13</b>	Taux d'inhibition de la sporulation en (%) sous l'effet des deux huiles	<b>69</b>
<b>Tableaux 14</b>	Taux d'inhibition de la germination en (%) sous l'effet des deux huiles.	<b>70</b>

# Liste des abréviations

**%** : pourcentage

**C°** : degré Celsius

**G** : gram

**ml** : millilitre

**PDA** : patate-dextrose-agar

**Ph** : potentiel d'hydrogène

**Stat** : statistique

**CMI** : concentration minimal inhibitrice

**HE** : huile essentielle

**ADN** : Acide désoxyribonucléique

**ROS** : espace réactive oxygène

**M2** : Méthode 02

**M1** : Méthode 01

**C** : cyprès

**E** : Eucalyptus

**In vivo** : ( le travaille dans la serre )

**In vitro** : ( le travaille dans laboratoire )

# Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction

## **Partie I : Synthèse bibliographique**

### **Chapitre I : Plante hôte et agents pathogènes**

1. Généralités sur la tomate .....	3
2. Origine et historique de la tomate.....	3
3. Classification botanique.....	4
4. Situation et importance économique de la tomate.....	5
4.1. Dans le monde.....	5
4.2. En Algérie.....	5
5. Conditions de la germination.....	6
5.1. Conditions internes de la germination.....	6
5.2. Conditions externes de la germination.....	6
6. Classification variétale.....	7
6.1 VARIETES . a croissance déterminées.....	7
6.2. Variétés à croissance indéterminées.....	7
7. Classification génétique.....	7
7.1. Les variétés fixées.....	7
7.2. Les variétés hybrides.....	7

8. Les caractères morphologiques de la tomate.....	8
8.1. Systèmes racinaires, tige, et feuilles.....	8
8.2. Fleurs et fruits.....	9
9. Cycle biologique de tomate.....	9
9.1. Phase de germination.....	9
9.2. Phase de croissance.....	9
9.3. Phase de floraison.....	10
9.4. Phase de fructification et de maturation.....	10
10. Les exigences climatiques et édaphiques de la tomate.....	10
10.1. Les exigences climatiques.....	11
10.2. Les exigences édaphiques.....	11
11. Les principales maladies de tomate.....	11
2. Données sur le champignon <i>Fusarium oxysporum f.sp lycopersici</i> .....	15
1. Généralités sur <i>Fusarium oxysporum</i> .....	15
2. Classification de l'agent pathogène.....	15
3. La morphologie et caractère de culture.....	16
3.1. Les micro conidies.....	16
3.2. Les macro conidies.....	16
3.3. Les chlamydospores.....	16
4. Gamme d'hôte.....	17
5. Symptomatologie.....	17
6. Cycle biologique.....	18
7. La lutte contre <i>Fusarium oxysporum</i> .....	19

## **Chapitre II : Les huiles essentielles et les plantes étudiées**

I. Les huiles essentielles.....	22
1. Généralités sur les huiles essentielles.....	22
2. Définition .....	22
3. Localisation des huiles essentielles dans la plante.....	23
4. Propriétés physico-chimiques des HEs.....	23
5. Composition chimique.....	24
6. Les principes méthodes d'extraction des huiles essentielles.....	26
6.1. Distillation .....	26
6.2. L'hydrodistillation.....	26
6.3. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau.....	27
6.4. Expression à froid.....	27
7. Activités biologiques des huiles essentielles.....	28
7.1. En phytothérapie.....	28
7.2. En phytopharmacie.....	28

2. Présentation de la plante « <i>Eucalyptus globulus</i> ».....	30
1. Origine et définition.....	30
2. Classification botanique.....	31
3. Description botanique.....	32
II.4. La répartition géographique d' <i>Eucalyptus globulus</i> .....	33
5. Composition de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus globulus</i> .....	34
6. Activités de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus globulus</i> .....	34
3. Présentation de la plante « <i>Cupressus sempervirens</i> ».....	36
1. Historique.....	36
2. Classification.....	37
3. Description botanique de <i>Cupressus sempervirens</i> .....	37
4. La répartition géographique.....	41
5. Les composés chimiques.....	42
6. Activité biologique de <i>Cupressus sempervirens</i> .....	42

## **Partie II : Etude Expérimentale**

### **Chapitre III : Matériel et Méthodes**

✚ Matériels et Méthodes.....	44
1 Présentation de la zone d'étude.....	44
2 Synthèse climatique.....	45
2.1. Diagramme ombrothermique de Tipaza.....	45
2.2. Climagramme demberger.....	46
3. Présentation de station études.....	47
4. Matériel.....	48
4.1. Matériel végétal.....	48
4.2. Matériel fongique.....	50
5. Méthodes.....	51
5.1Extraction des huiles essentielles.....	51
5.1.1. Calcul du rendement des huiles essentielles.....	52
5.2. Préparation du milieu de culture.....	53
5.3. Repiquage de la souche de <i>Fusarium oxysporum</i> .....	54
5.4. Etude « <i>in vitro</i> » de l'activité antifongique des huiles essentielles de l'eucalyptus « <i>Eucalyptus globulus</i> » et du cyprès commun (toujours vert) « <i>Cupressus sempervirens</i> ».....	55
5.4.1. Technique de contact direct.....	56
5.4.2. Technique d'incorporation de l'huile avec le milieu de culture.....	57
5.4.3. Effet des huiles sur la sporulation.....	57
5.4.4. Effet des huiles sur la germination.....	58
6. Etude de l'activité antifongique « <i>in vivo</i> » des huiles essentielles de l'eucalyptus commun « <i>Eucalyptus globulus</i> » et du cyprès commun (toujours vert) « <i>Cupressus sempervirens</i> » sur <i>Fusarium osysporum</i> .....	58
6.1. Le dispositif expérimental des plantes de tomate.....	59

6.2. Inoculation artificielle des plants de tomate.....	60
6.3. Application de traitement.....	60
6.4. Notations de symptômes.....	61
6.5. Analyses statistiques.....	61

## **Chapitre IV : Résultats et Discussions**

1. Rendement en huile essentielle.....	62
2. Activité antifongique de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus globulus</i> et du <i>Cupressus sempervirens</i> sur la croissance de l'isolat de <i>Fusarium oxysporum</i> .....	63
2.1. Méthode de contact directe.....	63
2.1.1. Analyse statistique.....	65
2.2. Méthode d'incorporation de l'huile avec le milieu de culture.....	66
2.2.1. Analyse statistique.....	68
3. Effet des huiles sur la sporulation et la germination des conidies de <i>Fusarium oxysporum</i> .....	69
4. Résultat d'efficacité de biofongicide in-vivo.....	70
4.1. Observations de symptômes.....	70
4.2. Modulation d'effet d'HE d' <i>Eucalyptus globulus</i> sur la croissance des feuilles de tomate inoculé par <i>Fusarium oxysporum</i> .....	71
4.2.1. Modulation d'effet de deux biofongicide sur la croissance des feuilles de tomate inoculé par <i>Fusarium oxysporum</i> .....	72
4.2.2. Evaluation temporelle de l'effet des différentes doses d'application d' <i>Eucalyptus globulus</i> et <i>Cupressus sempervirens</i> sur la croissance des feuilles de tomate inoculée par <i>Fusarium oxysporum</i> .....	74
4.3. Modulation d'effet d'HE <i>Eucalyptus globules</i> et <i>Cupressus sempervirens</i> sur la croissance des tiges de tomate inoculé par <i>Fusarium oxysporum</i> .....	76
4.3.1. Modulation de deux biofongicide sur la croissance des tiges de tomate inoculée par <i>Fusarium oxysporum</i> .....	78
4.3.2. Evaluation temporelle de l'effet des différentes doses d'application de « <i>Eucalyptus globulus</i> et <i>Cupressus sempervirens</i> sur la croissance des tiges de tomate inoculé par <i>Fusarium oxysporum</i> .....	79
5. Discussion.....	82

Conclusion.....86/87

Référence bibliographique

Annexes

# Introduction

## INTRODUCTION

La culture de la tomate a connu une importante évolution depuis l'indépendance. En effet, les superficies occupées par cette plante ne dépassaient pas 8370 ha en 1968 (**Mara, 1968**) alors qu'au début des années 2000 une valeur de 20789 ha est enregistrée (**Snouci, 2010**). L'aspect phytosanitaire est l'un des problèmes majeurs de la production souvent attribué aux ravageurs et à plusieurs maladies fongiques causant des pertes de rendement considérables engendrant des conséquences économiques non négligeables. Ces dommages peuvent aussi atteindre la santé humaine par la capacité de ce genre de synthétiser des mycotoxines (**Picot et al., 2012**).

Parmi ces maladies fongiques sur le fusarioses causées par (*Fusarium oxysporum f. sp. Lycopersici*). Sont responsables de symptômes distincts : les flétrissements, (**Williamson et al., 2007**). Ces espèces ont d'ailleurs été classées parmi les champignons phytopathogènes, sur la base de son importance économique et de son intérêt scientifique. Ils provoquent des maladies qui entraînent des pertes économiquement importantes chez des plantes cultivées aux champs et en serres (**Dean et al., 2012**).

Différentes méthodes de lutte peuvent être envisagées contre ces maladies fongiques : Les traitements avec des pesticides (insecticide, acaricides, nématicides, fongicides, bactéricides et herbicides) présentent de bons résultats à court terme, à long terme leur action secondaire sur l'environnement devient inquiétante (**Vanachter et al., 1983**). Les fongicides chimiques peuvent contaminer l'environnement de par leur haute toxicité, et se retrouver sur les produits finis (fruits), et induire à la longue une résistance du pathogène (**Moenne-Loccoz et al., 1998**).

Eu regard à ces inconvénients, il est important de trouver des solutions alternatives qui permettront de continuer à lutter contre les maladies tout en diminuant l'emploi de produits chimiques. Néanmoins à l'heure actuelle où les pressions économique, écologique, sanitaire et législative sont de plus en plus fortes, on comprend l'intérêt de deux d'exploiter d'autres moyens de lutte. Ces moyens sont donc basés sur la rationalisation des pratiques agricoles (fumigation-stérilisation en horticulture, désinfection des graines, rotation des cultures, contrôle du vecteur de la maladie...), par l'utilisation de variétés résistantes, des micro-organismes bénéfiques. Une autre alternative à l'utilisation des biopesticides consiste à utiliser des composés naturels et qui peuvent être essentiellement connues pour leur pouvoir

antifongique ont une efficacité dans le traitement de quelques agents phytopathogènes **(Regnault-Roger, 2012 ; Kassi et Al., 2014 ; Xue et Al., 2014)**.

La lutte biologique contre les phytopathogènes par les huiles essentielles est l'une des solutions trouvées pour ce problème, dont plusieurs travaux de recherche ont noté leur activité antimicrobienne **(Satrani et al., 2006 ; Kalemba et Kunicka, 2003 ; Amarti et al., 2010 ; Carson et Riley, 1995)** et spécifiquement antifongique **(El Ajjouri et al., 2008 ; Bouaine, 2017)**. Ainsi, pour améliorer les rendements et répondre à la demande des marchés sans cesse croissante, le recours à l'usage des pesticides de synthèse par les producteurs est quasiment systématique **(Yarou et al., 2017)**.

L'objectif ce travail, nous avons essayé de mettre en évidence in-vitro et in-vivo l'activité antifongique de deux huiles essentielles (du *Eucalyptus globulus* et *Cupressus sempervirens*) sur la croissance du *Fusarium oxysporum* comme substances naturelles alternatives des produits chimiques utilisées dans le traitement.

Pour notre thème nous posons la problématique suivante :

Problématique : quelle est l'efficacité des huiles essentielles de *E.globulus* et *C. sempervirens* sur le champignon phytopathogène "*Fusarium oxysporum*" ?

Afin de répondre à cette question, nous avons émis les hypothèses suivantes :

- ✓ Les huiles essentielles ont elle effet sur la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum*.
- ✓ Les huiles essentielles inhibent elle sporulation et la germination de *Fusarium oxysporum*.
- ✓ L'huile essentielle inhibent elle propagation des symptômes de « *Fusarium oxysporum* ».

# *Synthèse bibliographique*

*Chapitre I*  
*Plante hôte et l'agent*  
*pathogene*

### .1. Généralités

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill., 1997) est une plante herbacée annuelle, appartenant au groupe des légumes fruits (Baba Aissa, 1999). Il existe plus de cinq cents variétés anciennes fixées qui sont connues par leur sensibilité aux maladies et ravageur en revanche les variétés hybrides sont plus d'un millier et elles sont souvent résistantes et leur production reste supérieure à celle des tomates anciennes (Polese, 2007). La tomate est l'un des principaux légumes cultivés dans le monde, elle est produite en vue de la consommation en frais ou en fruits transformés (Shankara *et al.*, 2005). Elle est cultivée partout dans le monde, Après une lente propagation dans les pays méditerranéens européens depuis le XVIe siècle, elle a commencé à être largement cultivé au XXe siècle (Causse *et al.*, 2016).

### 1.2. Origine et historique de la tomate

L'espèce est indigène en Amérique du Sud, en particulier le Pérou et les îles Galápagos, d'abord domestiquée au Mexique de là sa culture s'est propagée en Asie du Sud et de l'Est, en Afrique et en moyen Orient (Shankara *et al.*, 2005). Au milieu du XVIe siècle, la tomate a été introduite en Europe, Il a été cultivé pour la beauté de ses fruits, mais pas souvent consommée, sauf en Italie et en Espagne, Le fruit était considéré comme toxique comme la morelle (Heiser, 1969). La tomate a été cultivée pour la première fois au Mexique par les Aztèques qui l'appelaient "tomatl". Le nom de « pomme d'amour » en français avec les équivalents « love apple » en anglais, et « liebesapfel » en allemand, font allusion à l'effet aphrodisiaque alors attribué à ce fruit (Blancard, 2009). 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, correspond à *Physalis philadelphia* ; la tomate *Lycopersicon esculentum* était appelée « jitomatl » (Blancard *et al.*, 2009).

Le genre *Lycopersicum* comprend neuf espèces, dont une seule ; *Lycopersicum esculentum* sous sa forme sauvage qui pourrait être directement à l'origine des autres variétés et qui a émigré vers le Sud de l'Amérique du Nord (**Chaux et Foury, 1994**) 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**).

### **1.3. Classification botanique**

Le nom de genre « *Lycopersicum* » est gréco-latin, il signifie « pêche de loup et la partie « *esculentum* » complétant le nom de l'espèce vient du latin et qui signifie « comestible ». Cette comestibilité ne concerne ni le feuillage, ni les jeunes fruits verts car ils contiennent des alcaloïdes toxiques (tomatine, solanine). Ces derniers disparaissent des fruits au cours du mûrissement (Blancard *et al.*, 2009).

**Cronquist (1981)** et **Gaussen *et al.*, (1982)** proposèrent la classification de la tomate qui est largement suivie :

<b>Règne</b>	:	Plantae.
<b>Sous règne</b>	:	Trachenobionta
<b>Division</b>	:	Magnoliophyta.
<b>Classe</b>	:	Magnoliopsida.
<b>Sous classe</b>	:	Asteridae.
<b>Ordre</b>	:	Soloniales.
<b>Famille</b>	:	Solanaceae.
<b>Genre</b>	:	Solanum ou Lycopersicum.
<b>Espèce</b>	:	<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.

## 1.4. Situation et importance économique de la tomate

### 1.4.1. Dans le monde

La tomate est cultivée dans de nombreux pays du monde **170 pays** 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 01** : 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 8	7.9	8,16
Turquie	300 000.00	11 350 000.00	37,83	7,02
Monde	4 803 680.17	161 793 834.18	33,68	100

### 1.4.2. En Algérie

En Algérie, la tomate est en pleine expansion. Un programme a été établi par le ministère de l'agriculture et du développement rural. 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 (**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 .

## 1.5. Conditions de la germination

### 1.5.1. Conditions internes de la germination

- **La maturité** : les parties qui constituent la graine soient complètement différenciées morphologiquement (Heller *et al.*, 2000).
- **La disponibilité des nutriments** : comme l'amidon, les protéines et les lipides ou d'autres nutriments à travers l'activité des enzymes et des voies spécifiques (Miransari et Smith, 2009).
- **La longévité** : c'est la durée pendant laquelle les semences restent vivantes et gardent leur pouvoir germinatif. Cette dernière condition varie en fonction des espèces et les conditions environnementales (Heller *et al.*, 2000).

### 1.5.2. Conditions externes de la germination

- **L'eau** : La présence d'eau est nécessaire pour l'hydratation des tissus et pour la croissance des organes. Néanmoins, si l'eau vient à manquer après l'imbibition, la graine est capable de subir un nouveau processus de déshydratation et d'attendre un prochain afflux d'eau (Gimeno-Gilles, 2009).
- **L'oxygène** : Une faible quantité d'oxygène peut être suffisante pour permettre la germination (Mazliak, 1982).
- **La température** : c'est un paramètre difficile à optimiser. En effet des températures basses permettent de bonnes activités enzymatiques, Les températures élevées permettent d'accélérer la germination et la production (Guiga, 2006).

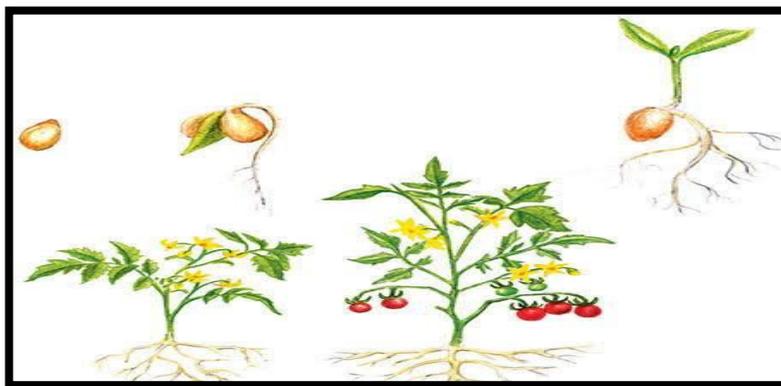


Figure 01 : Schéma représentatif de la germination de tomate (Meyer *et al.*, 2019).

## 1.6. Classification variétale

### 1.6.1. VARIETES a croissance déterminées

Elles se caractérisent par une période restreinte de floraison et de fructification et un aspect buissonnant qui résulte de l'arrêt de la croissance en hauteur de la plante après formation de trois à quatre inflorescences séparées, le plus souvent, par une feuille dans certaines situations, on rencontre deux inflorescences consécutives sans transition de formation foliaire (Valimunzigh,2006)

### 1.6.2. Variétés à croissance indéterminées

La croissance végétative et le développement reproductif alternent durant la quasi- totalité de la vie de la plante. Elles peuvent atteindre dix mètres de hauteur en une saison de culture et portent des inflorescences séparées par environ trois feuilles tout au long de la tige (Valimunzigh,2006).

## 1.7. Classification génétique

### 1.7.1. Les variétés fixées

Il 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. Les variétés les plus utilisées en Algérie sont la Marmande et la Saint Pierre (Polese, 2007).

### 1.7.2. Les variétés hybrides

Elles sont plus d'un millier. Elles 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) (Polese, 2007). Les plus utilisés en Algérie sont ACTANA, AGORA, BOND, NEDJMA, TAFNA et ZAHRA.

## 1.8 Les caractères morphologiques de la tomate

### 1.8.2. Systèmes racinaires, tige, et feuilles

Le système racinaire est très développé et pivotant avec de nombreuses racines. La plupart des racines se situe à une profondeur de 30 à 40 cm. En sol profond des racines peuvent être retrouvées jusqu'à un mètre (Blamey et Grey-wilson, 2003).

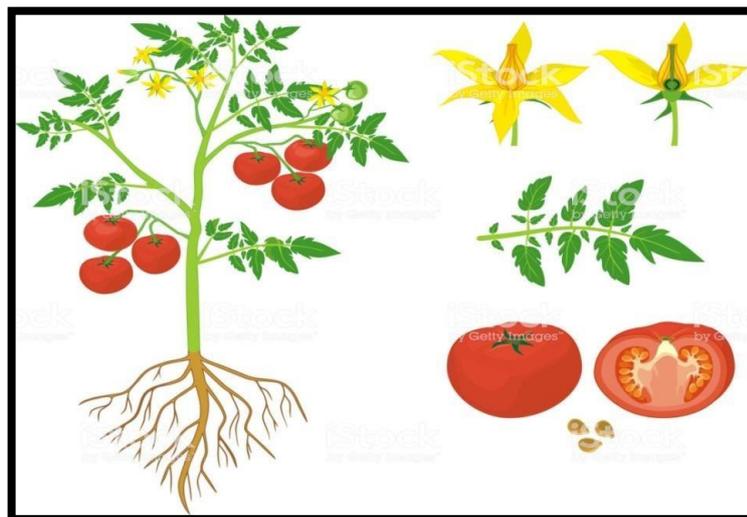
Selon Kolev (1976), La tige est pubescente, épaisse aux entre-nœuds. Sa consistance est herbacée en début de croissance, puis devient un peu ligneuse en vieillissant. Les rameaux issus des bourgeons axillaires produisent des feuilles à chaque nœud et se terminent aussi par une inflorescence (**Chaux et Foury, 1994**). La tige et les feuilles portent deux types de poils : simples ou glanduleux.

Les feuilles sont composées de 5 à 7 folioles principales, longues de 10 à 25 cm et d'un certain nombre de petites folioles intercalaires ovales, un peu dentées sur les bords, grisâtre à la face inférieure. Elles sont souvent repliées en forme de cuillères ou même à bords roulés en dessus. Ces feuilles sont alternées sur la tige (**Raemaekers, 2001**).

### I.8.3. Fleurs et fruits

Les fleurs sont hermaphrodites (Les organes mâles et femelles sont dans une même fleur), en grappe et généralement de couleur jaune. Les pétales sont en partie soudés pour former une corolle étoilée. Les sépales sont verts. Les étamines sont jointes pour former un tube tubulaire et le pistil est caché dans ce tube. La fleur comporte 5 sépales, 5 pétales, 5 à 7 étamines et 2 carpelles soudés formant un ovaire (**Blamey et Grey-wilson, 2003**).

Les fruits sont de forme globulaire ou aplatie avec un diamètre de 2 à 15 cm. Lorsqu'il n'est pas encore mûr, le fruit est vert et poilu. La couleur des fruits mûrs varie du jaune au rouge en passant par l'orange. En général les fruits sont ronds et réguliers ou côtelés (**Shankara, et al. 2005**).



**Figure 02** : Schéma qui représente la morphologies de la tomate (**polese ,2007**).

## 1.9. Cycle biologique de tomate

D'après **Huât (2008)**, Le cycle biologique de la tomate comprend 4 phases ; La germination, la croissance, la floraison, et la fructification.

### 1.9.1. Phase de germination

Chez la tomate la germination est épigée, nécessite une température ambiante d'environ 20°C et une humidité relative de 70 à 80% (**Chaux et Foury, 1994**).

### 1.9.2. Phase de croissance

D'après Laumonier (1979), cette étape se déroule en deux milieux différents :

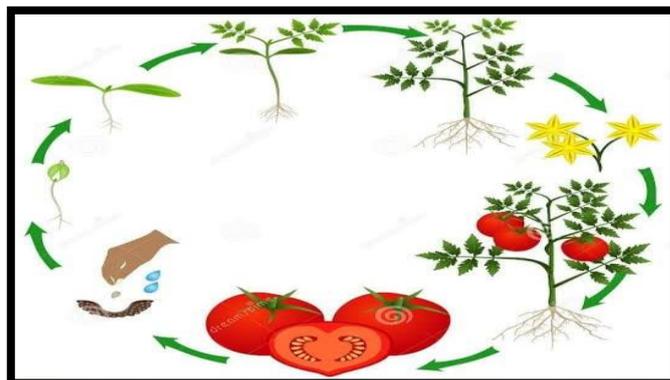
- **En pépinière** : De la levée jusqu'au stade 6 feuilles, ou il Ya apparition des racines et des prés feuilles.
- **En plein champ** : la croissance des plantes continue Après l'apparition des racines et les feuilles à photosynthèse intense. La tige devient épaisse et augmente son nombre de feuilles.

### 1.9.3. Phase de floraison

La première inflorescence apparaît deux mois et demi environ après le semis. La floraison chez la tomate commence du bas vers le haut. Ces fleurs étaient auparavant des boutons floraux. La floraison dépend de la photopériode, de la température et des besoins en éléments nutritifs de la plante (**Benton, 1999**).

### 1.9.4. Phase de fructification et de maturation

Après la pollinisation, les fruits croissent au cours des 45 à 70 jours suivants, qui restes jusqu'à ce qu'ils atteignent leur taille finale (**Miller, 2021**).



**Figure 03 :** Schéma représente le cycle biologique de tomate (Anonyme.2022).

## **I.10. Les exigences climatiques et édaphiques de la tomate**

La tomate a des exigences particulières : sensible au froid, craint beaucoup le gel et les vents chauds. Il est très exigeant en température (POLESE, 2007).

### **I.10.1. Les exigences climatiques**

- **La température**

La température optimale pour la plupart des variétés se situent entre 21 et 24°C. Les plantes peuvent surmonter un certain intervalle de températures, mais en dessous de 10 °C et au-dessus de 38°C les tissus végétaux sont endommagés, l'équilibre et l'écart entre température, diurne et nocturne, semblent nécessaire pour obtenir une bonne croissance et une bonne nouaison de la tomate (SHANKARA et al., 2005).

- **L'eau et l'humidité**

La tomate n'est pas très exigeante en ce qui concerne la pluviosité. Elle préfère des périodes sèches avec un apport d'eau par irrigation : elle requiert un apport d'eau de 5 mm par jour de la plantation à la floraison et 10mm par jour de la floraison à la récolte (NYABYENDA, 2007).

### **I.10.2. Les exigences édaphiques**

- **Le sol et le pH**

La tomate pousse bien sur la plupart des sols minéraux qui ont une bonne capacité de rétention de l'eau, une bonne aération et qui sont libres de sels. Elle préfère les terres limoneuses profondes et bien drainées. La couche superficielle du terrain doit être perméable. Une profondeur de sol de 15 à 20 cm est favorable à la bonne croissance d'une culture saine. Dans les sols d'argile lourd, un labourage profond permettra une meilleure pénétration des racines (Shankara et al., 2005).

## **I.11. Les principales maladies et ravageurs**

Les principales maladies rencontrées sur tomate sont récapitulées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 02** : Principales maladies qui touchent la tomate (ITCMI, 2007).

Maladies	L'agent causal	Symptômes	
Fonte de semis	<i>Phythium aphanidermatum</i>	Manque à la levée et pourriture du collet.	
Alternariose	<i>Alternaria alternata</i>	Tâches noires de taille variable sur feuilles.	
Mildiou	<i>Phytophthora infestans</i>	Maladie très grave, grandes taches brunes sur feuilles et tiges.	
Fusariose	<i>Fusarium oxysporum</i>	Flétrissement des feuilles peut être lent ou brusque. Brunissement des vaisseaux, pourriture des racines.	
Verticilliose	<i>Verticillium dahliae</i>	Flétrissement accompagné d'un jaunissement unilatéral. Suivi de dessèchement des feuilles de la base.	

Anthracnose	<i>Colletotrichum coccodes</i>	Tâches déprimées, circulaires de 5 à 10 mm  Apparaissant uniquement sur les fruits rouges.	
Oïdium	<i>Leveillula taurica</i>	Feutrage blanc sur feuilles.	
Pourriture grise	<i>Botrytis cinerea</i>	Feutrage gris sur feuilles et fruits.	
Moucheture bactérienne (Gale bactérienne)	<i>Pseudomonas syringae</i>	Taches nécrotiques noires sur feuilles et fruits.	
Moelle Noire	<i>Pseudomonas corrugate</i>	Tige molle colorée en brun.	

---

## 2. Données sur le champignon *Fusarium oxysporum f.sp lycopersici*

### 2.1. Généralités sur *Fusarium oxysporum*

Les pathologies vasculaires attaquant la tomate, à partir du sol et des racines sont connues comme les affections les plus redoutables sur cette culture et peuvent constituer des facteurs limitant dans le processus de production. Principalement on reconnaît deux trachéobactérioses : *Clavibacter michiganensis* ssp *michiganensis* et *Ralstonia solanacearum* et deux trachéomycoses *Fusarium oxysporum f.sp lycopersici* et *Verticillium dahliae* (Bouhot *et al.*, 1972).

*Fusarium oxysporum* Schlecht. Snyder et Hansen (Lemanceau *et al.*, 2006) est l'espèce la plus répandue ; c'est un champignon saprophyte du sol capable de survivre longtemps sous forme de chlamydospores (Pinton *et al.*, 2001). L'espèce *F. oxysporum* peut infecter un grand nombre de plantes, souvent de façon très spécifique. Cette espèce présente des formes phytopathogènes hautement spécifiques sur des hôtes déterminés, dénommées formes spéciales (f.sp) « forma spéciale » en fonction de la plante hôte parasitée ; ainsi il a été mis en évidence plus de 120 forma spéciales et races chez cette espèce (Van Loon, 2007).

### 2.2. Classification de l'agent pathogène

*Fusarium oxysporum* est comme ascomycète proche du groupe téléomorphique *Gibbebrrella* que *Nectria* (Di Pietro *et al.*, 2003) et avec plus de 120 formes spéciales.

<b>Règne</b>	:	Mycota
<b>Division</b>	:	Eumycota
<b>Sub-division</b>	:	Deuteromycota
<b>Classe</b>	:	Hyphomycota
<b>Ordre</b>	:	Hyphale
<b>Famille</b>	:	Tuberculariaceae
<b>Genre</b>	:	<i>Fusarium</i>
<b>Espec</b>	:	<i>F.oxyporum oxysporum f.sp lycopersici</i>

---

### 2.3. La morphologie et caractère de culture

L'identification des espèces de *Fusarium* est assez difficile, elle est basée sur la morphologie des spores asexuées (Fisher *et al.*, 1982).

#### 2.3.1. Les micro conidies

*F. oxysporum* est caractérisé par la présence abondante de microconidies (Tivoli, 1988) fusiformes à réniformes, présentant 0 à 2 septa, agglomérés en fausses têtes produites par de petits phialides (5-12 x 2,2-3,5µm). Des observations microscopiques ont montré qu'une population de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* est constituée de plusieurs propagules dont les microconidies à elles seules constituent plus de 90% de cette population (Tello-Marquina et Alabouvette, 1984).

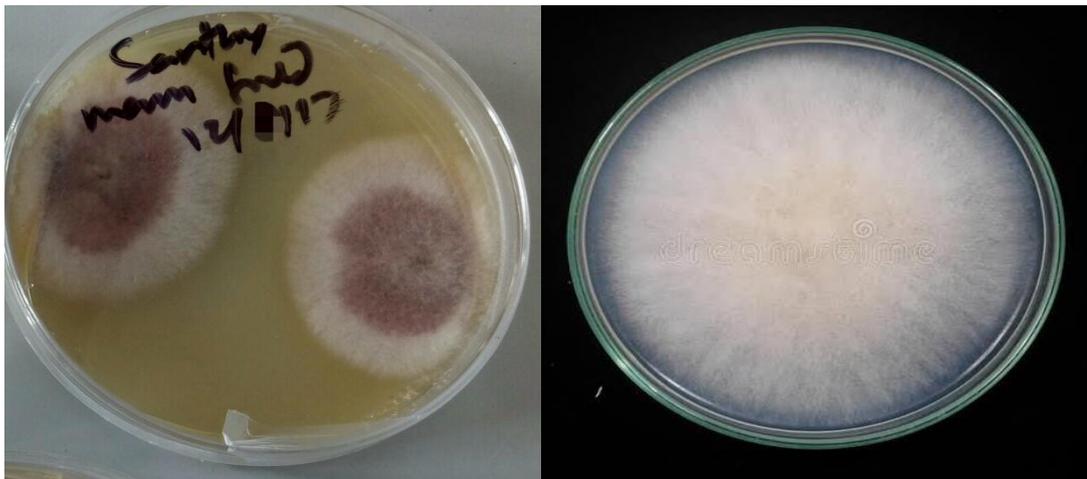
#### 2.3.2. Les macro conidies

Légèrement arquées, présentant 3 à 4 septa, la cellule basale pédicellée, la cellule apicale en crochet, produite par des phialides sur des conidiophores ramifiés ou en sporodochie (27-46 x 3-4,5 µm) (Messiaen et Cassini, 1968).

#### 2.3.3. Les chlamydo-spores

Hyalines, lisses ou rugueuses, globuleuses, terminales (5-15µm de diamètre) (Komi, 1993). Les chlamydo-spores sont des organes de conservation, résultant de l'accumulation de réserves dans une région (article du mycélium ou conidie) qui se dilate quelque peu et s'entoure finalement d'une membrane épaisse de teinte généralement foncée (Dommergues et Mangenot, 1970 ; Nelson *et al.*, 1923). Après trois semaines de culture, de nombreuses chlamydo-spores intercalaires apparaissent sur le mycélium (Tivoli, 1988).

Au niveau macroscopique, l'aspect cultural de *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* sur milieu Potato Dextrose Agar (PDA) correspond à un mycélium aérien de croissance rapide, et de couleur variable allant du blanc au rose ou violet. Cependant, l'aspect des souches de *F. oxysporum* peut fréquemment varier d'une culture à l'autre après des repiquages successifs, voire dans une même culture où des sections de couleurs ou d'aspects différents peuvent apparaître (Burnett, 1984 ; Windels, 1992).



**Figure 04 :** Colonies de *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* sur milieu PDA (Nikhat *et al.*, 2019).

#### 2.4. Gamme d'hôte

Nombreuses variétés pathogènes de plante : concombre, courgette, topinambour, piment, pomme de terre, patates douces, tomates, pastèques, céleri, asperge, ail, oignon, chou, gingembre..., mais il est aussi isolé de banane, et de nombreuses plantes environnementales. Provoque une pourriture des tissus avec apparition d'un mycélium blanc rosé à la surface (Bennet, Klich, 2003).

#### 2.5. Symptomatologie

- **Le flétrissement fusarien ou fusariose vasculaire**

Les symptômes de *Fusarium Oxysporum* f. sp. *Lycopersici* (**FOL**) se manifestent en une décoloration de la tige commençant par un léger jaunissement longitudinal sur une portion de celle-ci et évoluant en une bande jaune plus marquée puis en une nécrose beige à marron clair. Les vaisseaux à l'intérieur de la tige brunissent. Il cause également un jaunissement du rachis, d'une foliole et éventuellement de la feuille entière (Arino *et al*, 2007).

- **La pourriture de la racine et du collet**

Les symptômes de *Fusarium Oxysporum* f.sp. *Radicis Lycopersici* (**FORL**) se manifestent en un brunissement des racines, de leur cylindre central et des vaisseaux situés au niveau du pivot et du collet. On le reconnaît aussi par l'apparition d'un chancre brun, légèrement

déprimé se développant sur un seul côté du collet et de la tige, en forme de flamme (**Adejumo et al, 2007**).

Le système racinaire devient brun et pourri, les vaisseaux, les tissus corticaux et le collet brunissent. On peut remarquer également un flétrissement juste avant que les premiers fruits soient prêts à cueillir. Les feuilles hautes fanent avant les feuilles basses, il y a décoloration jaune ou doré (**Fandohan et al, 2005**).



**Figure 05** : Symptômes du flétrissement causé par le *Fusarium oxysporum*. f. sp. *Lycopersici* (**Karthika et al., 2020**).

## 2.6. Cycle biologique

*Fusarium oxysporum* f.sp.*lycopersici* présente une phase saprophyte et une autre parasitaire au cours de son cycle biologique. Cela dépend de la présence ou absence de sa plante hôte (tomate) (**Nelson et al., 1981 ; Beckman, 1988**).

La phase saprophytique se caractérise par la conservation du champignon au niveau du sol et sous les trois formes de spores (macroconidies, microconidies et chlamydospores), il survit grâce aux matières organiques qui proviennent des débris végétaux (**Beckman, 1988**). En présence de la plante hôte et des conditions favorables, le champignon germe pour atteindre les sites privilégiés sur les racines et initier le processus de l'infection, c'est ce qu'on appelle la phase parasitaire (**Van Loon, 2007**). Par la suite, le champignon a tendance à coloniser rapidement l'hôte exclusivement à l'intérieur des vaisseaux du xylème. Dans les vaisseaux, le champignon commence à produire des microconidies, qui sont transportées vers le haut à

travers le flux de la sève lors du détachement. De plus, la germination des microconidies entraîne une pénétration mycélienne des vaisseaux supérieurs (McGovern, 2015), Au cours de cette phase, le champignon qui reste limité aux vaisseaux du xylème, se propage à travers le tissu parenchymateux et commence à sporuler abondamment à la surface de la plante, comme la feuille, la vapeur, etc. La dissémination du pathogène peut se produire via les graines, les greffes, le sol ou d'autres moyens (Joshi, 2018).

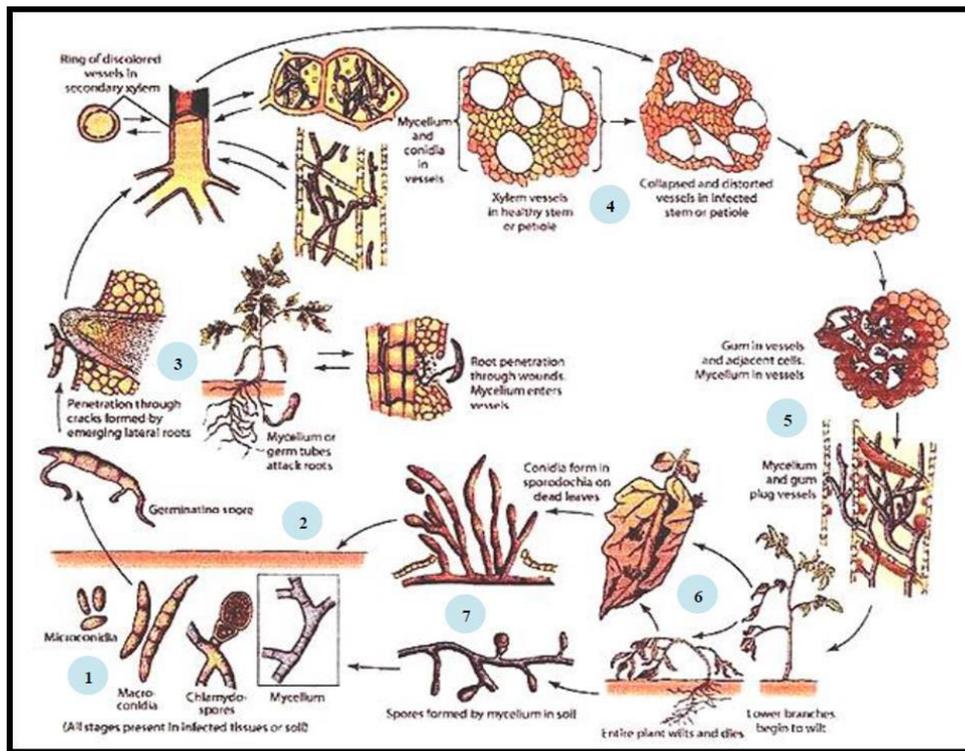


Figure 06 : Cycle de vie de *Fusarium oxysporum* (Marion Triolet, 2014).

## 2.7. La lutte contre *Fusarium oxysporum*

- Moyens préventifs

En général, les mesures de contrôle demeurent dans leur globalité d'ordre préventif : selon Abadie et al (1997).

- Utiliser des cultivars résistants.
- Éviter d'utiliser des plants et des grains infestés.
- Pratique de la jachère.
- Réaliser des rotations de 5 à 7 ans en assurant que le précédent cultural est une légumineuse.

- Manœuvrer la fertilité du sol d'une manière à diminuer la croissance et la virulence du pathogène, et ceci en : ajoutant les amendements de chaux pour élever le pH du sol (**Scott, 1923**) et en évitant l'utilisation excessive des amendements de phosphore et de Magnésium et de maintenir une fertilisation azotée élevée surtout sous forme de nitrates (**Barna et al., 1985**).
- Solarisation du sol : qui consiste à couvrir le sol avec un film en plastique clair ce qui provoque l'augmentation de la température, et généralement les agents pathogènes sont mésophiles et deviennent inactifs dans les températures entre 40° et 60°C (**Anchisi et al., 1985**).
- A titre préventif, la lutte physique proposée par **Anchisi et al., (1985)** qui consiste à traiter les racines avec de l'eau chaude de 48° à 49° C pendant 30 secondes avant la transplantation pour stimuler la croissance des racines. La stérilisation et/ou la solarisation ne sont pas des solutions pratiques à grande échelle et à long terme.

- **Lutte chimique**

La lutte chimique s'opère principalement par l'utilisation de fongicides systémiques ou incorporés dans le sol pour limiter le développement du pathogène, tels que le Binomyl, le Captafol, bromure de méthyle et thiophanate qui sont des produits efficaces mais présentent des inconvénients : sont très chers, provoquent la pollution de l'environnement, induisent les chloroses chez les jeunes plantes et la résistance chez le pathogène en cas d'utilisation abusive (**Maraitre, 1973**).

En raison de la difficulté d'atteindre les couches profondes du sol dans lesquelles le parasite se conserve sous forme de chlamydospores (**Maraitre, 1973**), en plus des coûts élevés des

Opérations de désinfection du sol, les traitements chimiques à base de fongicides systémiques, appliqués au cours de culture, sont souvent inefficaces dans la pratique, car ils développent le phénomène de résistance chez le pathogène (**Benhamou, 2001**).

Fumigation avec le Methyl Bromide : c'est un fort fumigant qui a montré une efficacité relative vis-à-vis de la fusariose vasculaire et de plusieurs agents pathogènes (**Maw et Kempton, 1973**) ; son avantage a été associé avec de nombreux problèmes incluant l'épuisement de la couche d'ozone ; d'ailleurs il a été interdit dans certains pays (**I FOAM, 1995**).

- **La lutte génétique**

La lutte génétique consiste à sélectionner des cultivars résistants et à réaliser des multiplications et des hybridations combinées pour l'obtention de génotypes résistants (**Ito *et al.*, 2005 ; Louvet, 1979**). Des gènes de résistance contre *F. oxysporum* ont été identifiés chez beaucoup d'espèces végétales et ont été introduits par sélection dans des variétés cultivées. Ainsi, chez la tomate, le melon, le haricot, le pois chiche et *Arabidopsis thaliana* des gènes dominants de résistance ont été identifiés (**Diener *et al.*, 2005 ; Louvet, 1979**).

Même si on ne peut pas généraliser, il est intéressant de noter que les gènes impliqués dans la résistance semblent s'exprimer de façon coordonnée dans le temps et dans l'espace. Malheureusement, ces génotypes sont de qualité fruitière médiocre dans le cas du palmier dattier. L'apparition de souches résistantes du pathogène réduit l'efficacité de ces procédures de lutte et nécessite la recherche de nouveaux gènes de résistance (**Bouhot *et al.*, 1972**).

- **Lutte biologique**

Outre les formes de conservation du pathogène et son épidémiologie et pour des raisons écologiques, le recours aux techniques de lutte biologique contre *Fusarium oxysporum* f.sp *lycopersici*, s'impose de plus en plus (**Mujeebur *et Shahana*, 2002**). Elles consistent à utiliser des agents antagonistes naturels des pathogènes, limitant ainsi leur prolifération et/ou à développer les défenses des plantes et à augmenter la résistance du sol à la réceptivité des maladies (**Bloemberg *et Lugtenberg*, 2001 ; Smith, 1971**).

Différentes bactéries et champignons rhizosphériques sont considérés comme un moyen efficace dans l'inhibition du développement de cet agent pathogène (**Mujeebur *et Sahahana*, 2002**).

*Chapitre II*  
*Les huiles essentielles*  
*et les plantes étudiées*

## Chapitre II : Les huiles essentielles et les plantes étudiées

---

### I. Les huiles essentielles

#### I.1. Généralités sur les huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des mixtures de composés, volatils, naturels et caractérisés par une odeur forte. Elles sont synthétisées par les plantes aromatiques en tant que métabolites secondaires (**Bakkali et al., 2008**), isolés par hydro distillation ou par expression mécanique des végétaux entiers ou en partie ; feuilles, de graines, de bourgeons, de fleurs de brindilles, d'écorces, de bois, de racines, de tiges ou de fruits (**Burt, 2004 ; Kalembe, 2003**). Les huiles essentielles ne contiennent pas de corps gras comme les huiles végétales obtenues avec des presses (huile de tournesol, de maïs, d'amande douce, etc.). Elles sont liquides, rarement colorées et solubles dans les solvants organiques avec une densité généralement plus faible que celle de l'eau. Elles peuvent être connues par leurs effets antiseptique, bactéricide, virocide, antifongique et leur fragrance. Jusqu'à aujourd'hui, ces caractéristiques n'ont pas beaucoup changé sauf qu'elles sont maintenant davantage connues, en particulier au niveau antimicrobien (**Bauer et al., 2001**).

#### I.2. Définition

On trouve dans la littérature et sur internet plusieurs définitions d'une huile essentielle. Afin d'être le plus exact possible, voici quelques-unes : La norme AFNOR (2000) la définit comme : « une huile essentielle est un produit obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des Citrus, soit par distillation sèche ». Ce sont des liquides huileux aromatiques, volatils, caractérisés par une forte odeur, souvent colorés et généralement avec une densité inférieure à celle de l'eau. Ils peuvent être synthétisés par tout organe végétal (fleurs, bourgeons, graines, feuilles, brindilles, écorces herbes, bois, fruits et racines) et stockés dans des cellules sécrétoires, des cavités, des canaux, des cellules épidermiques ou des trichomes glandulaires (**Labiod, 2016**). De point de vue chimique, une huile essentielle est un mélange complexe de composés naturels de structures organiques variées. Contrairement à ce que le terme pourrait laisser penser, les huiles essentielles ne contiennent pas de corps gras comme les huiles végétales. Le terme "huile" vient de leur caractère hydrophobe et de leur propriété de se solubiliser dans les graisses, alors que le terme "essentielle" fait référence à l'odeur dégagée par la plante productrice (**Bruneton, 2009**).

### I.3. Localisation des huiles essentielles dans la plante

Les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs. Elles sont produites dans le cytoplasme des cellules sécrétrices et s'accumulent en générale dans des cellules glandulaires spécialisées. Ensuite, elles sont stockées dans des cellules dites cellules à huiles essentielles (Lauraceae), dans des poils sécréteurs (Lamiaceae), dans des poches sécrétrices (Myrtacée), dans des canaux sécréteurs (Astraceae) (Bruneton, 2009). Elles peuvent être stockées dans tous les organes végétaux. Au niveau des fleurs (bergamotier, tubéreuse), des feuilles (eucalyptus, laurier noble, menthe poivrée), des écorces (cannelier), des bois (bois de rose, santal blanc), des racines (angélique), des rhizomes (curcuma, gingembre), des fruits (aneth, anis, badiane), et des graines (muscade, coriandre). Si tous les organes d'une même espèce peuvent renfermer de l'huile essentielle, la composition de cette dernière peut varier selon sa localisation (Bruneton, 2009 ; Figueredo, 2012).



**Figure 08** : Poils épidermiques sur le calice d'une fleur (Gasper et Jeeke, 2004).



**Figure 09** : Glande productrice huile essentielle d'une fleur (Porter, 2001).

### I.4. Propriétés physico-chimiques des HEs :

- **Propriétés physico-climiques :**

Ce sont des liquides à la température ordinaire. Volatiles, odorant, généralement incolores ou jaune pâle. Leur densité est le plus souvent inférieure à 1. Leur indice de réfraction souvent élevé avec un pouvoir rotatoire. Elles sont peu solubles dans l'eau, solubles dans l'alcool et solvant organique. (Paris et Hurabielle, 1980).

### I.5. Composition chimique

Les huiles essentielles sont des mélanges variables et complexes de différents composés Chimiques, dissous l'un dans l'autre, formant des solutions homogènes (Bruneton, 1993). Les principaux constituants des huiles essentielles appartiennent de manière quasi exclusive, à trois catégories de composés caractérisés par des origines biogénétiques distinctes : composés terpéniques, aromatiques et variés (Bruneton, 2009).

- **Composés terpéniques**

Les terpènes sont des hydrocarbures naturels, de structure cyclique ou de chaîne ouverte leur formule brute est  $(C_5H_X)_n$  dont le X est variable en fonction du degré d'insaturation de la molécule et n prends des valeurs (1-8) sauf dans les polyterpènes. Du strict point de vue chimique, les terpènes apparaissent comme des polymères d'un carbure d'hydrogène diéthylénique, l'isoprène  $(C_5H_8)$  (Nazzaro et al., 2017). Ils sont subdivisés selon le nombre d'entités isoprènes en monoterpènes formés de deux isoprènes  $(C_{10}H_{16})$ , les sesquiterpènes, formés de trois isoprènes  $(C_{15}H_{24})$ , les diterpènes, formés de quatre isoprènes  $(C_{20}H_{32})$ . Les tetraterpènes sont constitués de huit isoprènes qui conduisent aux caroténoïdes. Les polyterpènes ont pour formule générale :  $(C_5H_8)_n$  où n peut être de 9 à 30. Les térpénoides sont des terpènes avec une ou plusieurs fonctions chimiques (alcool, aldéhydes, cétone, acide) (Bakkali et al., 2008).

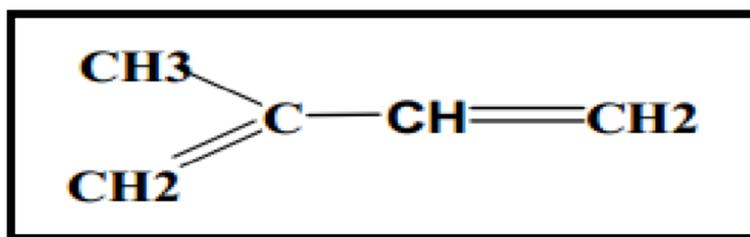


Figure 7 : Formule chimique de l'isoprène (Bessedik, 2015).

Les composés aromatiques dérivent du phénylpropane  $(C_6C_3)$ . Ils sont moins fréquents que les terpènes. Cette classe comprend des composés odorants comme la vanilline, l'eugénol, l'anéthol, l'estragol, Ils sont fréquemment rencontrés dans les HEs d'Apiaceae (anis, fenouil, persil, etc) et sont caractéristiques de celles de la vanille, de l'estragon, du basilic, du clou de girofle, etc. (Bruneton, 2009).

- **Composés d'origines diverses**

## Chapitre II : Les huiles essentielles et les plantes étudiées

---

Ce sont des produits résultant de la transformation de molécules non volatiles entraînaibles par la vapeur d'eau. Il s'agit de composés issus de la dégradation d'acides gras, de terpènes. D'autres composés azotés ou soufrés peuvent subsister mais sont rares (**Bruneton, 2009**). Compte tenu de leur mode d'extraction, les huiles essentielles peuvent renfermer divers composés aliphatiques, généralement de faible masse moléculaire, entraînaibles lors de l'hydro distillation. Ces produits peuvent être azotés ou soufrés.

- ✓ Alcools : menthol, géraniol, linalol ...
- ✓ Aldéhydes : géraniol, citronellal.
- ✓ Cétones : camphre, pipéritone.
- ✓ Phénols : thymol, carvacrol.
- ✓ Esters : acétate de géranyle.
- ✓ Ethers : R1-O-R2 (**Inouye et Abe, 2004**).

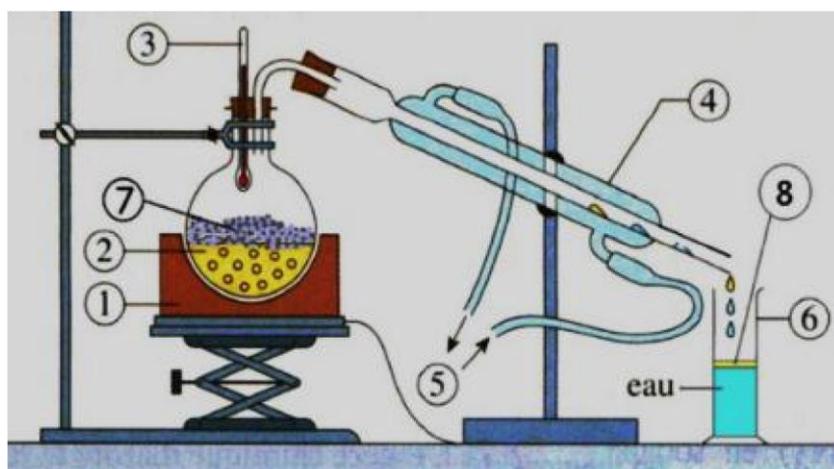
### I.6. Les principes methodes des huiles essentielles

#### I.6.1. Distillation

Le principe de la distillation repose sur la propriété qu'ont les huiles essentielles d'être volatiles sous l'effet de la chaleur, l'huile est alors entraînée par la vapeur d'eau. Après condensation, l'huile essentielle se sépare du distillat par décantation. Il existe de type de distillation (**Bruneton, 1999**).

#### I.6.2. L'hydrodistillation

L'hydrodistillation simple consiste à immerger directement le matériel végétal à traiter dans un alambic rempli d'eau qui est ensuite portée à ébullition. Les vapeurs hétérogènes sont condensées sur une surface froide et l'huile essentielle se sépare par différence de densité (**Bruneton, 1993**).

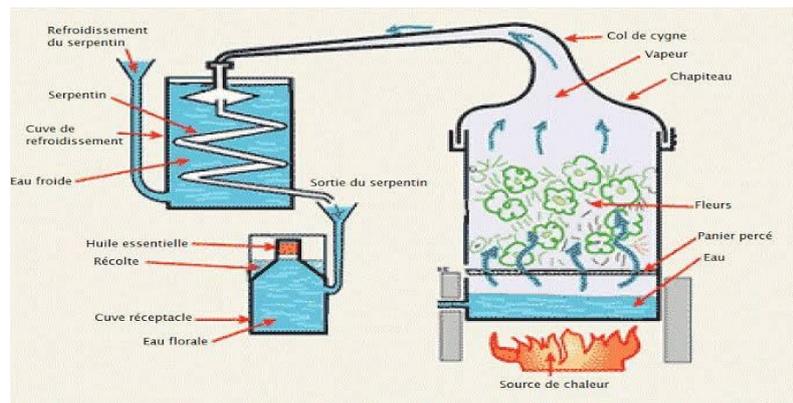


**Figure 8 :** *Etapes de formation de la graine du Cupressus sempervirens (Lucchesi, 2005).*

1-chaufe ballon, 2-ballon, 3-thermomètre, 4-réfrigérant, 5-entrée et sortie d'eau,  
6-erlenmeyer, 7-la matière végétale, 8-la couche d'HE

### I.6.3. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau

Le matériel végétal est soumis à l'action d'un courant de vapeur. Les vapeurs saturées en composée volatils sont condensées puis décantées avant d'être séparées en une phase aqueuse et une phase organique (H.E.). L'absence de contact direct entre l'eau et la matière végétal, puis entre l'eau et les molécules aromatiques, évite certains phénomènes de dégradation comme les hydrolyses (Bruneton, 1999).



**Figure 9 :** Montage d'extraction des HE par entraînement à la vapeur d'eau (Bouaine, 2017).

### I.6.4. Expression à froid

Les huiles essentielles de fruits d'hespéridés ou encore d'agrumes ont une très grande importance dans l'industrie des parfums et des cosmétiques. Cependant ce sont des produits fragiles en raison de leur composition en terpènes et aldéhydes. C'est pourquoi,

spécifiquement pour cette catégorie de matière première, est utilisé un procédé totalement différent d'une distillation classique, qui est l'expression à froid. Le principe de cette technique est basé sur la rupture ou la dilacération des parois des sacs oléifères contenues dans l'écorce des fruits et sur la pression du contenu de ces sacs sur les **parois (Martini et Seiller, 1999)**.

### I.7. Activités biologiques des huiles essentielles

#### I.7.1. En phytothérapie

Les huiles essentielles sont connues pour être douées de propriétés antiseptiques et antimicrobiennes. Beaucoup d'entre elles, ont des propriétés antitoxiques, antivenimeuses, antivirales, anti-oxydantes, et antiparasitaires. Plus récemment, on leur reconnaît également des propriétés anticancéreuses (**Valnet, 2005**).

Elles sont utilisées pour leurs propriétés antiseptiques contre les maladies infectieuses d'origine bactérienne, par exemple contre les bactéries endocanalaies (**Pellecuer et al., 1980**) ou au niveau de la microflore vaginale (**Viollon et Choumont, 1994**) et d'origine fongique contre les dermatophytes (**Choumont et Leger, 1989**). Cependant, elles possèdent également, des propriétés cytotoxiques (**Sivropoulou et al., 1995**) qui les rapprochent donc des antiseptiques et désinfectants en tant qu'agents antimicrobiens à large spectre.

#### I.7.2. En phytopharmacie

##### - **Activité acaricide**

Contre *Varroa jacobsoni*, parasite des colonies d'abeilles, plusieurs travaux ont été menés sur l'effet toxique de certaines essences et de leurs composant (**Calderone et al., 1997**). Chapitre 1 Synthèse Bibliographique 9 Parmi ces derniers, c'est le thymol qui a engendré le meilleur résultat, en addition, il a été démontré que le traitement répétitif en dehors de la période de miellée n'augmente pas les résidus dans le miel et reste sous le seuil de détection gustative qui se situe entre 1,1 et 1,6 mg/kg. Il a été prouvé jusqu'à présent qu'un seul traitement à base d'huile essentielle ou d'un composé est généralement suffisant pour maintenir la population de l'acarien *Varroa* au-dessous du seuil de dégât économique pendant toute la saison (**Imdorf et al., 1999**).

##### - **Activité antifongique**

## Chapitre II : Les huiles essentielles et les plantes étudiées

---

Les huiles essentielles les plus étudiées dans la littérature pour leurs propriétés antifongiques appartiennent à la famille des Labiatae : thym, origan, lavande, menthe, romarin, sauge, etc... Etant donnée la grande complexité de la composition chémotypique des huiles essentielles, malgré de possibles synergies certains auteurs préfèrent étudier l'effet d'un composé isolé pour pouvoir ensuite le comparer à l'activité globale de l'huile. Ainsi l'activité fongistatique des composés aromatiques semble être liée à la présence de certaines fonctions chimiques (**Voukouet al., 1988**). Ils concluent que les phénols (eugénol, chavicol 4-allyl-2-6-diméthoxyphénol) sont plus antifongiques et que les aldéhydes testés (cinnamique et hydrocinnamique). Ils présentent également des propriétés fongistatiques très marquées. Les groupements méthoxy, à l'inverse, ne semblent pas apporter à ce type de molécules une fongitoxicité significative (**Utree et al.,2002**).

Contre les champignons, les alcools et les lactones ses qui terpéniques sont d'excellents inhibiteurs, ils peuvent émaner de la cannelle, clou de girofle, eucalyptus citronné, géranium, rosat, niaouli, plamarosa, ravensare, tagète, romarin-cinéole et calophyllum (**Wilson et al.,2007**) dévoilèrent l'efficacité de 49 huiles essentielles sur *Botrytis cinerea*.

### - **Activité antibactérienne**

Du fait de la variabilité des quantités et des profils des composants des HE, il est probable que leur activité antimicrobienne ne soit pas attribuable à un mécanisme unique, mais à plusieurs sites d'action au niveau cellulaire (**Carson et al., 2002**). De façon générale, il a été observé une diversité d'actions toxiques des HE sur les bactéries comme la perturbation de la membrane cytoplasmique, la perturbation de la force Chapitre 1 Synthèse Bibliographique 10 motrice de proton, fuite d'électron et la coagulation du contenu protéique des cellules (**Davidson, 1997**).

Néanmoins, certains composés phénoliques de bas poids moléculaire comme le thymol et le carvacrol peuvent adhérer à ces bactéries par fixation aux protéines et aux lipopolysaccharides pariétales grâce à leurs groupes fonctionnels et atteindre ainsi la membrane intérieure plus vulnérable (**Dorman et Deans, 2000. Defoe et al., (2003)** avaient étudié la composition chimique de l'huile essentielle *Thymus spinulosus* et réalisé des tests biologiques sur son

## Chapitre II : Les huiles essentielles et les plantes étudiées

---

activité antibactérienne contre des souches de bactérie, les résultats ont montré que les monoterpènes (thymol) a une propriété inhibitrice de croissance.

### II. Présentation de la plante « *Eucalyptus globulus* »

#### II.1. Origine et définition

L'Eucalyptus est originaire de l'Australie, son introduction en Algérie date de 1863 (La plantation massive de ces arbres ne se fera qu'à partir de 1950 (Foudil Cherif, 1991). Grâce à leur facilité d'adaptation, les espèces *E. globulus*, *E. camaldulensis*, *E. gomphocephala*, sont les plus répandues dans la région méditerranéenne). Près de 600 espèces sont connues dans le monde (Foudil-Cherif, 1991). Certains eucalyptus s'hybrident facilement entre elles étant donné la facilité avec laquelle les graines de pollen se transfèrent d'une espèce à une autre, ce qui complique encore plus leur identification (Foudil-Cherif, 1991).



Figure 10 : Aspect de *Eucalyptus globulus* (Origine ,2022)

#### II.2. Classification botanique

La classification botanique de l'eucalyptus, est comme suit (Guignard.1997) :

**Règne** : plantae

**Embranchement** : Phanerogames

## Chapitre II : Les huiles essentielles et les plantes étudiées

---

<b>Sous-embranchement</b>	:	Angiospermes
<b>Classe</b>	:	Dicotyledones
<b>Sous –classe</b>	:	Dailypetales
<b>Ordre</b>	:	Myrtales
<b>Famille</b>	:	Myrtacees
<b>Genre</b>	:	Eucalyptus
<b>Espèce</b>	:	<i>Eucalyptus globulus</i>

### II.3. Description botanique

L'Eucalyptus est un très grand arbre ornemental, hétérophylle, imposant, à croissance rapide de 30 à 60 m de hauteur, a tronc droit, lisse, grisâtre, parfois, brun jaunâtre cendre de 10,80 m de diamètre, recouvert d'une écorce fine ou épiderme bleuâtre qui s'exfolie (se détache) en longs lambeaux. Il possède des anfractuosités ou la gomme dite (kino) peut être recueillie dont la couleur varie du rouge sang ou rouge sombre (**Bartels.1998**).

Ce tronc porte des rameaux dressés qui sont des rejets. Les branches basses sont des tiges quadrangulaires ailées : ruineuses à leur surface (recouverte d'un enduit d'aspect cireux) qui supportent des feuilles. Les feuilles sont jeunes sessiles, ovales, disposées horizontalement de forme ronde, de couleur bleuâtre puis vert blanchâtre et mesurent de 10 à 15 cm de long sur 4 à 8 cm de large avec un limbe entier cassant après séchage. Les rameaux plus âgés ont des feuilles adultes alternes, pétiolées, étroites, allongées, pointues, aux, deux faces semblables persistantes et polymorphes, couvertes de glandes à huiles. Ses feuilles sont portées par des tiges cylindriques : leurs surfaces sont dépourvues de pruine, sont longues, falciformes et lancéolées mesurent de 16 à 25 cm de long sur 2 à 5 cm de large, de couleur vert glauque (vert bleuté) (**Ait youssef, 2006**).

Les fleurs visibles au printemps, sont des ombelles de 4cm diamètre, blanche, souvent solitaire, formées de 3 ou 7 ombellules ou naissent à l'aisselle des feuilles (**Boullard, 2001**).

Les boutons floraux sont spéciaux au printemps, possèdent un calice en forme de pyramide (une toupie bosselée) quadrangulaire, coiffée par un couvercle (opercule) forme par la corolle

## Chapitre II : Les huiles essentielles et les plantes étudiées

---

qui se soulève à la floraison, laissant apparaître les nombreuses étamines et qui se détache à maturité (Marburg, 1999).

Le fruit a une forme conique et arrondis, qui est capsule anguleuse de calice de la 205 cm de large, il renferme deux type de graines qui sont couverte par des pruines (Moyse, 1971).

Son odeur est fortement aromatique et balsamique voire camphre, surtout lorsque la drogue est froissée. Sa saveur est légèrement amère, astringente, aromatique, d'abord chaude puis donnant une sensation de fraîcheur (Bruneton, 1993).

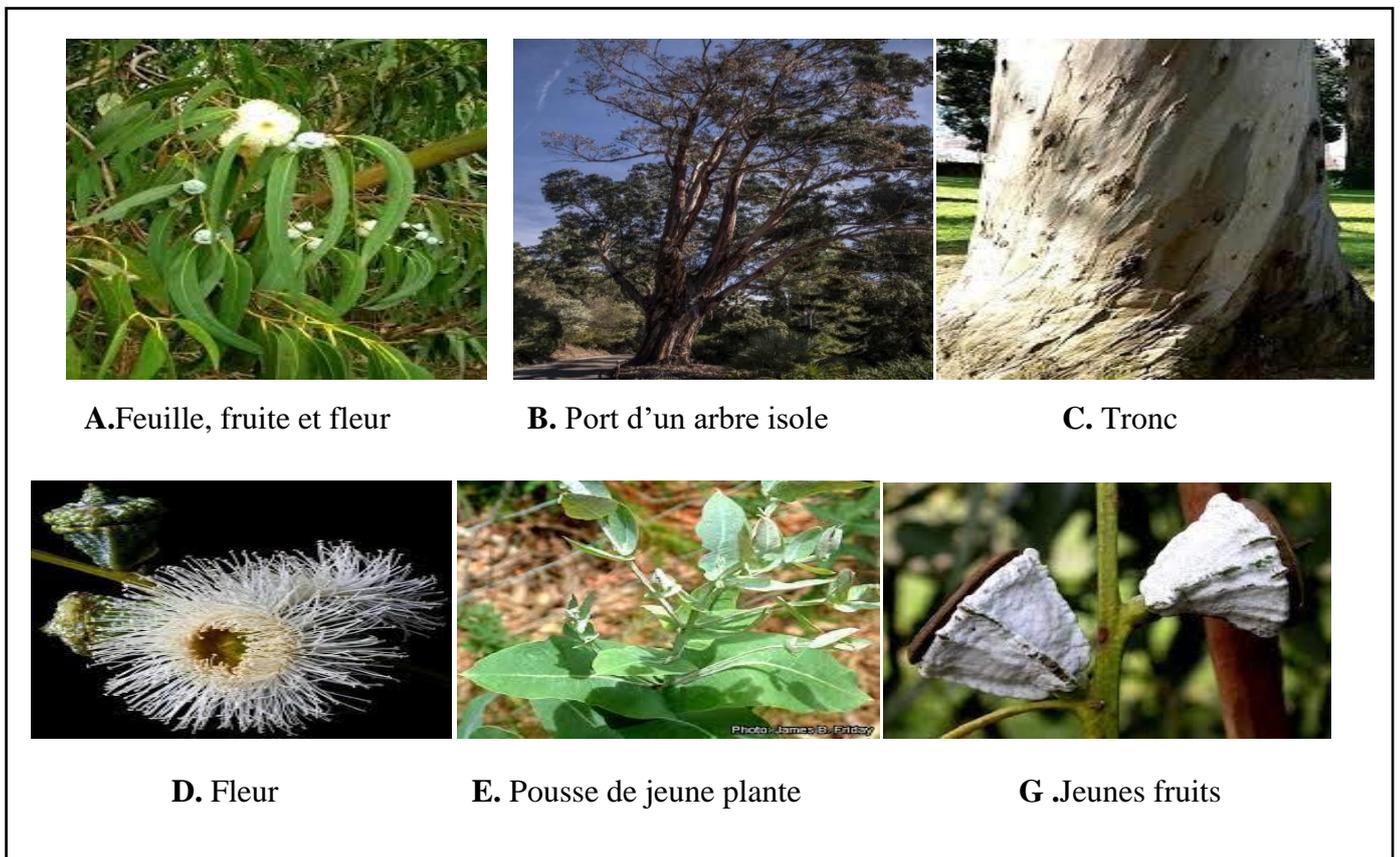


Figure 11 : Morphologie d'*Eucalyptus globulus vaughan* (2008).

### II.4. La répartition géographique d'*Eucalyptus globulus en Algérie*

Les eucalyptus occupaient une surface de 5 855 hectares dont plus de la moitié dans la région Oranaise (Boudy, 1955). Des plantations ont été mené le longent le littoral. On retrouve cette

## Chapitre II : Les huiles essentielles et les plantes étudiées

espèce à El-Kala, Azzefoun et dans la région de la Mitidja et celle de Hadjout (**Foudil- Cherif 1991**), la répartition géographique de *Eucalyptus globulus* en Algérie est représentée brièvement dans le Tableau 04.

**Tableau 03** : Distribution géographique d'*Eucalyptus globulus* en Algérie (**Foudil-Cherif, 1991**).

Wilaya	Blida	Boumerdes	Skikda	S.Belabas	Setif	El Taref
Superficie	41Ares	70Ares	2250 HA	342 HA	10 Ares	1000 HA

### II.5. Composition de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*

**Tableau 04** : Les différents composants d'HE d'*Eucalyptus globulus* (**Daroui, 2012**).

Composants	%
$\alpha$ -Pinène	9,7
1,8-cinéole	48,6
Isoamyisovalerate	1,1
<i>trans</i> -Pinocarveol	10,7
Pinocarvone	1,0
4-Terpineol	0,3
$\alpha$ -Terpineol	6,6
<i>trans</i> -Carveol	0,8
Carvacrol	0,1
$\alpha$ -Terpinyl acetate	0,3
Geranyl acétate	0,1
Aromadendrène	4,6
Ledene	0,6
Viridiflorol	0,4
Globulol	10,9
$\alpha$ -Eudesmol	0,8

L'espèce *Eucalyptus globulus* d'une région algérienne a été l'objet d'une analyse de son HE d'où 20 composés ont été identifiés, représentant 98,3% de l'HE. Cette huile est

## Chapitre II : Les huiles essentielles et les plantes étudiées

---

majoritairement composée de 1,8-cinéole (48,6%),  $\alpha$ -pinène (9,7%) globulol (10,9%), trans-pinocarveol (10,7%) et  $\alpha$ -terpineol (6,6%), l'aspect de l'huile est de couleur jaune à jaune pâle, liquide et dégage une forte odeur de 1,8-cinéole (Daroui, 2012)

### II.6. Activités de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*

#### - Activité insecticide

La présence de 1,8-cinéole dans l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* va lui conférer des propriétés répulsives et insecticides. On pourra l'utiliser par exemple en diffusion pour éloigner les moustiques en été (Batish et al., 2008).

Une étude montre également que l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* est une bonne alternative naturelle contre les mouches domestiques. Kumar et al (2012) ont mis des larves et des pupes de mouche domestique en présence d'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*. Les larves et les pupes ont été introduites dans des boîtes de Pétri en présence d'acétone et d'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* à différentes concentrations. On étudie la mortalité des larves en calculant le  $LT_{50}$  qui est le temps au bout duquel 50% des larves sont mortes et on étudie la mortalité des pupes en calculant le pourcentage d'inhibition. Le tableau suivant indique les résultats obtenus :

**Tableau 05** : Effet de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* sur les larves et les pupes de mouche domestique dans un essai de toxicité de contact (Kumar et al., 2012).

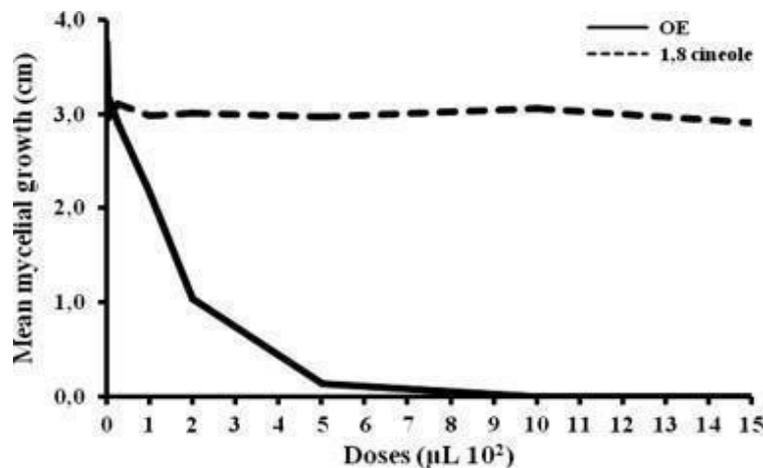
Concentration HE % ( $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ )	$LT_{50}$ (larve)	Pourcentage d'inhibition%(pulpe)
0,16	6,00	36,30
0,25	5,60	54,50
0,50	4,60	63,60
1,01	2,70	77,30
2,01	1,70	90,90

On peut ainsi s'apercevoir que plus l'huile essentielle est concentrée plus la mortalité des larves et des pupes augmentent. En présence de 2,01  $\mu\text{l}/\text{cm}^2$  d'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*, on observe un pourcentage d'inhibition des pupes de plus de 90% ce qui est très significatif (Kosiol,2015).

#### - Activité antifongique

## Chapitre II : Les huiles essentielles et les plantes étudiées

En plus de ses propriétés antibactériennes et antivirales, l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* présente des propriétés antifongiques. **Vilela et al., (2009)** ont démontrés une activité antifongique de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* sur deux espèces d'aspergillus : *Aspergillus flavus* et *Aspergillus parasiticus*. Ils ont mis des mycéliums des deux espèces en présence d'une solution A contenant de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* et d'une solution B contenant uniquement du 1,8-cinéole. Les résultats sont les suivants :



**Figure 12** : Courbe dose-réponse de l'évolution des deux espèces d'Aspergillus après traitement avec de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* et avec du 1,8-cinéole (**Vilela et al., 2009**)

L'expérience démontre que l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* a un effet plus que significatif sur l'inhibition de la croissance des mycéliums des deux espèces d'aspergillus. En revanche, le 1,8-cinéole seul n'a pas d'effet sur les mycéliums. On peut donc conclure que le 1,8-cinéole n'est pas le seul responsable de l'effet antifongique de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* mais qu'il s'agit d'une synergie de molécules qui donnent cette action (**Kosiol. 2015**).

### III. Présentation de la plante « *Cupressus sempervirens* »

#### III.1. Historique

Le Cyprès vert, est une espèce très ancienne (ère tertiaire-5,3 millions d'années). Il possède une longévité exceptionnelle, certains cyprès contemporains, ont été estimés âgés de 2000 ans (Fournier, 2010). Dans l'antiquité, les Grecs ont soigné la dysenterie, les crachats, l'asthme et

## Chapitre II : Les huiles essentielles et les plantes étudiées

---

la toux en administrant les cônes de cyprès concassés et marinés dans du vin (**Iserin, 2001**). Les Assyriens et les Romains, ont utilisé les fruits, en cônes, appelés noix ou galbules de cyprès, dont les principes actifs sont d'excellent vaso-constricteurs (**Bianchini et Corbetta, 1975**).



**Figure N°13** : Photo de l'arbre de *Cupressus sempervirens* (**Origine ,2022**).

### III.2. Classification

Le *Cupressus Sempervirens* L. est classé comme suit :(**Nichane, 2015 ; Al-Snafi, 2016 ; Hireche et Ferhat, 2019**).

<b>Règne</b>	:	Plantae
<b>Embranchement</b>	:	Spermaphytes
<b>Sous-embranchement</b>	:	Gymnospermes
<b>Classe</b>	:	Pinopsida
<b>Ordre</b>	:	Pinales
<b>Famille</b>	:	Cuprécées
<b>Genre</b>	:	<i>Cupressus</i>
<b>Espèce</b>	:	<i>Cupressus sempervirens</i> L.

### III.3. Description botanique 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 à 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 Cyprès 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 (Asgary et al., 2012).

- Les feuilles

*Cupressus sempervirens* est un arbre 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).

- **L'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).

- **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 cylindriques de 3 à 5 mm de long, de couleur jaune à brun claire à maturité, disposés sous forme de chatons ovoïdes, terminaux et déhiscent 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).

- **Le fruit**

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). 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). Les cônes contenant de nombreuses graines ailées de petites tailles mesurant de 4 à 7 mm de long (Hireche et Ferhat, 2019), les

## Chapitre II : Les huiles essentielles et les plantes étudiées

---

graines sont en nombre de 8-20 pour chaque écaille, brunes se libérant en automne-hiver (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 grains 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).

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 en passant par les étapes suivantes :



**Figure 14 :** Etapes de formation de la graine du *Cupressus sempervirens* (Hireche et Ferhat, 2019)

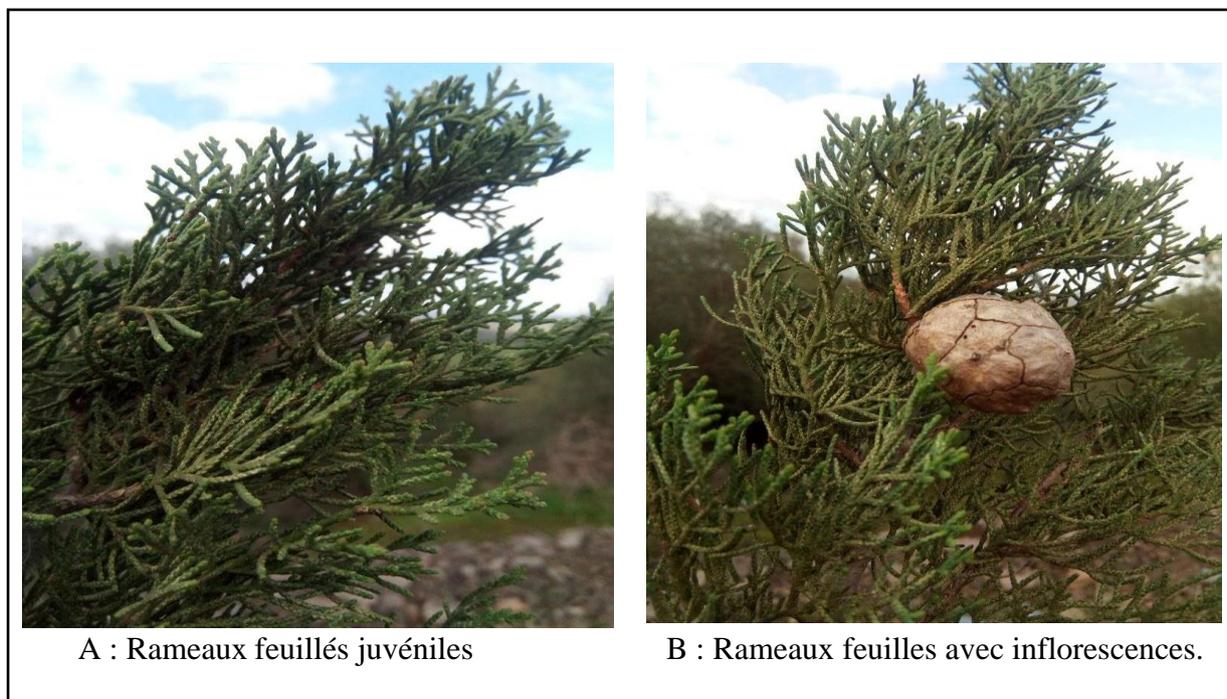
1- 2- 3 : Phase initiale avec exposition des ovules.

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.

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).



**Figure 15 :** Photo des feuilles et de l'inflorescence de *Cupressus sempervirens* (Origine ,2022).

### III.4. La répartition géographique

Les cupressacées représentent la famille la plus cosmopolite avec dix genres dans chaque hémisphère, mais la plupart des espèces se trouvent dans l'hémisphère nord (Enright et al. (1996). Par ailleurs, la distribution de cette famille est sous l'influence de facteurs divers : climat, sol, perturbations (catastrophes naturelles, exploitation humaine) (Banks, 2004).



Figure 16 : Répartition des cyprès euro-asiatiques (Pontoppidan, 2000).

### III.5. Les composés chimiques

La composition des différents organes, du cyprès vert *Cupressus sempervirens* est connue. Elle est caractérisée par la présence de bi-flavonoïdes dans ses rameaux : biflavones 8-8 (type cupressus flavone) et 8-3 (type amentoflavone). Les rameaux fournissent également une petite quantité d'huile essentielle. Les cônes renferment, des acides diterpéniques et des dérivés flavaniques (**Rombi et Robert, 2007**).

### III.6. Activité biologique de *Cupressus sempervirens*

- **Activité antibactérienne**

L'activité antibactérienne des extraits de méthanol, éthanol et acétate d'éthyle des parties aériennes de *Cupressus sempervirens* a été étudiée contre *S.aureus* (ATCC6538), *B.subtilis* (ATCC6633), *P. aeruginosa* (ATCC6643), *E. coli* (ATCC15224), *K. pneumonia* (MTCC618) et *S. typhimurium* (ATCC13048). Les extraits ont été utilisés en 8 concentrations (1, 2, 3, 5, 7,5, 10, 12,5 et 15 mg / ml). Tous les extraits de *Cupressus sempervirens* ont induit une inhibition de la croissance bactérienne dose-dépendante contre toutes les bactéries testées (**Boukhis et al., 2012**).

L'activités antibactérienne de *Cupressus sempervirens* a montré une forte activité contre les bactéries Gram positives (zone d'inhibition 9-14 mm pour l'extrait aqueux et 9-12 mm pour l'extrait chloroforme), une faible activité contre les bactéries Gram négatives (zone d'inhibition 1- 6 mm pour l'extrait aqueux et 1-5 mm pour l'extrait chloroformique) (**Emami et al., 2005**).

- **Activité antivirale**

Les extraits éthanoliques de *Cupressus sempervirens* ont été utilisés pour tester leur influence sur les virus de l'herpès (HSV-1). Des monocouches de cellules HeLa ont été infectées par des virus de l'herpès (HSV-1). Activité antivirale des extraits végétaux évaluée en utilisant la méthode Hématoxyline et Eosine et observée au microscope optique. Tous les tests ont été comparés à un contrôle positif, l'acyclovir. Les résultats ont montré que cette plante a une activité antivirale contre le virus HSV-1 (**Al-Othman et al., 2012**).

- **Activité insecticide**

Des extraits à l'éthanol, à l'acétone et à l'éther de pétrole de feuilles de *Cupressus sempervirens* égyptien ont été testés contre des larves de 3<sup>e</sup> stade du moustique *Culex pipiens*. Les résultats obtenus ont indiqué que les extraits d'éther de pétrole étaient plus efficaces que les extraits d'éthanol et d'acétone. La toxicité, basée sur les valeurs CL50, était la suivante :

Éthanol (CL50 263,6 ppm) > extrait d'acétone (CL50 104,3 ppm) > extraits d'éther de pétrole (CL50 37,8 ppm). Une réduction remarquable du pourcentage de pupaison et de l'émergence des adultes a été obtenue. De plus, tous les extraits ont exercé un effet toxique différé sur les pupes et les adultes après traitement des larves. De plus, divers degrés d'anomalies morphogéniques ont été observés au stade immature et adulte (**Moussa *et al.*,2011**).

*Etude*  
*Expérimentale*

# *Chapitre III*

## *Matériels et Méthodes*

### ✚ Matériels et Méthodes

Objectif ce travail, de mettre en évidence l'activité antifongique de deux huiles essentielles (du *Eucalyptus globulus* et *cypres semperivrens*) sur la croissance des *Fusarium oxysporum* in-vitro et in-vivo.

L'étude de cette expérimentation a duré 5 mois, depuis le mois de novembre 2021 jusqu'au mois février 2022, d'où a eu la réalisation de deux volets expérimentales dont la première partie 01 « *in vitro* » a eu lieu au niveau du laboratoire de l'institut National de la Protection des Végétaux (I.N.P.V) El Harrach Alger (**Fig.20**), et la seconde partie 02 « *in vivo* » à l'institut National Spécialisé de la Formation Professionnelle de (Hadjout.). Par ailleurs, la partie extraction des essences aromatiques du *Cupressus sempervirens* et de l'*Eucalyptus globulus* a été faite au niveau de Yazro – Enterprise de production des huiles essentielles située au niveau de la wilaya de Tipaza.

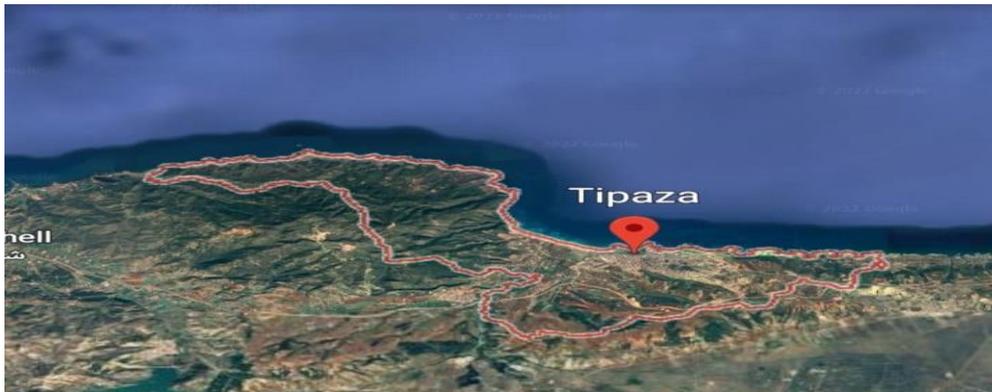


**Figure 17** : L'institut National de la Protection des Végétaux(I.N.P.V) El Harrach, Alger (Google Earth)

## I. Présentation de la zone d'étude

- **Localisation régionale de la wilaya de Tipaza**

La wilaya de Tipaza est située sur le littoral Nord Centre du pays. Elle se trouve à 22m d'altitude et s'étend sur une superficie de 1 707 km<sup>2</sup>. Elle est limitée par : La mer méditerranéenne au Nord, Wilaya de Blida au Sud-Est ; La Wilaya d'Aïn- Defla au Sud-Ouest La Wilaya de Chleff à l'Ouest ; La Wilaya d'Alger à l'Est. Le Chef-lieu de la wilaya est situé à 69 km à l'ouest de la capitale, Alger (ANIREF, 2020).



**Figure 21** : Localisation de région étude (wilaya de Tipaza) (Google Erthe).

## II. Synthèse climatique

### II.1. Diagramme Ombrothermique de Tipaza

Le diagramme ombrothermique de Gaussen considère que le mois est sec si les précipitations totales exprimées en mm sont égales ou inférieures au doublé de la température exprimée en degrés centigrades. De même le climat est sec quand la courbe des températures se trouve au-dessus de celle des précipitations néanmoins il est humide dans les cas contraire (Mutin.1977). Ce dernier de la région de Tipaza de l'année 2021. Indique que période sèche s'étale sur deux mois et demi (du mi du mois de juin à la fin de mois d'aout). Par contre la période humide dure huit et demi, elle s'étale de janvier au mi du mois de juin et du début de septembre jusqu'au fin de décembre (**Fig. 22**)

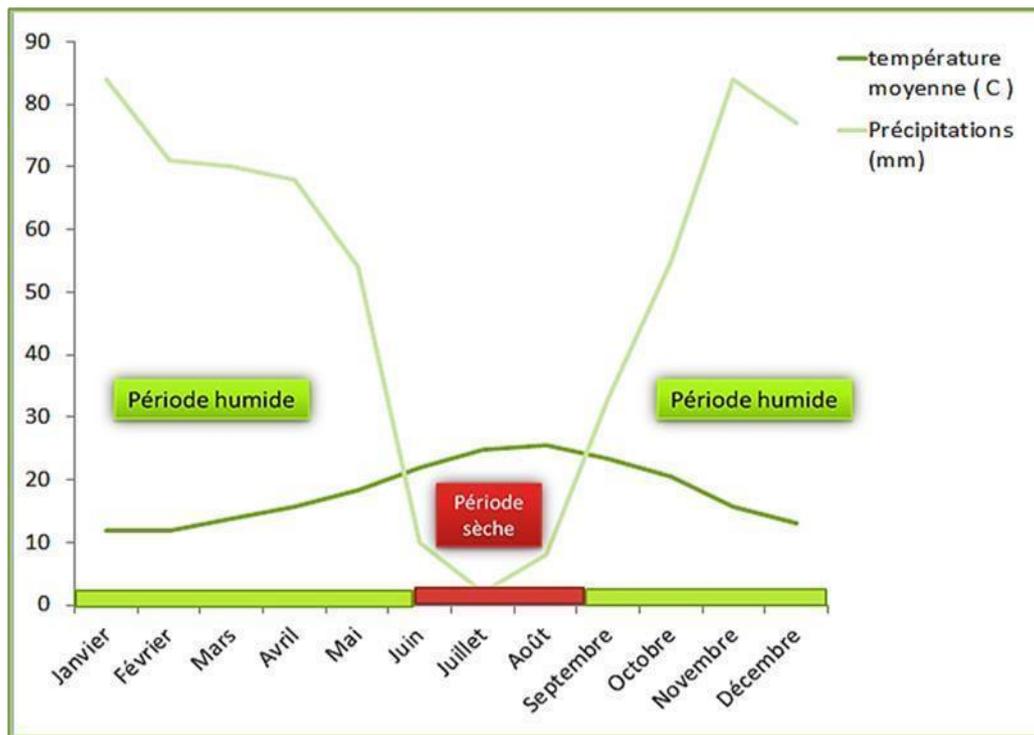


Figure 22 : Diagramme Omburo thermique de la région de Tipaza (Mutin.1977).

## II.2. Climagramme demberger

Le quotient pluviométrique d'émerger explique le rapport des précipitations à la température. Il permet de situer la position de la région d'étude dans l'étage bioclimatique qui lui correspond. Il est donné par la formule suivante Sanaa et Meriem (2020).

$$Q2 = 3.43 (P/M-m)$$

**Q** : est le quotient pluviométrique d'émerger.

**P** : est la somme des précipitations annuelles exprimées en mm

**M** : est la moyenne des températures maximale du mois le plus chaude en C°

- En portant les valeurs  $Q2=85.22$  et  $m=5.9$  sur le diagramme d'Emberger, nous constatons que la région de Blida est située dans l'étage bioclimatique subhumide, à hiver tempère (fig.23).
- En portant les valeurs  $Q2=106.71$  et  $m=8.9$  sur le diagramme d'Emberger, nous constatons que la région de Tipaza est située dans l'étage bioclimatique subhumide, à hiver chaud (fig. 23).

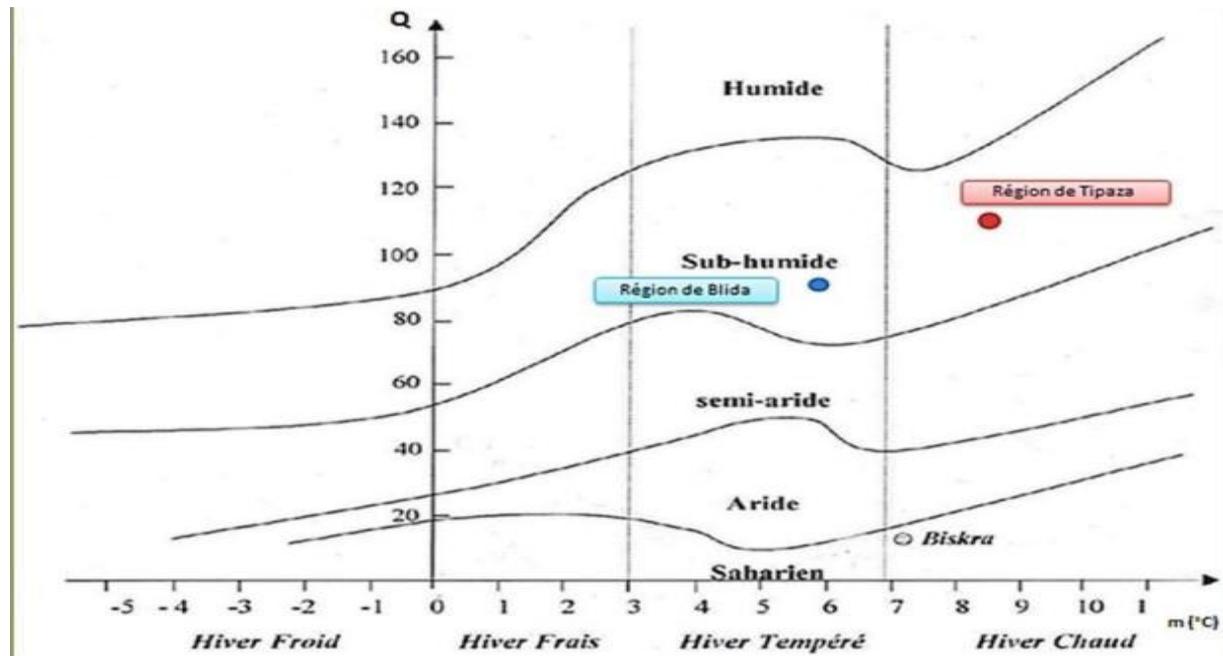


Figure 23 : Climagramme d'Emberger de la région de Tipaza Sanaa et Meriem (2020).

### III. Présentation de station études

#### • Situation géographique de commune Hadjout

La commune Hadjout est située dans la wilaya de Tipaza sur Mitidja la plus grande sub-littoral d'Algérie, la plaine s'étend sur une longueur d'environ 10 km, pour une largeur variant entre 5 et 20 km, sa superficie est d'environ 140 000 ha, Elle est isolée de la mer la rive du sahe. la Mitidja ouest comprend les communes de la chiffa, Mouzaia, Bou roumi, El Affroune, Ahemmer El Ain **Abdellah et youcef (2020)**.

- Au Nord, elle prend appui sur le vieux massif du chenoua, s'étend à l'Est d'Alger et disparaît à la limite de la cluse de Règhaia et Oued boudouaou.
- Au Nord-Ouest, se situent le montage chenoua (905) m, la chaîne de Boumaad et le montage Zaccar (800)m.
- Au Sud, elle est limitée par une véritable barrière montagneuse qui surplombe la plaine avec l'Atlas Blidien proprement dit (1604).



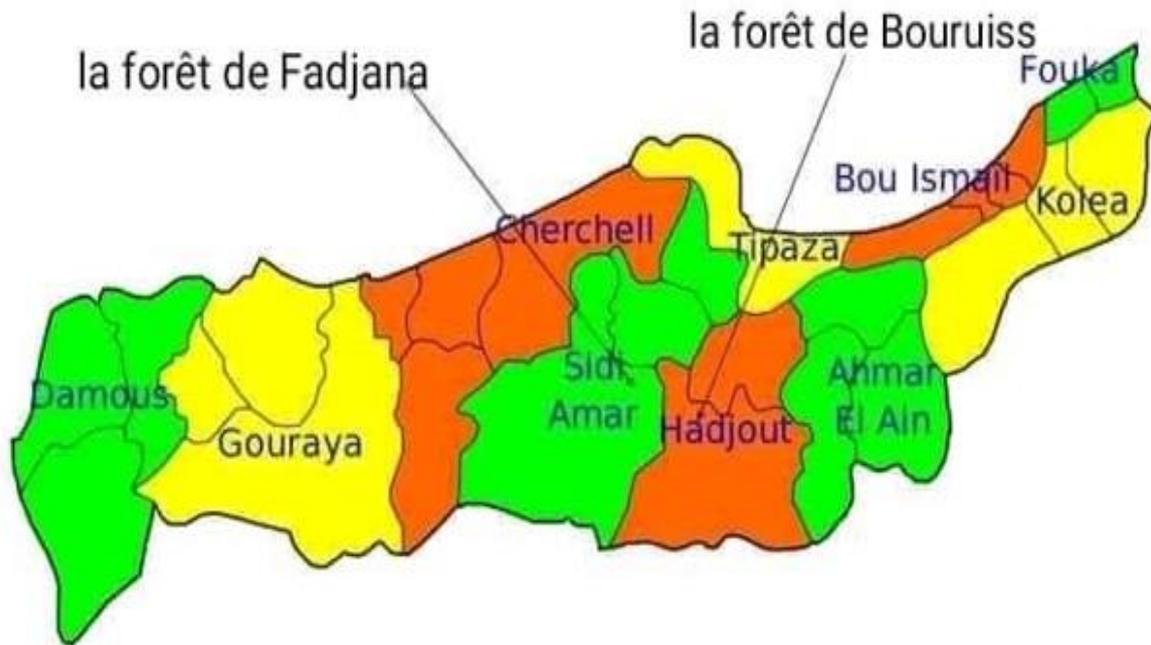
**Figure 24 :** Situation géographique de commune Hadjout (Google Earth.2022).

#### IV. Matériel

Notre étude a nécessité l'utilisation d'un matériel biologique composé d'un matériel fongique et d'un matériel végétal.

##### IV.1. Matériel végétal

Le matériel végétal est composé des feuilles de l'eucalyptus commun « *Eucalyptus globulus* » et du cyprès commun (toujours vert) « *Cupressus sempervirens* » (**Fig.25**) récoltés durant la campagne 2021-2022, dans différents sites à savoir : la forêt de Fadjana et bourouis dans la région de Tipaza à la commune Hadjout (**Tab.7**). Après la récolte le matériel végétal est étendu sur place en couche fine pour qu'il sèche à l'air libre, à l'ombre jusqu'à la stabilisation de son poids (environ 7jours).



**Figure 25 :** localisation des deux forêts a la commune Hadjout (Anonyme, 2022).



**Figure 26 :** Photo des arbres de *Eucalyptus globulus*. (Original)



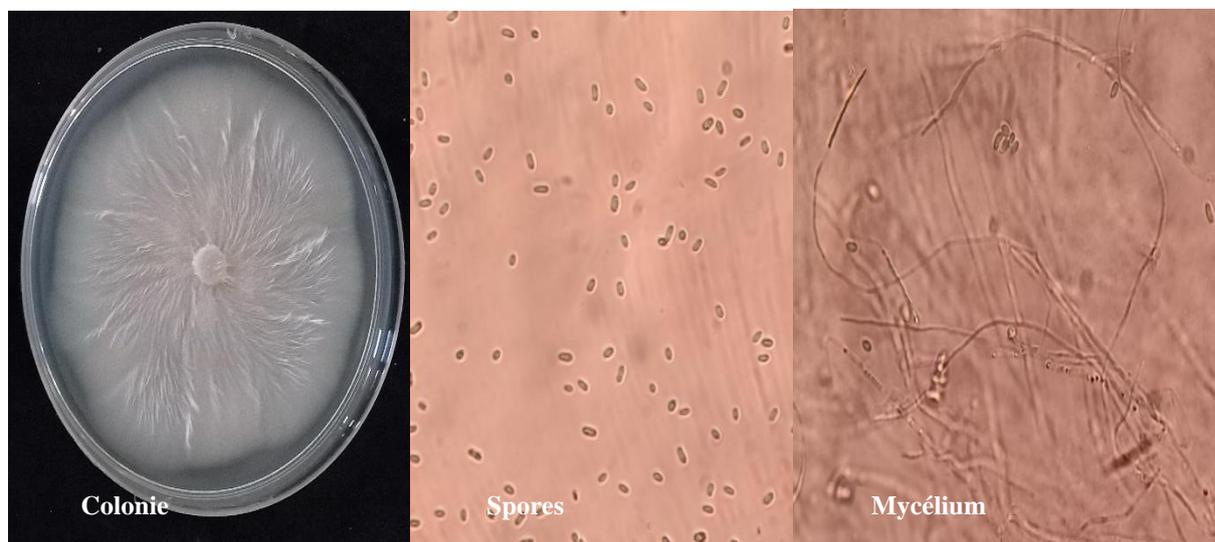
**Figure 27 :** Photo des arbres de *Cupressus sempervirens*. (Original)

Tableau 06 : Origine et dates de récolte des différents échantillons.

Nom commun	Nom scientifique	Famille botanique	Lieu de récolte	Date de cueillette
<b>Eucalyptus commun</b>	<i>Eucalyptus globulus</i>	Myrtaceae	Forêt de bourouis	12/12/2021
<b>Cyprès toujours vert</b>	<i>Cupressus sempervirens</i>	Cupressacées	Forêt de fadjana	12/12/2021

#### IV.2. Matériel fongique

Le matériel fongique est représenté par une souche purifiée de *Fusarium oxysporum* isolé à partir de la tomate (**Fig.28**), provenant de la collection de la mycothèque du laboratoire national de mycologie de l'Institut National de la Protection des Végétaux (I.N.P.V) El Harrach Alger. Ce champignon a été choisi pour les dégâts considérables qu'ils causent aux cultures de la tomate



**Figure 28** : Matériel végétal utilisé dans notre étude (INPV, 2022)

## V. Méthodes

### V.1. Extraction des huiles essentielles

Après avoir récolté et séché la matière végétale (**Fig.29**). L'huile essentielle est extraite par la méthode d'entraînement à la vapeur sur un ballon Contenant de l'eau mise en chauffage, on monte un alambic dans lequel on place la biomasse pesée sèche. La vapeur d'eau traverse le matériel végétale en entrainement les produits volatils vers la colonne de condensation. La vapeur condensée est le mélange d'eau et de l'huile essentielle. Celle-ci est recueillie dans une burette contenant de l'eau distillée. L'huile est séparée de l'eau distillée (hydrolat) par décantation. La **Fig.30** illustre le dispositif d'extraction. **Sanaa et Souhila (2021)**.



**Figure 29 : (A) Récolte et (B) séchage de la matière végétale.(Original)**



**Figure 30 :** La dispositif d'entrainement à la vapeur (Original ,2022).



**Figure 31 :** Etapes de décantation hydrolat avec huile (Original, 2022)

### V.1.1. Calcul du rendement des huiles essentielles

Le rendement en huile essentielle a été calculé par rapport à 100g de matière végétale sèche, Suivant la formule rapportée par Ben Abdelkader (2012) :

$$\text{RHE (\%)} = M / M^{\circ} \times 100$$

Où : **RHE** : rendement en huile essentielle (en%)

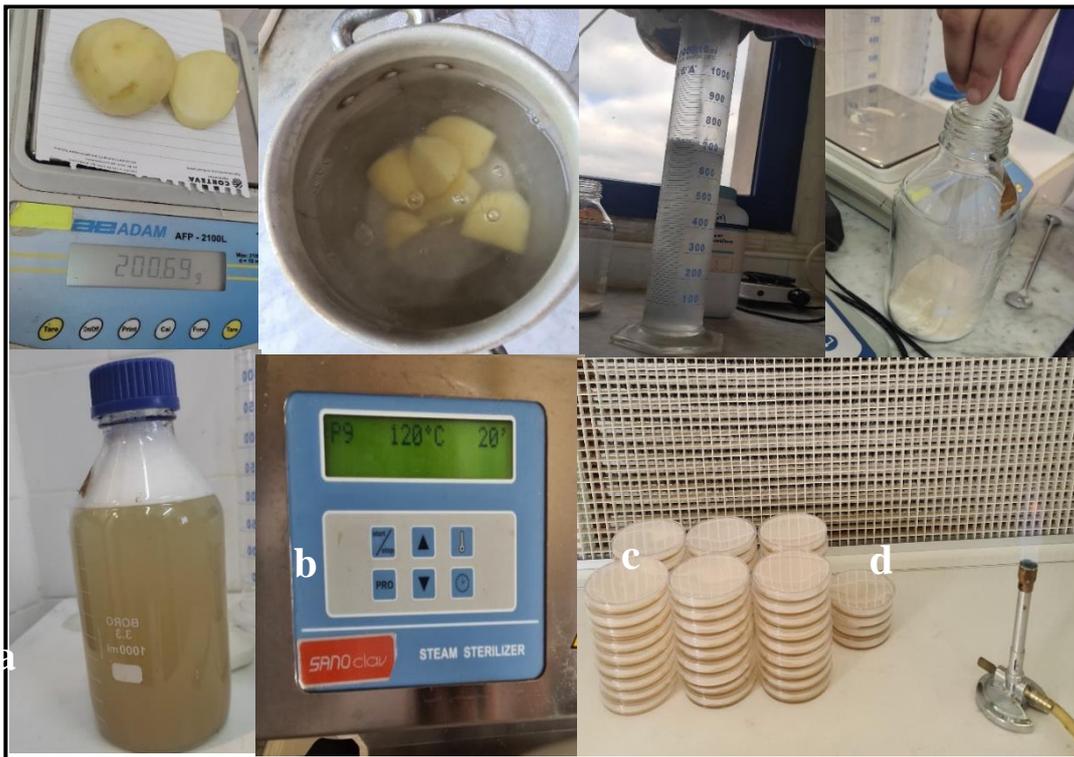
**M** : masse de l'huile essentielle (en gramme)

**M°** : masse de la matière végétale sèche (en gramme).

## V.2. Préparation du milieu de culture

Le milieu qui nous avons utilisé pour toutes nos manipulations est le milieu PDA. C'est un milieu organique simple favorable pour la croissance des champignons phytopathogènes. Il contient du jus de pomme de terre, du sucre et de l'agar voir (**Annexe.1**). Pour 1000 ml de milieu de culture PDA il faut :( **L'INPV, 2022**).

- a- Eplucher la pomme de terre, peser 200g.
- b- Mettre les 200g de pomme de terre découpé en petits morceaux avec de l'eau distillée dans une casserole et faire bouillir à 100° C pendant 20 à 25 minutes.
- c- Ensuite recueillir l'eau de la pomme de terre,
- d- Mettre le filtrat dans un flacon de 1000 ml, dans lequel on y rajoute 20g de glucose, 20g d'agar et on homogénéise le tout.
- e- Ajuster ensuite le volume du mélange au moyen de l'eau distillée jusqu'à 1000 ml.
- f- Autoclaver le mélange à une température de 120° C avec une pression de 1,1 bar pendant 20 minutes.
- g- Sous hotte à flux laminaire, couler la solution obtenue sur des boîtes de Pétri. Le milieu de culture doit couvrir les 1/3 de la boîte. Laisser sécher.



**Figure 32 :** Quelques étapes de préparation du milieu de culture PDA (**Original**).

### V.3. Repiquage de la souche de *Fusarium oxysporum*

La souche provenant de la mycothèque de l'INPV a été repiquée pour une utilisation ultérieure. Le repiquage consiste à :

- Prélever un explant à partir de zones contenant la souche à purifier à l'aide de la base d'une pipette Pasteur (utilisée comme emporte-pièces).
- Déposer l'explant au milieu de la boîte de Pétri contenant le milieu PDA.
- Ecrire le code de la souche et la date sur chaque boîte de Pétri.
- Incuber dans l'incubateur. Cette opération est répétée jusqu'à l'obtention d'une souche pure



**Figure 33 :** Repiquage de la souche de *Fusarium oxysporum* (Original).

**V.4. Etude « *in vitro* » de l'activité antifongique des huiles essentielles de l'eucalyptus commun « *Eucalyptus globulus* » et du cyprès commun (toujours vert) « *Cupressus sempervirens* »**

L'étude de l'activité antifongique des huiles de chacune des deux espèces végétales sur

La croissance, la germination et la sporulation de *Fusarium oxysporum*.a été réalisée selon la technique de contact direct et la technique de l'intégration de l'huile dans le milieu de culture. Par ailleurs, pour faciliter la miscibilité des huiles essentielles, nous avons utilisé le tween 80 à raison de 90% d'huile essentielle pour 10 % de tween 80 (Oussou et al., 2018). Le tween sert de dispersantes huiles dans l'eau, il est à la fois miscible à l'huile et à l'eau. La solution obtenue est agitée au vortex pendant 3min de sorte à avoir une bonne homogénéisation. L'huile a été ensuite diluée avec de l'eau distillée pour avoir des concentrations de 5%, 10 %, 25 % et 40 % (Fig.34).

Aussi, l'inhibition de la croissance mycélienne exercée par les deux huiles sur la croissance mycélienne de l'isolat fongique pour les deux techniques est évaluée par le calcul du pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne selon la formule suivante : (De Billerbeck et al., 2002 ; Bassole et al., 2002).

$$I (\%) = (1 - C_n/C_0) \times 100$$

Où :

- $I$  (%) : Taux d'inhibition exprimé en pourcentage.
- $C_n$  : diamètre moyen des colonies de *Fusarium oxysporum* traitées par l'huile (cm).
- $C_0$  : diamètre moyen des colonies témoins (cm).



**Figure 34** : Etapes de préparation des concentrations de 5, 10, 25 et 40 % des deux huiles.

(Original)

#### V.4.1. Technique de contact direct

Des explants de 5 mm de diamètre prélevés à partir des marges actives de la colonie de *Fusarium oxysporum* âgée de 7 jours sont déposés au milieu de la boîte de Pétri contenant le milieu PDA. Ainsi, 0,2 ml des concentrations de 5, 10, 25 et 40 % des deux huiles sont déposés au-dessus de chaque explant. Quatre répétitions ont été réalisées pour chaque traitement avec des boîtes témoins sans aucun traitement. Les boîtes sont incubées à l'obscurité à 25°C pendant 07 jours, et le développement des colonies est mesuré chaque jour. (Kordali et al., 2003).

#### V.4.2. Technique d'incorporation de l'huile avec le milieu de culture

Un volume de 1ml des 04 différentes dilutions (5%, 10 %, 25 % et 40 %) de chacune des deux huiles essentielles a été placé séparément dans des boîtes de Pétri de 90 mm de diamètre aux quels 13 ml de milieu PDA préparé en surfusion ont été rajoutés. Les boîtes de Pétri ainsi préparées ont été légèrement agitées pour assurer l'homogénéisation du milieu avec les extraits.

Par contre les cultures témoins ont été préparées à 14 ml de PDA seulement. Quatre répétitions ont été réalisées. Une fois le milieu solidifié, un disque mycélien de *Fusarium oxysporum* de 5 mm de diamètre a été déposé au milieu de la boîte Pétri, les boîtes ainsi ont été ensuite scellées avec du para film et incubées à l'obscurité pendant 07 jours dans une étuve réglée à 25 °C. Le développement des colonies est mesuré chaque jour. (L' NPV, 2022).

#### V.4.3. Effet des huiles sur la sporulation

L'activité antisporelante des huiles essentielles a été évaluée sur des colonies fongiques âgées de 15 jours incubées à 25 °C (des colonies des deux techniques précédentes/ une boîte de chaque traitement). Des disques mycéliens de culture ont été mis dans des tubes à essai contenant 10 ml d'eau distillée stérile et 0,05 ml de tween 80. Ces suspensions de spores ont été agitées au vortex pendant 5 min afin de détacher les spores.

Le comptage du nombre total de spores de chaque traitement a été effectué à l'aide de la cellule de Malassez à raison de trois comptages par concentrations et par huile. Les moyennes de ces mesures ont par la suite été calculées. Les valeurs ont été exprimées en nombre de spores par ml.

Le pourcentage d'inhibition de la sporulation : Belhouan et Boussalha (2017).

$$\text{PIS (\%)} = (1 - N_c / N_0) * 100$$

Avec  $N_0$  : nombre des spores dans le témoin.

$N_c$  : nombre de spores dans les colonies traitées avec de l'huile.

#### V.4.4. Effet des huiles sur la germination

Après 21 jours d'incubation à une température de 25 °C, des suspensions conidiennes de chaque isolat de *Fusarium oxysporum* ont été mis dans des tubes à essai contenant 10 ml d'eau distillée stérile et 0,05 ml de tween 80. Ces suspensions de spores ont été agitées au vortex pendant 5 min afin de détacher les spores. Le comptage des spores germées a été fait avec la cellule de Malassez à raison de 03 comptages par concentration et par huile. Ainsi, une spore est considérée comme germée si la longueur du tube germinatif est apparue.

Le pourcentage d'inhibition de la germination est : Belhouan et Boussalha (2017)

$$\text{PIG (\%)} = \frac{(1 - N_c / N_0) * 100}{100}$$

$N_0$  : nombre des spores germées dans le témoin.

$N_c$  : nombre de spores germées des colonies traitées avec de l'huile.

#### VI. Etude de l'activité antifongique « *in vivo* » des huiles essentielles de l'eucalyptus commun « *Eucalyptus globulus* » et du cyprès commun (toujours vert) « *Cupressus sempervirens* » sur *Fusarium oxysporum*.

Pour confirmer l'efficacité des huiles de l'Eucalyptus et du Cyprès sur *Fusarium oxysporum*, nous avons réalisé un test *in vivo* sur la variété de tomate (Fast F1) qui a été choisie pour sa sensibilité à cet agent pathogène.

Le semis a été réalisé le 06 Janvier 2022 dans une plaque alvéolée déposée dans une serre de l'INSFP de Hadjout. Par la suite, le repiquage a été fait par transplantation des plantules dans 16 pots (01 plantule/ pot) de 50 cm de hauteur et de 40 cm de diamètre et d'une contenance de 7,5 kg. Les pots ont été remplis par le substrat (1/2 sol +1/4 tourbe +1/4 de sable). L'arrosage des plantules se faisait quotidiennement durant la période d'expérimentation (Fig.34).



Figure N°35 : Repiquage des plantules de tomate

VI.1. Le dispositif expérimental des plantes de tomate

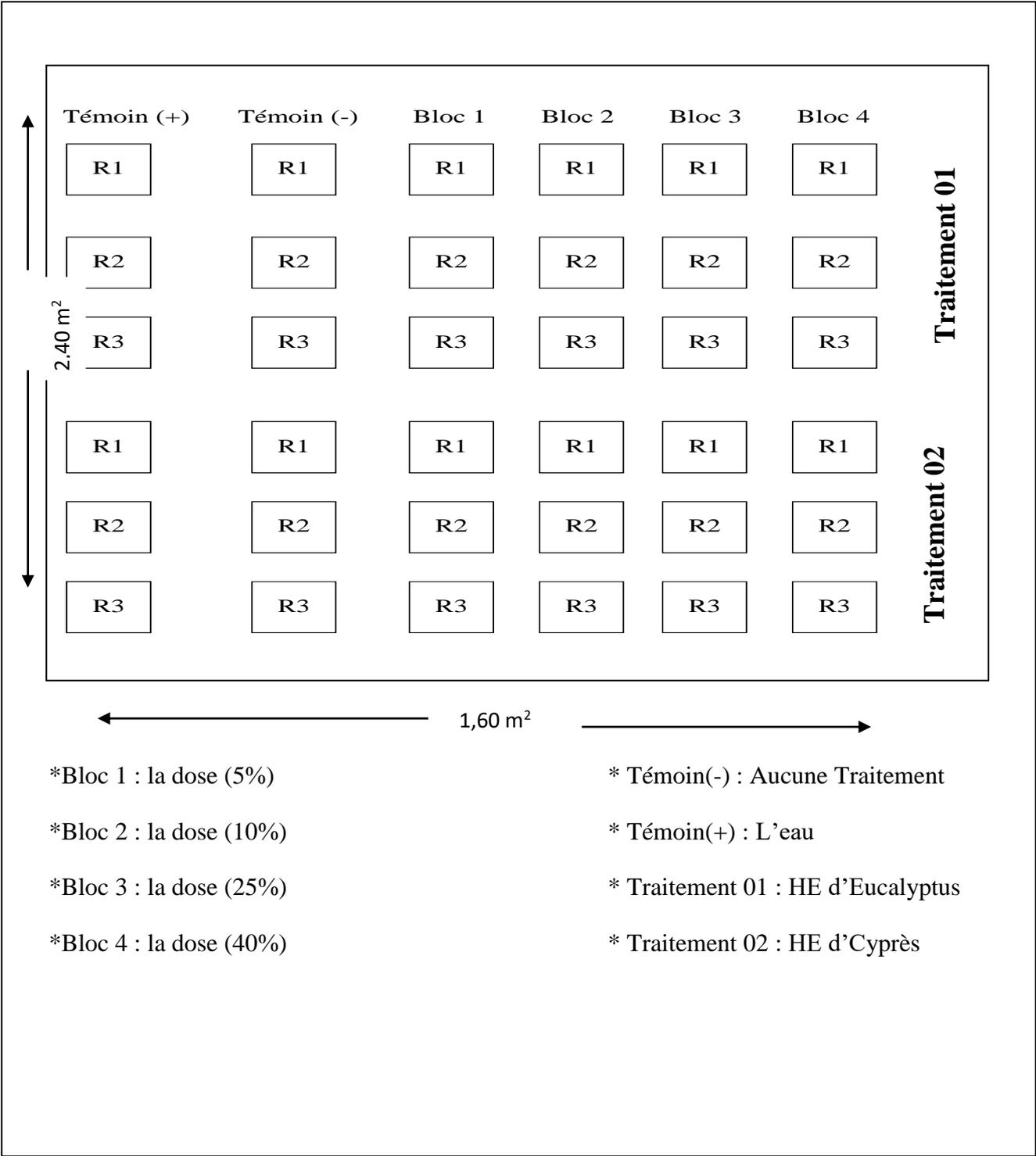


Figure 36 : La dispositif expérimental des plantes de tomate

## VI.2. Inoculation artificielle des plants de tomate

L'inoculum est mis en contact avec les plants de tomate par méthode de contact directe (nous mettons les disques mycéliens sur la partie supérieure et inférieure de feuilles) au stade levée (floraison) sur des plants âgés de (deux mois et demi) avec une température de 18 °C. Après l'inoculation, 3 à 4 pulvérisations d'eau par jour sont apportées, afin de maintenir une humidité des plantes et favoriser l'infection, l'installation du pathogène, et son développement à l'intérieur des tissus, les plantes témoins sont pulvérisées avec de l'eau distillée stérile.



**Figure 37 : Méthode d'Inoculation artificielle (originale,2022).**

## VI.3. Application de traitement

Après 15 jours de observation de symptômes sur les feuilles et les tiges, nous avons fait un traitement de cette maladie par la pulvérisation de deux biofongicides à base d'huiles essentielles d'eucalyptus et de cyprès à des doses de 5%, 10%, 25%, 40% sur la tige et la partie supérieure et inférieure des feuilles à une température de 23 °C. Les plantes témoins (+) et témoins (-) ne sont soumises à aucun traitement et pulvérisées avec de l'eau distillée stérile.



**Figure 38:** la plante de tomate traitée par biofongicide (Originale., 2022).

#### **VI.4. Notations de symptômes**

Les notations des symptômes ont été réalisées pendant 15 jours. Chaque plante est examinée afin de noter la présence de flétrissement, jaunissement et brunissement ou de taches caractéristiques d'*Fusarium* sur les tiges et les feuilles. Les symptômes des plantes individuelles sont notés après le traitement selon l'échelle de croissance de plantes, en calculant la longueur de feuilles et les tiges en (cm) pour chaque plante.

#### **VI.5. Analyses statistiques**

Afin de vérifier une éventuelle efficacité des extraits d'Eucalyptus et du Cyprès commun vis-à-vis de *Fusarium oxysporum*, et de comparer leur pouvoir antifongique *in vitro* sur les différents paramètres biologiques de l'agent pathogène à savoir, la croissance mycélienne, la sporulation et la germination et les deux méthodes utilisées. Les analyses statistiques ont été effectuées au moyen du logiciel STATISTICA version 8.0.550, en déterminant la variance à l'aide du test ANOVA. Les différences ont été considérées comme significatives pour une  $P \leq 0,05$ .

# *Chapitre IV*

## *Résultats et Discussions*

**I. Rendement en huile essentielle**

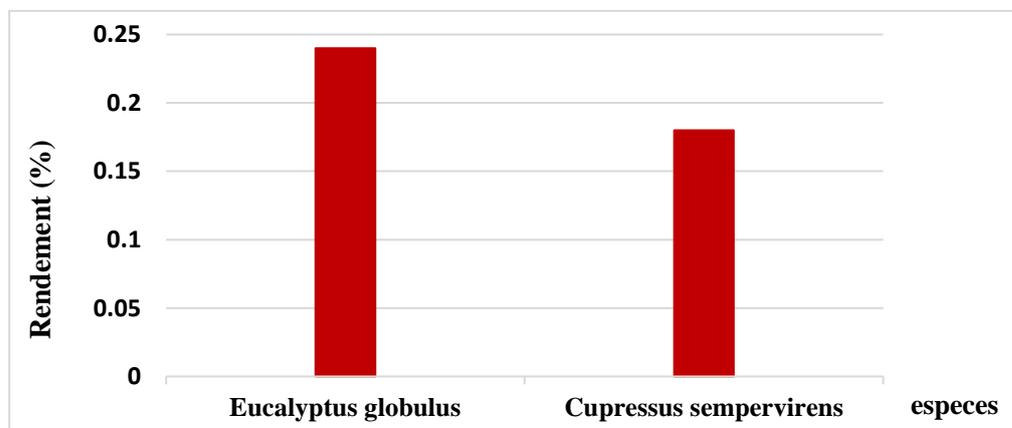
L'extraction par entrainement à la vapeur des parties aériennes d'*Eucalyptus globulus* et de *Cupressus sempervirens* a fourni une huile essentielle ayant une coloration jaune foncé avec une très forte odeur (Fig.25). Les rendements en huiles essentielles étaient de 0.24 % pour l'eucalyptus et 0.18 % pour le cyprès vert.



**Figure 39 :** Les huiles essentielles. (Original)

**Tableau 07 :** Rendement en huile essentielle par rapport à la biomasse de deux espèces.

Espèces	Quantité de la biomasse (en g)	Quantité d'huile essentielle (en g)	Rendement (%)
<i>Eucalyptus globulus</i>	18490 g	45 g	0.24%
<i>Cupressus sempervirens</i>	25000 g	45 g	0.18%



**Figure 40 :** Le rendement de deux huiles essentiellement

Nous remarquons que le rendement en huile essentielle de l'espèce *Eucalyptus globulus* est plus élevé avec un taux de 0.24%, par rapport au rendement en huile essentielle de l'espèce *Cupressus sempervirens* qui est moins élevé avec un taux de 0.18%.

## II. Activité antifongique de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* et du *Cupressus sempervirens* sur la croissance de l'isolat de *Fusarium oxysporum*

### II.1. Méthode de contact directe

Après 7 jours d'incubation les colonies de *Fusarium oxysporum* traitées avec de l'huile d'Eucalyptus et de Cyprès ont montré une croissance mycélienne réduite par rapport au témoin et cela pour les quatre doses (**Fig.39**).

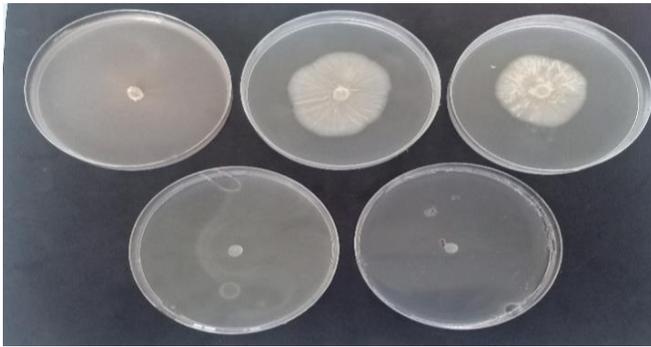
Le taux d'inhibition le plus important était constaté avec la dose 4 (40%) de l'huile d'Eucalyptus et était de **76,04 %**. Suivie de celui de la dose 3 (25%) avec **75,49 %**. Pour la dose 2 (10%) et 1 (5%) la croissance mycélienne était réduite de **44,29 %** et **36,77 %** respectivement.

Concernant l'effet de l'huile de Cyprès, les taux de réductions étaient plus faibles que ceux calculés pour l'eucalyptus et étaient de **16,57 %**, **14,07 %**, **60,03 %**, **67,55 %** pour les doses de 1 à 4 respectivement. Le tableau 8 ci- après récapitule les taux d'inhibition de la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum* par les deux huiles.

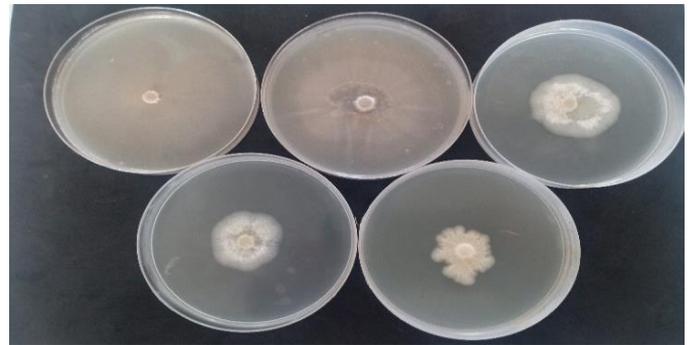
Par ailleurs, on peut remarquer que l'huile d'Eucalyptus est plus efficace (toutes doses confondues) que l'huile de Cyprès sur cet agent pathogène (**Tab.8**).

**Tableau 08** : Les taux d'inhibition(%) sur la croissance mycélienne par les deux huiles.

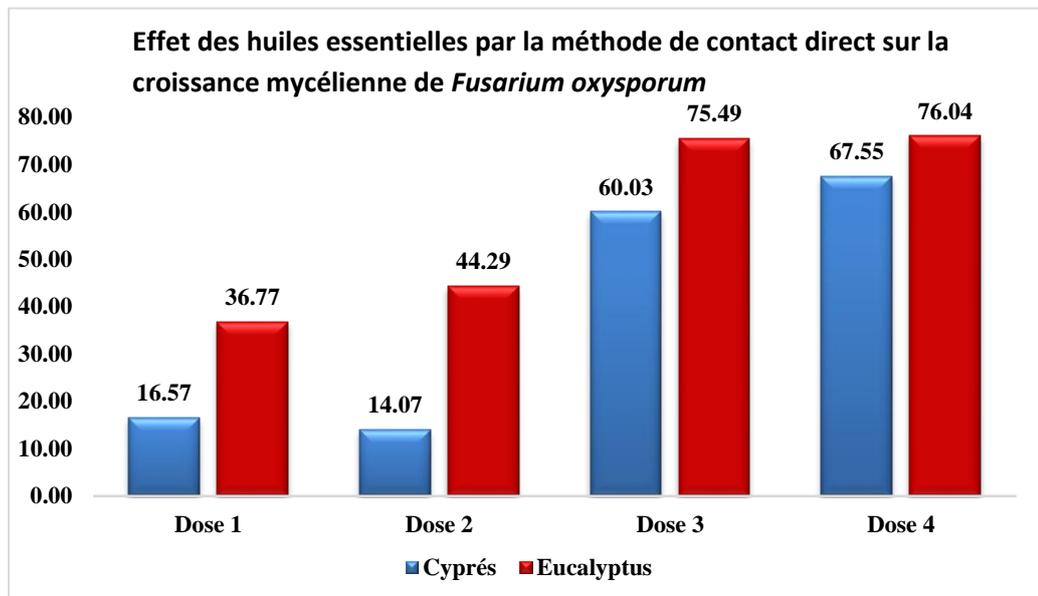
	Dose 1 (5%)	Dose 2 (10%)	Dose 3 (25%)	Dose 4 (40%)
<b>Taux d'inhibition d'<i>Eucalyptus globulus</i></b>	36,77	44,29	75,49	76,04
<b>Taux d'inhibition de <i>Cupressus sempervirens</i></b>	16,57	14,07	60,03	67,55



**Figure 41 :** Effet de l'huile d'*E. globulus* sur la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum*.(Original)



**Figure 42 :** Effet de l'huile de *C. sempervirens* sur la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum*.(Original)



**Figure 43 :** Inhibition de la croissance mycélienne de l'isolat de *Fusarium oxysporum* par les deux huiles essentielles.

## II.1.1. Analyse statistique

**Tableau 9 :** L'effet du type de l'huile ainsi que sa dose sur la croissance mycélienne. Les valeurs représentent la moyenne  $\pm$  erreur standard (n=4). Les différentes lettres indiquent une différence significative à  $p < 0,05$ .

Dose	Huile	Croissance mycélienne
<b>Témoin</b>	Cyprès	2,56 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>
	Eucalyptus	2,56 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>
<b>D1</b>	Cyprès	2,20 $\pm$ 0,05 <sup>b</sup>
	Eucalyptus	1,62 $\pm$ 0,08 <sup>c</sup>
<b>D2</b>	Cyprès	2,13 $\pm$ 0,05 <sup>b</sup>
	Eucalyptus	1,42 $\pm$ 0,04 <sup>c</sup>
<b>D3</b>	Cyprès	1,02 $\pm$ 0,07 <sup>d</sup>
	Eucalyptus	0,60 $\pm$ 0,00 <sup>e</sup>
<b>D4</b>	Cyprès	0,83 $\pm$ 0,05 <sup>de</sup>
	Eucalyptus	0,60 $\pm$ 0,00 <sup>e</sup>
p-value	<b>Dose</b>	p < 0,001
	<b>Huile</b>	p < 0,001
	<b>Dose* Huile</b>	p < 0,001

La variation de la croissance mycélienne par la variation de la dose et de l'huile est représentée dans le tableau ci-dessus. D'après l'analyse de la variance ANOVA (avec deux facteurs), l'ensemble des facteurs étudiés à savoir la dose, l'huile ainsi que l'interaction dose huile ont un effet très hautement significatif sur la variation de la croissance mycélienne ( $p < 0,001$ ).

La croissance mycélienne la plus réduite est enregistré avec les traitements D3 et D4 de l'Eucalyptus (0,60). Cependant les traitements D1 et D2 du Cyprès ont noté la plus grande croissance mycélienne donc le plus faible taux d'inhibition (2,13 et 2,20).

Le test de Tukey a révélé la présence de 05 groupes homogènes ; le premier groupe est constitué par le traitement Témoin Eucalyptus et Témoin Cyprès, le deuxième groupe est constitué par les traitements (D1 et D2 Cyprès) ce dernier groupe est caractérisé par les croissances mycéliennes les plus importantes au-dessous des témoins (2,17). Aussi, le

troisième groupe comporte également 02 traitements (D1 et D2 Eucalyptus), le quatrième groupe comporte (D3 Cyprès) et le dernier comportant les taux de croissance les plus faibles (D3 et D4 Eucalyptus) et 01 groupe intermédiaire hétérogène comportant le traitement D4 Cyprès.

## II.2. Méthode d'incorporation de l'huile avec le milieu de culture :

Selon la technique d'incorporation des huiles dans le milieu de culture, les deux huiles essentielles ont montré un effet inhibiteur très intéressant sur la croissance mycélienne au bout de 7 jours d'incubation. L'effet de l'huile d'Eucalyptus est plus important que celui de l'huile de cyprès. En effet, les pourcentages d'inhibition de l'huile d'eucalyptus varient entre **54,04 %** à la plus faible dose (5%) à **75,91%** (40%) à la plus grande dose.

Aussi, l'effet de l'huile de cyprès est un tout petit peu moins efficace, mais ça reste des taux d'inhibition très intéressants. A la plus faible dose l'huile de cyprès diminue la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum* de **47,21 %** et elle l'inhibe de **70,19 %** avec la plus grande dose à savoir 40 %. Ces taux sont représentés dans le tableau 11, les figures et l'histogramme ci- après.

**Tableau 11** : Les taux d'inhibition (%) de la croissance mycélienne par les deux huiles.

	<b>Dose 1 (5%)</b>	<b>Dose 2 (10%)</b>	<b>Dose 3 (25%)</b>	<b>Dose 4 (40%)</b>
<b>Taux d'inhibition d'<i>Eucalyptus globulus</i></b>	54,04	73,82	75,07	75,91
<b>Taux d'inhibition de <i>Cupressus sempervirens</i></b>	47,21	54,60	61,28	70,19

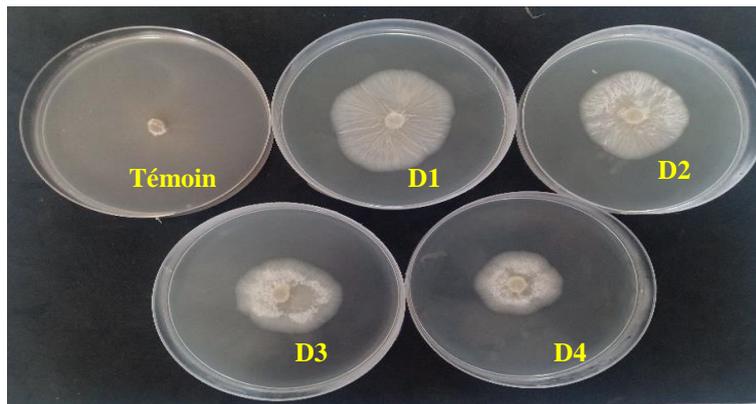


Figure 44 : Effet de l'huile de Cyprès sur la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum*

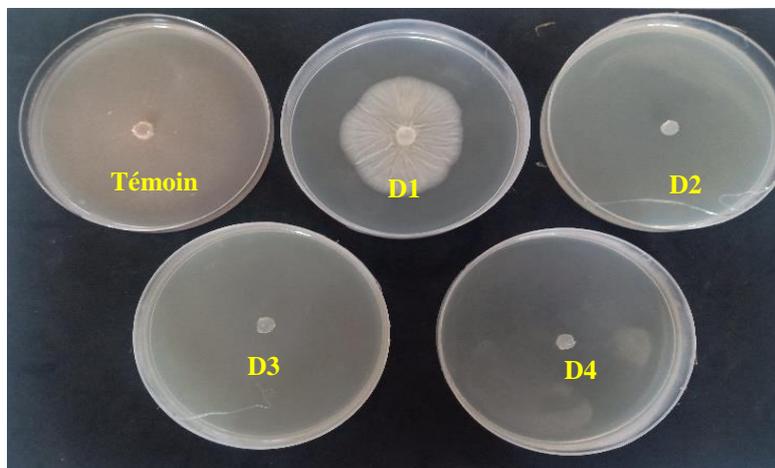


Figure 45 : Effet de l'huile d'Eucalyptus sur la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum*

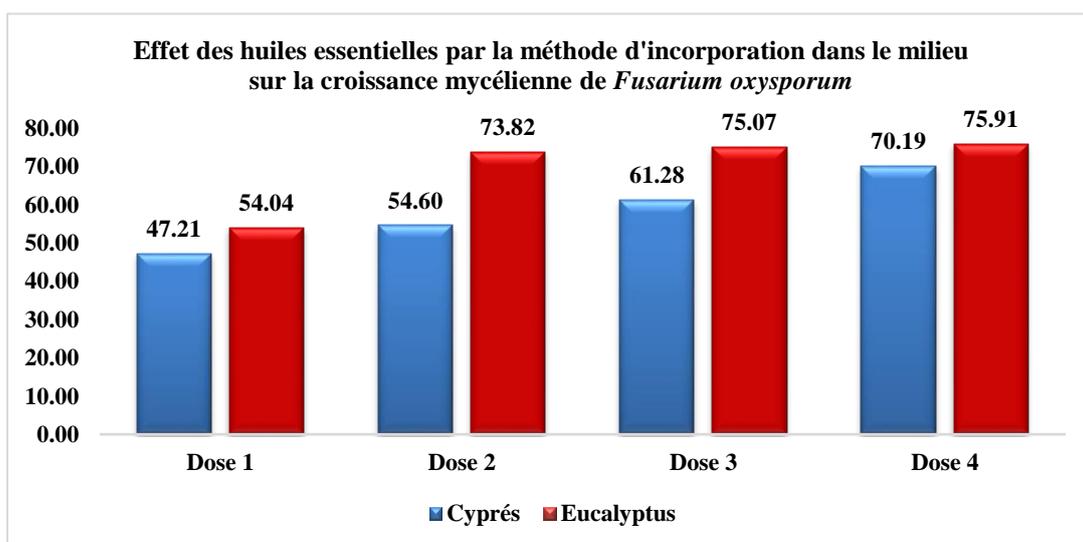


Figure 46 : Inhibition de la croissance mycélienne de l'isolat de *Fusarium oxysporum* par les deux huiles essentielles.

## II.2.1. Analyse statistique

**Tableau 12 :** L'effet du type de l'huile ainsi que sa dose sur la croissance mycélienne. Les valeurs représentent la moyenne  $\pm$  erreur standard (n=4). Les différentes lettres indiquent une différence significative à  $p < 0,05$ .

Dose	Huile	Croissance mycélienne
<b>Témoin</b>	Cyprès	2,56 $\pm$ 0,01 <sup>c</sup>
	Eucalyptus	2,56 $\pm$ 0,01 <sup>c</sup>
<b>D1</b>	Cyprès	1,35 $\pm$ 0,05 <sup>a</sup>
	Eucalyptus	1,17 $\pm$ 0,04 <sup>d</sup>
<b>D2</b>	Cyprès	1,17 $\pm$ 0,02 <sup>d</sup>
	Eucalyptus	0,70 $\pm$ 0,00 <sup>f</sup>
<b>D3</b>	Cyprès	1,00 $\pm$ 0,00 <sup>b</sup>
	Eucalyptus	0,62 $\pm$ 0,02 <sup>ef</sup>
<b>D4</b>	Cyprès	0,75 $\pm$ 0,05 <sup>e</sup>
	Eucalyptus	0,60 $\pm$ 0,00 <sup>f</sup>
p-value	<b>Dose</b>	$p < 0,001$
	<b>Huile</b>	$p < 0,001$
	<b>Dose* Huile</b>	$p < 0,001$

La croissance mycélienne la plus réduite est enregistré avec les traitements D3 et D4 de l'Eucalyptus (0,60 et 0,62). Cependant le traitement D1 du Cyprès a noté la plus grande croissance mycélienne donc le plus faible taux d'inhibition (1,35).

Le test de Tukey a révélé la présence de 06 groupes homogènes ; le premier groupe est constitué par le traitement D1 Cyprès, le deuxième groupe est constitué de D3 Cyprès, le troisième englobe les deux témoins. Le quatrième comprenant les traitements (D2 Eucalyptus et D2 Cyprès). Le traitement D4 Cyprès est dans le cinquième groupe. Aussi, le traitement D4 Eucalyptus est seul dans le sixième groupe. Par ailleurs, il existe un groupe intermédiaire hétérogène englobant les traitements (Eucalyptus D2 et D3).

### III. Effet des huiles sur la sporulation et la germination des conidies de *Fusarium oxysporum*

Le comptage du nombre de spores ainsi que le nombre de spores germées à considérer les colonies qui ont poussé sur milieu de culture avec un certain degré d'inhibition. Ainsi, le comptage du nombre de spores nous a permis de conclure que les deux huiles ont un effet sur la sporulation. En effet, les taux d'inhibition de la sporulation variaient entre **13 % à 76 %**. Et toujours l'huile d'Eucalyptus a effet un peu plus intéressant sur la sporulation. Le tableau ci-après (**Tab.11**) résume tous les taux d'inhibition de la sporulation.

Par ailleurs, le nombre de spores germées est également réduit par l'ajout des huiles, et les taux sont beaucoup plus importants que ceux de l'inhibition de la germination. En effet, ça se limite entre **46 et 93 %**. La dose de 40 inhibe la germination de plus de **90%**(**Tab.12**).

**Tableau 13** : Taux d'inhibition de la sporulation en (%) sous l'effet des deux huiles

Traitements	Nombre de spores moyen	Pourcentages d'inhibition (%)
Témoin	<b>225</b>	/
F5E/M1	<b>171</b>	<b>24</b>
F5C/M1	<b>196</b>	<b>13</b>
F5E/M2	<b>156</b>	<b>31</b>
F5C/M2	<b>189</b>	<b>16</b>
F10E/M1	<b>134</b>	<b>40</b>
F10C/M1	<b>110</b>	<b>51</b>
F10E/M2	<b>98</b>	<b>56</b>
F25C/M1	<b>116</b>	<b>48</b>
F25C/M2	<b>110</b>	<b>51</b>
F40C/M1	<b>68</b>	<b>70</b>
F40C/M2	<b>55</b>	<b>76</b>

(**F** : les boîte de pétrie ; **M1** : méthode 01 ; **M2** : méthode 02)

**Les doses** : 25 % ; 10% ; 5% ; 40%.

**Tableau 14** : Taux d'inhibition de la germination en (%) sous l'effet des deux huiles.

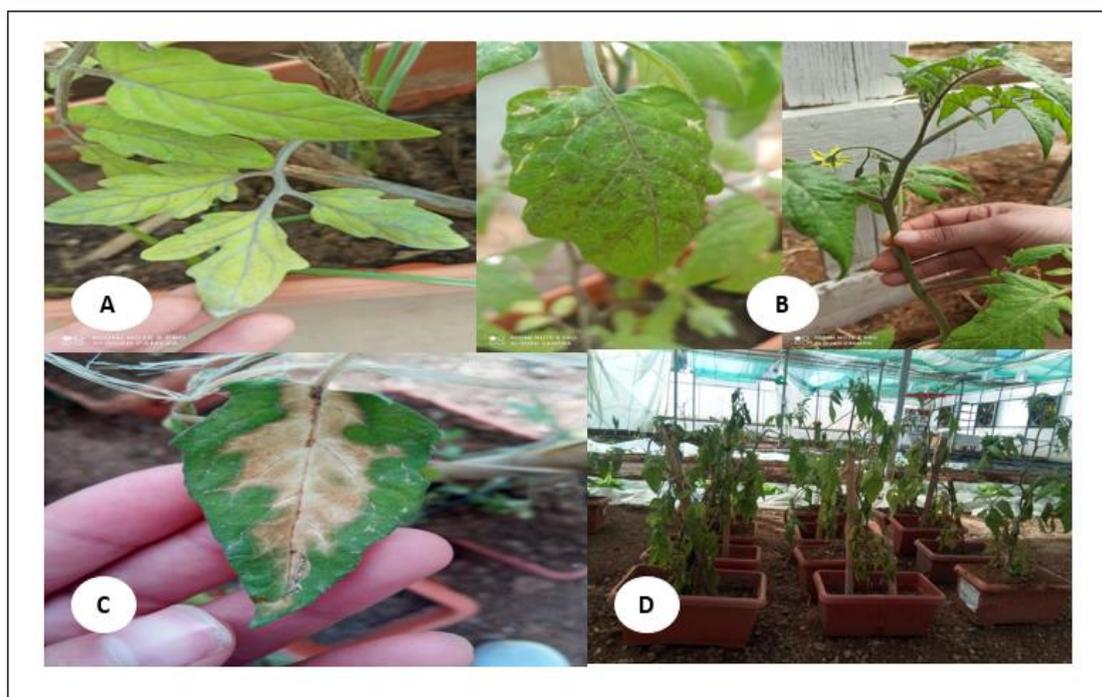
Traitements	Nombre de spores moyen	Pourcentages d'inhibition (%)
Témoin	74	/
F5E/M1	40	46
F5C/M1	32	57
F5E/M2	26	65
F5C/M2	30	59
F10E/M1	10	86
F10C/M1	18	76
F10E/M2	14	81
F25C/M1	7	91
F25C/M2	5	93
F40C/M1	6	92
F40C/M2	5	93

#### IV. Résultat d'efficacité de biofongicide in-vivo

##### IV.1. Observations de symptômes

Cette maladie est évaluée pendant 15 jours après l'inoculation artificielle. Les symptômes sont observés sur toutes les parties aériennes des plantules. Ils apparaissent d'abord par une décoloration de feuilles et les tiges commencer par léger jaunissement et évoluant en bande jaune plus marquée ,puis de petites taches de brunissement, de quelques millimètres de diamètre, de couleur brun claires sur les feuilles et les tiges. Après on observe une nécrose beige a marron clair sur le feuilles.

Généralement nous avons noté un ralentissement de croissance de plante et le flétrissement de feuilles ce qui entraine sa chute nous nous note avec de l'eau distillée stérile ne montrent aucun symptôme.



A : La jaunissement B : La brunissement C : La nécrose D : Le flétrissement

**Figure 47** : les symptômes de fusariose sur la tomate

#### **IV.2. Modulation d'effet d'HE d'*Eucalyptus globulus* sur la croissance des feuilles de tomate inoculé par *fusarium oxysporum*.**

Les données de la moyenne de la mesure de croissance ont été soumises à un ACP (Analyse en composantes principales effectuée avec PAST version 1.91 (Hammer *et al.*, 2001).

Une vision globale de spatiale de facteurs de différentes doses d'huile essentielles de *Eucalyptus globules* et *Cupressus sempervirens* nous a permis de distinguer une différence d'efficacité entre les différentes doses.

L'analyse en composantes principales (ACP) montre que les différentes doses appliquées sont comparables par les deux axes, L'axe 1 est de 94.78 % et L'axe 2 est de 3.45 % pour *Eucalyptus globules* (figure ...) et L'axe 1 est de 96.69 % et L'axe 2 est de 2.60 % de *Cupressus sempervirens* (figure...).

---

L'analyse multi variée est acceptable de fait que les deux axes présentent un pourcentage de contribution d'*Eucalyptus globulus* 98.23 % et 99.29 % d'*Cupressus sempervirens*

En revanche, la projection des variables montre que la tendance des vecteurs des différentes doses confirme l'efficacité du traitement par l'HE d'*Eucalyptus globulus* et *Cupressus sempervirens* sur la croissance des feuilles de 03/04/2022 à 17/04/2022. L'effet de doses d'*Eucalyptus globulus* EU 5%, EU10%, EU25%, EU40%, EU T- ainsi que les doses de *Cupressus sempervirens* 5%, 10%, 25%, 40%, CY T-, ont été les plus remarquées au niveau du stade de floraison de la plante de 05/04/2022 à 11/04/2022 de par leur efficacité en croissance (figure.).

#### **IV.2.1. Modulation d'effet de deux biofongicides sur la croissance des feuilles de tomate inoculé par *Fusarium oxysporum*.**

Les données de la moyenne de la mesure de croissance ont été soumises à un ACP (Analyse en composantes principales effectuée avec PAST version 1.91 (Hammer et al., 2001).

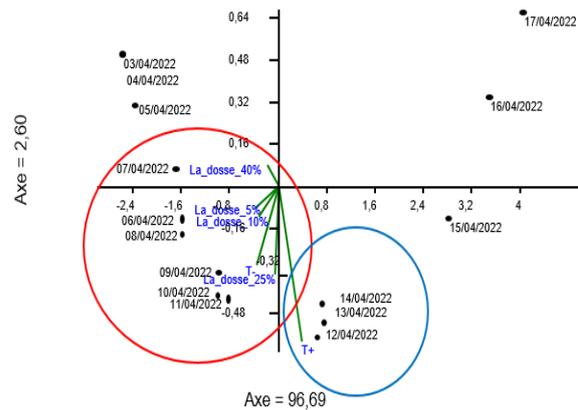
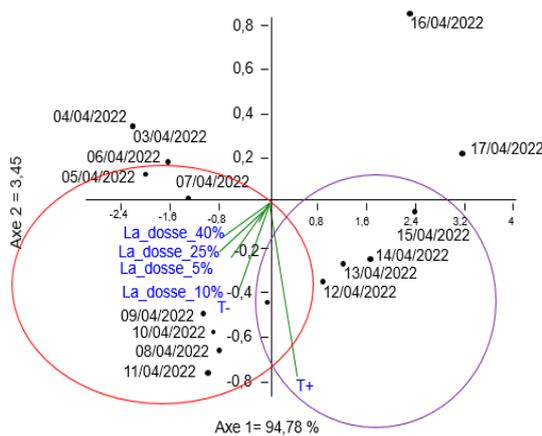
Une vision globale de spatiale de facteurs de différentes doses d'huiles essentielles de *Eucalyptus globulus* et *Cupressus sempervirens* nous a permis de distinguer une différence d'efficacité entre les différentes doses de chaque huile.

L'analyse en composantes principales (ACP) montre que les différentes doses appliquées sont comparables par les deux axes, pour *Eucalyptus* L'axe 1 est 95.59% et L'axe 2 est 2.85%.

L'analyse multi variée est acceptable de fait que les deux axes présentent un pourcentage de contribution 98.44%.

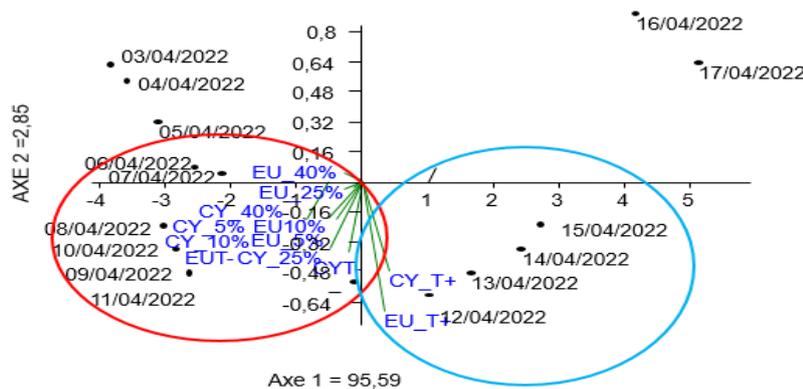
En revanche, la projection des variables montre que la tendance des vecteurs de différentes doses confirme l'efficacité du traitement par les jours d'effet de deux huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* et *Cupressus sempervirens* sur les feuilles. La mesure de croissance des feuilles de 03/04/2022 à 17/04/2022.

L'effet de doses EU5%, CY5%, EU10%, CY10%, EU25, CY25%, EU 40%, CY40% et T-EU et T- CY a été remarquer au niveau de la stades de floraison de la plante de 06/04/222 a 11/04/2022. Par la suite on remarque que l'effet de T+ EU et T + CY apparait a la fin du l'expérimentation a 12/04/2022 au 15/04/2022. (figure ..).



**Figure 48 :** Analyse multi variée « ACP » représentant effet d'HE *Eucalyptus globulus* sur la croissance de feuilles par les jours

**Figure 49 :** Analyse multi variée « ACP » représentant effet d'HE *Cupressus sempervirens* sur la croissance de feuilles par les jours.



**Figure 50 :** Analyse mult variée « ACP » représentant effet de deux HE *Eucalyptus globulus* et *Cupressus sempervirens* sur la croissance de feuilles par les jours

### IV.2.2. Evaluation temporelle de l'effet des différentes doses d'application d'*Eucalyptus globulus* et *Cupressus sempervirens* sur la croissance des feuilles de tomate inoculée par *Fusarium oxysporum*.

Les graphes de figure (51) représente des boites a moustaches qui montre l'application des 2 traitement à base de huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* et *Cupressus sempervirens* sous effet de différents doses **5%, 10 %, 25%, 40%**, chaque huile à savoir témoin (+) et le témoin (-) sur la mesure de croissance en longueur de feuilles de tomate inoculé par *Fusarium oxysporum* durant la période du suivi (03/04/2022) jusqu'à 17/04/2022. Les résultats d'analyse de variance à travers le test One way ANOVA.

La dose le plus fort effet sur croissance de feuilles a été enregistrée à la dose (EU 40%) d'huiles d'*eucalyptus globulus* était (10.3 cm) suivie de dose (EU25%) qui et (9.9 cm). Pour la dose (EU10%) et (EU5%) était plus faible effet sur croissance de feuilles environ (9 et 9.6 cm) respectivement, par rapporte le témoin (+) qui est là plus augmentée (12.8 cm).

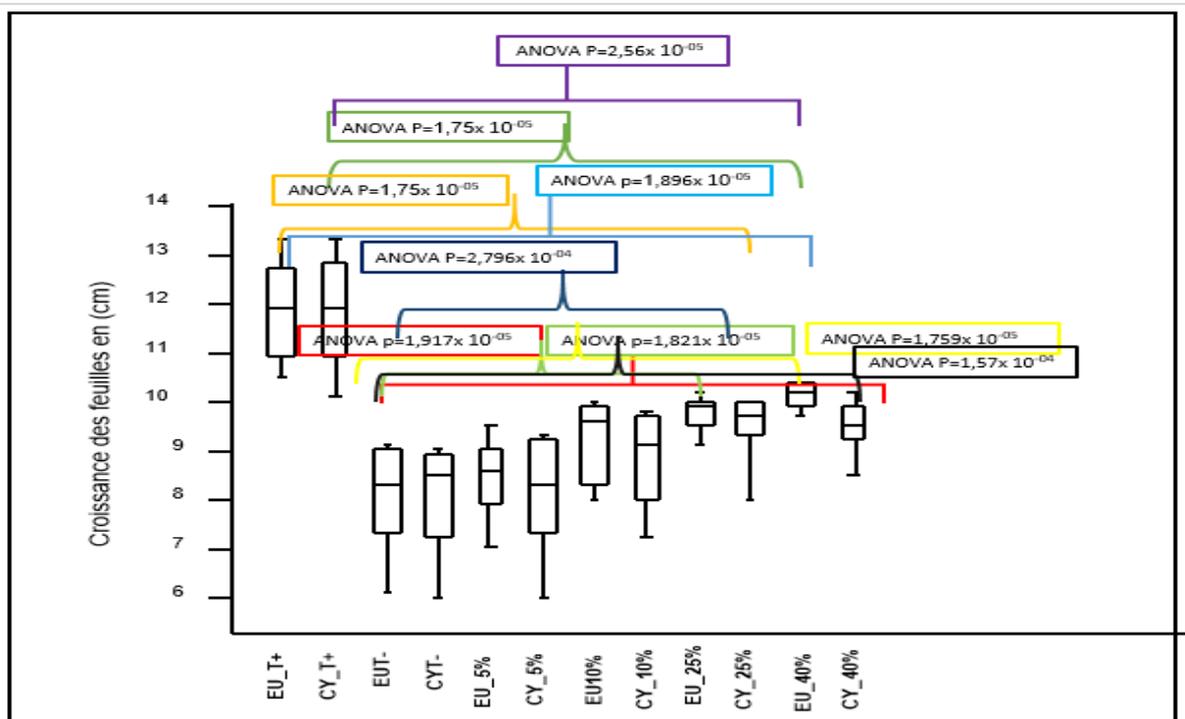
Concernent effet de HE de *Cupressus sempervirens* sur croissance de feuilles étaient le plus faible effet que ceux comparée par rapport à l'huile d'Eucalyptus qui et (10 cm) pour la plus grande dose (40%) et (9.3 cm) pour la plus faible dose (5%).

Par ailleurs, on peut remarquer que l'huile d'Eucalyptus est plus efficace (toutes doses confondues) que l'huile de Cyprès sur les croissance des feuilles. La (figure ...) résumés ci-dessous montrent la différence entre le taux de croissances des feuilles traitées avec deux huiles.

Les résultats de l'analyse de l'ANOVA expriment globalement une différence hautement significative de ( $p= 9.784 \times 10^{-09}$ ) pour les quatre doses de chaque huile. La comparaison par paire établie fait ressortir la présence d'une différence hautement significative ( $p= 1.759 \times 10^{-05}$ ,  $p < 1\%$ ) entre le EU T+ et EU T-, CY T-, EU5%, CY5%, EU10%, CY10%, EU25%, CY40%. Qu'il y'a une différence hautement significative avec ( $p= 1.896 \times 10^{-5}$ ,  $p < 1\%$ ). Entre EU T+ et EU 40%. La suite de l'analyse de L'ANOVA entre CY T+ et EUT- CYT-, EU5%, EU 10%, CY 10%, EU 25%, CY 25%, CY 40%. On remarque qu'il y'a une différence hautement significative avec ( $p= 1.759 \times 10^{-05}$ ,  $p < 1\%$ ). Et entre CY T+ et EU 40% qu'il y'a une différence hautement significative avec ( $p= 2.56 \times 10^{-5}$ ,  $p < 1\%$ ). Ensuite, l'effet EU T- et EU 10% indique une hautement significative avec ( $p= 1.917 \times 10^{-2}$ ,  $p < 1\%$ ). Et entre EU T- et EU 25% montre une différence hautement significative avec ( $p= 2.796 \times 10^{-4}$ ,  $p <$

1%). L'analyse de L'ANOVA désigne la présence d'une différence hautement significative ( $p= 1.75 \times 10^{-05}$ ;  $p < 1\%$ ) entre EU T- et EU 40%, et ( $p= 1, 571 \times 10^{-4}$ ,  $p < 1\%$ ) entre EU T- et CY 40%. Ensuite, la comparaison entre CY T- et EU 10% on remarque qu'il y'a une différence hautement significative avec ( $p= 1.525 \times 10^{-2}$ ;  $p < 1\%$ ) et présence d'une différence hautement significative entre CY T- et EU 25% ( $p= 1.821 \times 10^{-05}$ ,  $p < 1\%$ ). CYT- et EU 40% indique une présence une différence hautement significative avec ( $p= 1.759 \times 10^{-5}$ ,  $p < 1\%$ ). La suite de comparaison par entre CY T- et CY 40% montre une différence hautement significative avec ( $p= 1.18 \times 10^{-4}$ ,  $p < 1\%$ ).

L'analyse de L'ANOVA entre la doses EU 5% et EU 25% indique une différence hautement significative avec ( $p= 1.717 \times 10^{-2}$ ,  $p < 1\%$ ). Et entre EU 40% ( $p= 2.191 \times 10^{-05}$ ,  $p < 1\%$ ). Et entre CY 40% ( $p= 4.824 \times 10^{-2}$ ,  $p < 1\%$ ). Ensuite, la comparaison entre CY 5% et EU 10% on remarque qu'il y'a une différence hautement significative avec ( $p= 3.673 \times 10^{-2}$ ;  $p < 1\%$ ) la comparaison entre CY 5% et EU 25% on remarque qu'il y'a une différence hautement significative avec ( $p= 2.055 \times 10^{-5}$ ;  $p < 1\%$ ). Qu'il y'a une différence hautement significative avec ( $p= 6.664 \times 10^{-4}$ ,  $p < 1\%$ ) entre CY 5% et CY 25%. Et entre CY 5% et EU 40% ( $p= 1.759 \times 10^{-05}$ ,  $p < 1\%$ ). Ensuite, la comparaison entre CY 5% et CY 40% on remarque qu'il y'a une différence hautement significative avec ( $p= 3.74 \times 10^{-4}$ ;  $p < 1\%$ ). Enfin, la comparaison entre CY 10% et EU 40% montre également une différence hautement significative de ( $p= 1.717 \times 10^{-3}$ ;  $p < 1\%$ ).



**Figure 51 :** Effet des différentes huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* et *Cupressus sempervirens* sur la croissance de feuilles inoculé par *fusarium oxysporum*.

### IV.3. Modulation d'effet d'HE *Eucalyptus globules* et *Cupressus sempervirens* sur la croissance des tiges de tomate inoculé par *fusarium oxysporum*.

Les données de la moyenne de la mesure de croissance ont été soumises à un ACP (Analyse en composantes principales effectuée avec PAST version 1.91 (Hammer et al., 2001).

Une vision globale de spatiale de facteurs de différentes doses d'huile essentielles de *Eucalyptus globules* et *Cupressus sempervirens* nous permis de distinguer une différence d'efficacité entre les différentes doses.

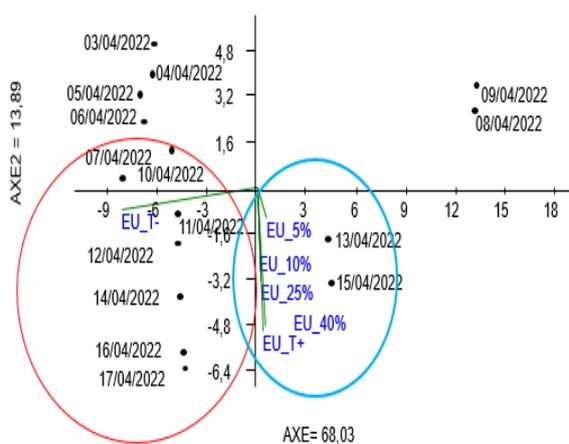
L'analyse de l'ANOVA en composantes principales (ACP) montre que les différentes doses appliquées sont comparables par les deux axes, L'axe1 est de 68.03 % et L'axe 2 est de 13.89 %. D'*Eucalyptus globules* (figure...) et L'axe1 est de 11.73 % et L'axe 2 est de 0.11 % d'*Cupressus sempervirens*. ( figure ..) .

L'analyse multi variée est acceptable de fait que les deux axes présentent un pourcentage de contribution 81.92 % pour *Eucalyptus globules* et 11.84 % d'*Cupressus sempervirens* .

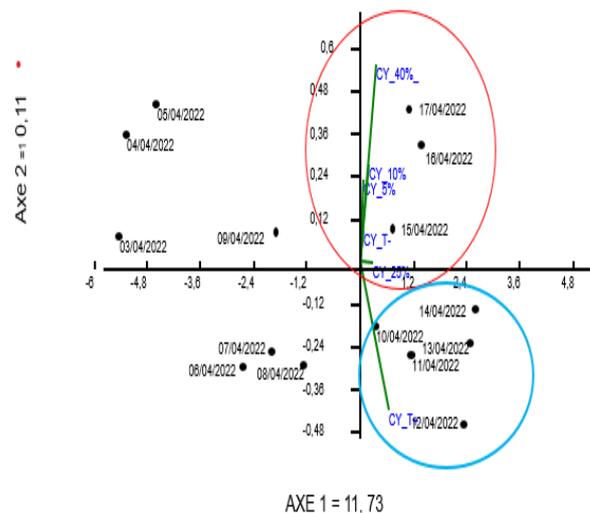
En revanche, la projection des variables montre que la tendance des vecteurs de différentes doses confirme l'efficacité du traitement par le jus de effet des HE *Eucalyptus globulus* et *Cupressus sempervirens* sur les tiges. La mesure de croissance des tiges de 03/04/2022 à 17/04/2022.

L'effet de l'HE d'*Eucalyptus globules* sur la croissance des tiges par rapport aux doses EU5% , EU10% , EU25% ,EU40%, T+ ont été remarquer au stades de floraison de la plante des le 13/04/222 a 15/04/2022 . contrairement au T- ( figure 52 et 53).

L'effet de HE de '*Cupressus sempervirens* sur la croissance des tiges par apport aux doses CY5% , CY10% , CY25% , CY40%, CY T-ont été remarquer au stades de floraison de la plante dès le 15/04/222 a 17/04/2022 . contrairement au CYT+ 14/04/2022 ( figure 53).



**Figure 52 :** Analyse mult variée «ACP» représentant effet de HE *Eucalyptus globulus* sur la croissance de tiges par les jours.



**Figure 53 :** Analyse mult variée «ACP» représentant effet d'HE *Cupressus sempervirens* sur la croissance de tiges par les jours.

### IV.3.1. Modulation de deux biofongicide sur la croissance des tiges de tomate inoculée par fusarium oxysporum.

Les données de la moyenne de la mesure de croissance ont été soumises à un ACP (Analyse en composantes principales effectuée avec PAST version 1.91 (Hammer et al., 2001).

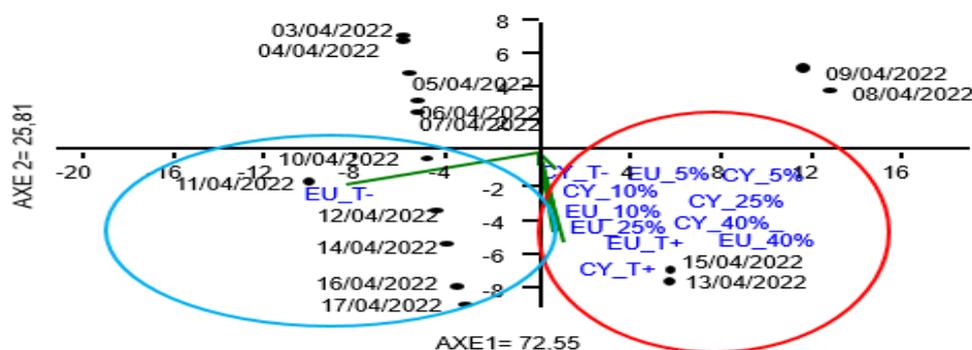
Une vision globale de spatiale de facteurs de différentes doses de huiles essentielles de *Eucalyptus globulus* et *cupressus sempervirens* nous a permis de distinguer une différence d'efficacité entre les différentes doses de chaque huile.

L'analyse en composantes principales (ACP) montre que les différentes doses appliquées sont comparables par les deux axes, l'axe 1 est 72.55% et l'axe 2 est 25.81%.

L'analyse multivariée est acceptable de fait que les deux axes présentent un pourcentage de contribution 98.36%.

En revanche, la projection des variables montre que la tendance des vecteurs de différentes doses confirme l'efficacité du traitement par le jus d'effet de deux huiles essentielles *Eucalyptus globulus* et *cupressus sempervirens* sur les feuilles. La mesure de croissance des tiges de 03/04/2022 à 17/04/2022.

L'effet de doses EU5%, CY5%, EU10%, CY10%, EU25%, CY25%, EU40%, CY40% et T-CY a été remarqué au niveau de stades de floraison de la plante dès le 13/04/2022 à 15/04/2022. Par la suite on remarque que EU T- a été remarqué depuis la moitié de l'expérimentation jusqu'à 10/04/2022 au 17/04/2022. (figure 54).



**Figure 54 :** Analyse multivariée «ACP» représentant l'effet d'HE *Eucalyptus globulus* *Cupressus sempervirens* sur la croissance de tiges par les jours.

### IV.3.2. Evaluation temporelle de l'effet des différentes doses d'application de « *Eucalyptus globulus* et *Cupressus sempervirens* sur la croissance des tiges de tomate inoculé par *Fusarium oxysporum*.

Les graphes de figure (...) représente des boites a moustaches qui montre l'application des 2 traitement à base de huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* et *Cupressus sempervirens* sous effet de différents doses **5% , 10 % , 25%, 40%**, de chaque huiles à savoir témoin (+) et le témoin (-) sur la mesure de croissance en longueur de tiges de tomate inoculé par *Fusarium oxysporum* durant la période du suivi ( 03/04/2022) jusqu'à a 17/04/2022 . Les résultats de analyse de variance à travers le test One wax ANOVA.

La doses la plus foret effet sur croissances des tiges a été enregistrée à la dose ( EU40%) d'huiles d'*eucalyptus globulus* étaient ( 67 cm) suivie de dose ( EU25%) qui est ( 61.3 cm). pour la dose ( EU10%) et ( EU5%) étaient plus faible effet sur croissance de feuilles environne (55.3 et 56. cm) respectivement , par rapporte le témoin (+) qui et la plus augmentée ( 69.1cm )

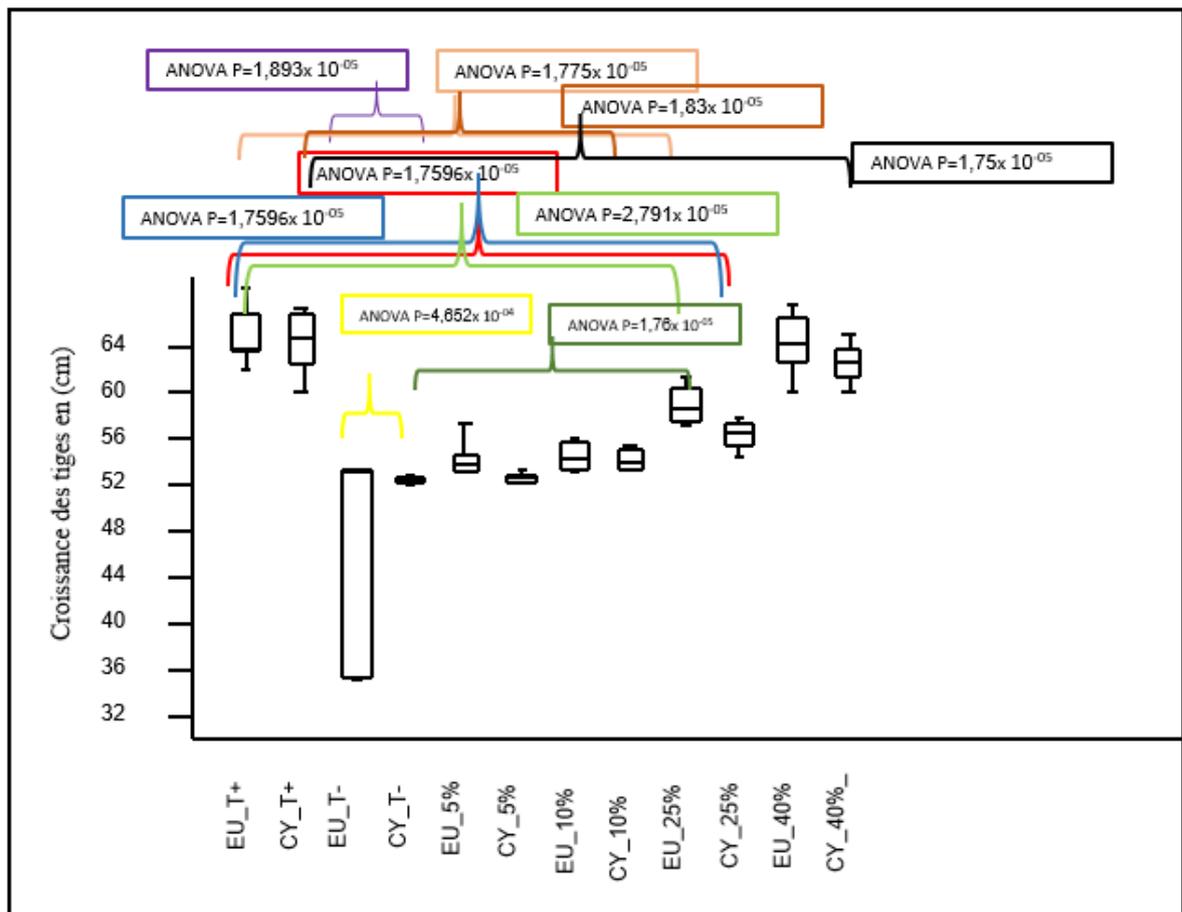
Concernent effet de HE de *Cupressus sempervirens* sur croissances de tiges étaient le plus faible effet que ceux calculé par rapport à l'huile d'Eucalyptus qui est (65cm) pour la plus grande dose (CY40%) et (53.3 cm) pour la plus faible dose (CY5%) .

Toujours l'huile essentiel d'Eucalyptus la plus efficace que l'huile de Cyprès sur les croissances des tiges . la ( figure ..) Résumés ci-dessous montrent la différence entre le taux de croissances des tiges traitées avec deux huiles.

Les résultats de l'analyse de ANOVA expriment une différence hautement significative de ( $p= 9.784 \times 10^{-09}$ ) pour les quatre doses de chaque huile La comparaison par paire établie par l'analyses de ANOVA fait ressortir la présence d'une différence hautement significative ( $p= 1.759 \times 10^{-05}$ ,  $p < 1\%$ ) entre le EU T+ et EU T-, CY T-, EU5% , CY5%, EU10% , CY10% , EU25% ,CY40% . qu'il y'a une différence hautement significative avec ( $p= 1.77 \times 10^{-5}$ ,  $p < 1\%$ ). Entre EU T+ et EU 40%. La suite de comparaison entre EU T+ et EU T- , CYT-, EU5% ,CY 5% ,EU 10%,CY 10% , ,CY 25% , . On remarque qu'il y'a une différence hautement significative avec ( $p= 1.77 \times 10^{-5}$ ,  $p < 1\%$ ).1. et entre EU T+ et EU 25% . il y'a une différence hautement significative avec ( $p= 1.75 \times 10^{-5}$ ,  $p < 1\%$ ) entre CY T+ et EU T- , CY T- , EU 5 % ,CY 5, % EU 10, % CY 10 ,% CY 25 % . Ensuite, la comparaison entre CY T+ et EU 25% indique une hautement significative avec ( $p= 2.79 \times 10^{-05}$ ,  $p < 1\%$ ). Et entre EU T-

et CY T-% montre une différence hautement significative avec ( $p= 4.65 \times 10^{-03}$ ;  $p < 1\%$ ). Les analyse de ANOVA désigne la présence d'une différence hautement significative ( $p= 1.89 \times 10^{-05}$ ;  $p < 1\%$ ) entre EU T- et EU5 %, et ( $p= 1,59 \times 10^{-35}$ ,  $p < 1\%$ ) entre EU T- et CY 5%. Ensuite, la comparaison entre EU T- et EU 10% on remarque qu'il y'a une différence hautement significative avec ( $p= 1,77 \times 10^{-05}$ ;  $p < 1\%$ ) et présence d'une différence hautement significative entre EU T- et EU 10% . EU T- et CY 10% indique une présence une différence hautement significative avec ( $p= 1.83 \times 10^{-5}$ ,  $p < 1\%$ ). La suite de comparaison entre EU T- et EU 25 % , CY 25 % , EU 40 % , CY 40 % montre une différence hautement significative avec ( $p= 1.75 \times 10^{-05}$  ;,  $p < 1\%$ ).

La comparaison entre la doses CY T- et EU 25% indique une différence hautement significative avec ( $p= 1.76 \times 10^{-05}$  ;,  $p < 1\%$ ). Et entre CY T – et CY25% ( $p= 9.81 \times 10^{-03}$ ,  $p < 1\%$ ). Et entre CY T- et EU 40%, CY 40% ( $p= 1.75 \times 10^{-05}$  ; ,  $p < 1\%$ ) . la comparaison entre EU 5% et EU 25% montre également une différence hautement significative de ( $p= 1.61 \times 10^{-04}$  ; ;  $p < 1\%$ ). 'il y'a une différence hautement significative avec ( $p= 1.75 \times 10^{-5}$ ,  $p < 1\%$ ). Entre EU 5% et EU 25%. La suit comparaison entre EU 5% et EU 40%, CY 40% . On remarque qu'il y'a une différence hautement significative avec ( $p= 1.76 \times 10^{-5}$ ,  $p < 1\%$ ) entre CY 5% et EU 25% . il y'a une différence hautement significative avec ( $p= 2.11 \times 10^{-2}$ ,  $p < 1\%$ ) entre CY 5% et CY 25% . Ensuite, la comparaison entre CY 5% et EU 40%, CY 40% indique une hautement significative avec ( $p= 1.75 \times 10^{-05}$ ,  $p < 1\%$ ). Et entre CY 10% et EU 25 % montre une différence hautement significative avec ( $p= 2.55 \times 10^{-04}$ ;  $p < 1\%$ ). La ANOVA désigne la présence d'une différence hautement significative ( $p= 1.75 \times 10^{-05}$ ;  $p < 1\%$ ) entre CY 10% et EU 40 %,CY 40% . ( $p= 2.99 \times 10^{-05}$ ,  $p < 1\%$ ) entre EU 25% et EU 40 % . Ensuite, la comparaison entre EU 25% et CY 40 % on remarque qu'il y'a une différence hautement significative avec ( $p= 2.06 \times 10^{-02}$ ;  $p < 1\%$ ) et présence d'une différence hautement significative entre EU T- et EU 10% . EU T- et CY 10% indique une présence une différence hautement significative avec ( $p= 1.75 \times 10^{-5}$ ,  $p < 1\%$ ). Enfin, la comparaison entre CY 25% et, EU 40 % , montre une différence hautement significative avec ( $p= 1.76 \times 10^{-05}$  ;,  $p < 1\%$ ) entre CY 25% et CY 40% .



**Figure 55 :** Effet de différente huiles de *Eucalyptus globulus* et *Cupressus sempervirens* sur la croissance des tiges inoculé par *fusarium oxysporum*.

---

## V. Discussion

Nos résultats du rendement des huiles essentielles des deux plantes, ont été calculés en fonction de la matière végétale sèche de la partie aérienne de la plante.

La plante d'*E. globulus* fourni un rendement d'environ (0,24%) .l'étude de **Ghenaiet et Aouidet (2016)**. Les huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* obtenues par un hydro distillateur de type Clevenger sont de couleur jaune claire et avec un rendement de (1,40-0,47%) , Les travaux de **Mondeste et ses collaborateurs (2014)** est de (1%) . Concernant *Cupressus sempervirens* nous avons obtenu un rendement de (0.18%). Les études faites sur le même paramètre montré par **Mazari (2014)**. Qui a trouvé un rendement (0.16%).

Cette différence de rendement entre les mêmes espèces peut être attribuée à de nombreux facteurs tels que : la période de récolte, le stade de croissance, l'âge de la plante, les conditions pédoclimatiques et édaphiques de la région, le climat, le sol et la technique d'extraction peuvent influencer le rendement (**Zrira et Benjilali, 1991; Zrira et Benjilali, 1992**). Et plusieurs d'autres facteurs (**Ben Ammar et al., 2007**).

D'après les taux d'inhibition générée par les huiles essentielles étudiées in vitro, l'huile essentielle d' *Eucalyptus globulus* exerce une action inhibitrice plus forte sur *F. oxysporum* avec un taux d'inhibition de 76,04 % et 75.91% pour la deuxième méthode. Les travaux de **Belhouan et Boussalha (2017)**, montrent un faible taux d'inhibition qui est de 25%. L'activité antifongique des HE d'*E.globulus* a été démontrée dans plusieurs recherches (**Goldstein et Epstein, 2000 ; Bellerbeck, 2002 ; Kehrl et al., 2004 ; Warot, 2006 ; Goetz 2012 ; Bey –Ould Si Said ,2014**). D'après **Kehrl et al., (2004)**. Les espèces d'*E.globulus* possèdent une très bonne activité antifongique.

L'huile essentielle de *E.globulus* riche en 1.8- cinéol , ce monoterepen a une actions sur la croissance de la cellules fongique. Les effets délétères sur la membranes mitochondriales devraient provoquer une inhibition du métabolisme énergétique mitochondriale ce qui entraine des perturbations dans un large éventail des processus physiologiques et biochimique dans la cellules fongique (**Yoshimura et al, 2010**).

D'après l'étude de ( **Gulakov et al., 2012**) le composent de macropal d' *Eucalyptus globulus* stimule la production des ROS ce qui cause des dommages aux cellules fongiques. Le travail de (**patra et al., 2012**), ont trouvé que la substance macropal d'*Eucalyptus globulus* a

---

provoqué une augmentation de la perméabilité membranaire qui produit une perturbation de changement de la membrane fongique dit aussi le macropal provoque une fragmentation de L'ADN.

D'après **Kehrl et al., (2004)**. Les espèces de *E.globulus* possèdent une très bonne activité antifongique. L'importante bio activité de cette essence est en relation avec sa teneur en eucalyptol (85%). En effet, plusieurs auteurs (**Goldstein et Epstein, 2000 ; Opdyke, 2002 ; Zhiri et Baudoux, 2005**). Montrent que les huiles essentielles riches en dérivés phénoliques (globulol et eucalyptol) possèdent une forte activité antifongique.

L'huile essentielle de *Cupressus sempervirens* présente une action inhibitrice plus forte sur *F. oxysporum* avec un taux d'inhibition de 67 % Pour la méthode de contact direct et de 70% pour La deuxième méthode. **Badaui et Salah (2020)** ont trouvé un pourcentage de 25 % sur le même champignon. 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 HE ont un effet antifongique sur le *Colletotrichum* sp.

D'autres rapports de chercheurs (**Cristani et al., 2007 ; Lucini et al., 2006 et al., 2009**) indiquent les composants des huiles essentielles de *C. sempervirens* traversent la cellule fongique, Membrane interagit avec les enzymes et les protéines Membranaires comme H<sup>+</sup> pompage de ATP, donc il produit un flux de protons vers l'extérieur de la cellule qui provoque des changements de la cellule et finalement leur mort. Cependant **Pinto et al. (2007)** ont rapporté que les champignons filamenteux des levures sont plus sensibles des huiles essentielles de *C. sempervirens*.

L'huile essentielle d'*E. globulus* présente un fort effet d'inhibition de la sporulation et la germination par rapport au taux d'inhibition de l'huile de *C. sempervirens*. Les travaux de **Belhouan et Boussaha (2017)**, montent que l'huile de *E.globulus* a une forte inhibition sur la sporulation et la germination de *F. oxysporum*. L'étude de **Zabani (2008)**, a indiqué que l'huile de *C. sempervirens* a un effet d'inhibition sur la sporulation et la germination sur la même pathogène.

---

Pouvoir inhibiteur des huiles essentielles sur la sporulation et la germination a été rapporté par plusieurs auteurs (**Sharma et Tripathi, 2006,2008 ; Chutia et al., 2009 ;Grbic et al .,2011 ; Philips , et al. (2003)**) qui affirment que les monoterpènes, a hautes concentration, entraînent une perte totale de l'homéostasie, de grandes dommages membranaires et une forte probabilité de la mort.

L'activité antifongique des huiles essentielles a été évaluée sur les champignons pathogènes (*F. oxysporum*). Les résultats obtenus prouvent des faibles propriétés inhibitrices de l'HE de *C. sempervirens*. Et il est à signaler que l'huile essentielle de *Eucalyptus globulus* a une propriété inhibitrice nettement plus élevée, ces activités de huiles ont été classées dans l'ordre décroissant suivant : *Eucalyptus globulus*>*cupressus sempervirens*.

Après nos résultats d'inoculation artificielle in-vivo, nous avons observé les symptômes de *Fusarium Oxysporum* sur toutes les parties aériennes des plantes. L'étude réalisée par (**Arino et al, 2007**), Ont noté que les symptômes de *Fusarium Oxysporum f. sp. Lycopersicise* manifestent en une décoloration de la tige commençant par un léger jaunissement longitudinal sur une portion de celle-ci et évoluant en une bande jaune plus marquée puis en une nécrose beige à marron clair. Les vaisseaux à l'intérieur de la tige brunissent. Il cause également un jaunissement du rachis, d'une foliole et éventuellement de la feuille entière.

Cette fusariose peut affecter les très jeunes plantes comme les plantes adultes. Sur les premières, elle occasionne un ralentissement de croissance, le flétrissement et le jaunissement des feuilles basses ; les tissus vasculaires sont fortement brunis. Bien souvent, les plantules finissent par se dessécher ou la chute et mourir ( **Anonyme ,2022**).

D'après l'étude de efficacité de deux l'huiles étudiées sur la *Fusarium Oxysporum* in vivo confirmé que l'huile essentielle d' *Eucalyptus globulus* exerce une activité antifongique plus forte Sur *F. oxysporum* qui réduit la développement de fusariose sur la plante de tomate par rapporte ou L'huile essentielle de *cupressus semperviren* ..D'autres rapports **Matougui et Benzagout (2020)** indique les huiles essentielles d' *Eucalyptus globulus* empêche la développement de tache brune de fusariose sur tiges et les feuilles de tomate .Les travaux de **Kehrl et al., (2004)**. Ont dit HE d'*Eucalyptus globulus* ralentit et bloquer le flétrissement de partie aérienne de tomate.

---

D'après l'étude in – vivo de **Pinto et ses collaborateurs .(2007)** a également montre que L'huile essentielle de *cupressus sempervirens* montre une efficacité remarquables contre la fusariose de la tomate , en effet de protégeant la plante contre *la Fusarium Oxysporum* .

D'après l'étude de **Viuda et al. (2008)**. Les huiles essentielles des citrus sont un mélange complexe de composés volatils qui présentent une activité antifongique en réduisant ou inhibant totalement la croissance mycélienne de *fusarium oxysporum*. Et travaux de **Van Hung et al. (2013)**. Rapportent que la croissance mycélienne diminue avec l'augmentation de la concentration en huile essentielle de *Citrus reticulata*. Ils obtiennent un PIC de 50.9 % vis-à-vis de *Fusarium oxysporum*, et **Salhi et al. (2005)**. Qui montre que l'huile essentielle du *Laurus nobilis* a exercé une importante activité inhibitrice vis-à-vis du champignon *Fusarium oxysporum*, les diamètres, la vitesse et l'indice antifongique de la croissance de mycélium sont diminué à chaque fois qu'on augmente la concentration d'huile essentielle jusqu'à la non germination du disque atteinte au CMI (0.5%).

L'huile essentielle de Tea tree exerce une action inhibitrice supérieur à 80% sur la croissance mycélienne et la sporulation de *Fusarium oxysporum* . (**Dorman et Deans, 2005 ; Marino et al. 2001 ; Delaquis et al 2002**).

D'après l'étude de **Djenane at al. (2011)**. Les huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* possède une forte activité antifongique sur *A.alternata* et selon les travaux de **Belhouan et Boussaha (2017)** *E.globulus* a un effet inhibiteur sur la croissance mycélienne de *B. cinerea* .

Activité antifongique de HE de *cupressus sempervirens* été rapporté par **Dahah. (2019)**. Affirme que HE de *cupressus sempervirens* a un effet sur la croissance mycélienne de *Colletotrichum sp.* Agent de l'anthracnose de la tomate.

L'évaluation de l'activité antifongique de ces huiles essentielles a révélé que leur taux d'inhibition varie selon plusieurs facteurs, dont la nature et la concentration de l'huile essentielle ainsi que de la souche fongique utilisée. La différence du pouvoir antifongique des huiles essentielles des deux plantes peut être attribuée à leurs compositions chimiques. En effet, les molécules qui possèdent un très large spectre d'activité antifongique et ils sont naturellement présents dans les essences de la plupart des espèces de *E.globulus* (**Feng et Zheng, 2007**)

*Conclusion*

## CONCLUSION

Le présent travail vise la recherche d'une alternative biologique aux pesticides chimique par le biais de deux huiles essentielles de deux essences forestières à savoir Eucalyptus commun « *Eucalyptus globulus* » et Cyprès commun toujours vert « *Cupressus sempervirens* », pour une meilleure gestion de la fusariose de la tomate, agent du flétrissement de la tomate.

Notre étude a porté sur l'activité antifongique des huiles essentielles extraites par entraînement de vapeur de la partie aérienne d'*Eucalyptus globulus* et de *Cupressus sempervirens* récolté dans deux forêts de la région de Tipaza sur un isolat fongique de *Fusarium oxysporum* isolé à partir de la tomate.

L'activité antifongique in vitro porté sur le pouvoir inhibiteur des huiles essentielles des deux espèces vis-à-vis de *Fusarium oxysporum*. a été étudié selon la technique de contact direct et la technique d'intégration de l'huile dans le milieu de culture et cela avec 04 doses différentes préparées au préalable à savoir 5%, 10%, 25% et 40%.

Les résultats obtenus selon les deux méthodes ont montré que l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* détient le pouvoir antifongique le plus prononcé comparant à l'huile du cyprès et que l'isolat de *Fusarium oxysporum* en est sensible.

Pour la méthode de contact direct, l'activité antifongique a été réduite jusqu'à 76,04 % et cela avec l'huile d'*Eucalyptus* avec la quatrième dose. Par ailleurs, la plus faible dose était enregistrée avec la dose 2 du cyprès (16,57%). La deuxième méthode qui concerne l'incorporation de l'huile dans le milieu de culture a donné de meilleurs résultats avec des taux d'inhibition très intéressants allant de 47,21 à 75,91 %.

Aussi, les deux huiles ont montré un effet sur la sporulation et sur la germination. L'huile de Cyprès et d'*Eucalyptus* permettent d'après notre expérimentation de réduire le nombre de spores germées à une dose de 40% de 90 % et plus.

L'inhibition complète de la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum* par les deux huiles dans quelques boîtes a confirmé leurs grandes potentialités antifongiques, en revanche, la reprise de croissance sur milieu de culture.

Activités antifongique in –vivo de deux l’huile essentielles porte sur la croissance de plante a confirmé que les deux l’huiles ont un effet antifongique et toujours l’huile *d’Eucalyptus globulus* la plus efficace contre *Fusarium oxysporum* que l’huile de *Cupressus sempervirens* fait conclure que les deux huiles ont un effet fongistatique sur l’isolat étudié, et n’atteint pas le seuil de nuisibilité.

Les perspectives qu’on peut recommander,

- Etude de la composition chimique des deux huiles essentielles pour connaître les molécules responsable de cette inhibition.
- Tester les extraits des deux huiles sur d’autres agents fongiques pathogènes..

*Références*  
*Bibliographiques*

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) **Abadie, C., EDEL V. et Alabouvette C. (1998).** Soil suppressiveness to Fusarium wilt: Influence of a cover-plant on density and diversity of Fusarium populations. *Soil Biol. Biochem* –Vol.30, No.5, pp 634-649.
- 2) **Adejumo, T.O., Hettwer, U., AND Karlovsky, P. 2007.** Occurrence of Fusarium species and trichothecenes in Nigerian maize. *International Journal of Food Microbiology* 116: 350357.
- 3) **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.
- 4) **Afnor.,2000.** Huiles essentielles. Échantillonnages et méthodes d'analyse monographies Relatives aux huiles essentielles.
- 5) **Ainref, 2020** -Agence National d'Intermédiation et Régulation foncière.
- 6) **Ainref, 2020** -Agence National d'Intermédiation et Régulation foncière.
- 7) **Ait Youssef Mohand, (2006).** Plantes medicinales de kablie preface du docteur Jean – Philippe Brette ; Ed Ibis press paris.
- 8) **Alabouvette, C. (1990).** Biological control of Fusarium wilt pathogens in suppressive soils, In *Biological control of soil-borne plant pathogens* (HORN, D., Ed) CAB international, Wallingford, pp 27-43
- 9) **AL-Othman A M., Hussain I., Khan H., UR Rehman M., Abdeltawab A A, Uliah R., Rohullah., Noor S and Talha M. 2012** - Phytochemical analysis and biological activities of selected medicinal plants. *Journal of Medicinal Plants Research*; 6 (23): 4005-4010.
- 10) **AL-Snafi A.E.,2016.** Medical importance of Cupressus sempervirens- A review. *IOSR Journal Of Pharmacy*, 6(6) : 66-76
- 11) **Amara N., Bougherara Y.,2017.** Activité Antimicrobienne de l'Huile Essentielle du Cyprès Vert (*Cupressus Sempervirens L.*). *Algerian Journal of Natural Products*, 5(2) : 455-462.
- 12) **Amarti F., Satrani B., Ghanmi M., Farah A., Aafi A., Aarab L., EL Ajjouri M., Chaouch A.,2010.** Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut. Et *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. Du Maroc, *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 14(1), 141-148.

- 13) **Amri I., Hamrouni L., Hanana M., Gargouri S., Jamoussi B., 2013.** Chemical composition, bio-herbicidal and antifungal activities of essential oils isolated from Tunisian common cypress (*Cupressus sempervirens* L.). *Journal of Medicinal Plants Research*, 7(16): 1070-1080.
- 14) **Anchisi, M. Gennari, M. Matta, A. 1985.** Retardation of *Fusarium* wilt symptoms in tomato by pre- and post-inoculation treatments on the roots and aerial parts of the host in hot water. *Physiological Plant Pathology*. 26 : 175-183.
- 15) **Anonyme, 2022-** <http://ephytia.inra.fr/fr/C/5118/Tomate-Fusarium-oxysporum-f-sp-lycopersici>(consulté 23/05/2022).
- 16) **Anonyme, 2022-** <https://fr.dreamstime.com/cycle-vie-d-plante-tomate-fond-blanc-image120426285>(consulté 15/01/2022).
- 17) **Arbaoui, M. (1984).** Essai d'utilisation de la vibration électrique et manuelle pour l'élimination de la fécondité de la tomate *Lycopersicum esculentum* non chauffée. Thèse d'ingénieur en agronomie, INA, Alger.56 p.
- 18) **Arino, A., Juan, T., Estopanan, G., and Gonzalez-Cabo, J.F., 2007.** Natural occurrence of *Fusarium* species, fumonisin production by toxigenic strains and concentration of fumonisins B1, and B2 in conventional and organic maize grown in Spain. *Journal of Food Protection* 70: 151-156. Bailly, J.D.,
- 19) **Baba Aissa F., 1999** - Encyclopédie des plantes utiles, flore d'Algérie et de Maghreb. ed. Librairie moderne, Rouïba : 278-279p
- 20) **Badaui M., Salah F., 2020...** Essai de l'effet antifongique de l'huile essentielle de *Cupressus sempervirens* L sur *colletotrichum* sp. 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, 66p.
- 21) **Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D., Idaomar M., 2008.** Biological effects of essential Oils *Rev: Food. Chem Toxicol.* 46 : 446–475.
- 22) **Banks M. (2004).** "Amazon. Com: Opens the books." *Online information review* 28 (2) : 30-33.
- 23) **Barna, B., A.R.T, Sarhan et Kiraly, Z. (1985).** The influence of nitrogen nutrition on the sensitivity of tomato plants to culture filtrates of *Fusarium* and to fusaric acid. *Physiological Plant Pathology*, 23: 257-263.
- 24) **Bartels Andreas, (1998).** Guide des plantes du bassin mediterraneen, Paris p 315.

- 25) **Bassole I.H.N., Ouattara A.S., Nebie R., Ouattara C.A.T., Kabore Z.I. & Traore S.A. 2002.** Chemical composition and antibacterial activities of the essential oils of *Lippia chevalieri* and *Lippia multiflora* from Burkina Faso. *Phytochemistry*, 62, 209-212.
- 26) **Batish D. Singh R. Harminder Pal K. Ravinder K et Kaur S. (2008).** Eucalyptus essential oil as a natural pesticide. *Forest Ecology and Management*. Vol. 256, n° 12, pp. 2166-2174.
- 27) **Becker M., Picard J. F., Tibai J.,1982.** “la rousse des arbres de arbustes de l’Europe Occidentale”, Ed: Larousse, Paris, p 330.
- 28) **Beckman, CH. (1988).** The Natur of witt Diseases of Plants St. Paul, Minnesota: The American Phytopathological Society. APS Press.
- 29) **Belaiche P., 1979.** L’aromatogramme, Traité de phytothérapie et d’aromathérapie, M.S.A.Editeur, Paris,Tome 1, p :20.
- 30) **Belhuan W., Boussaha A., 2017.** Essai de l’effet antifongique de l’huile essentielle de *Eucalyptus globulus* sur sur *F. oxysporum* d tomates. Mémoire de fin d’études Pour l’obtention du diplôme de Master en biologie. Université 8 Mai 1945 –Galma, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, 36p.
- 31) **Ben Ammar, R., Kilani, S., Bouhlel, I., Skandarani, I., Mahmoud, A. (2007).** Antibacterialand cytotoxicactivities of extractsfrom (Tunisian) *Rhamnus alaternus*. *Annals of Microbiology*. 57(3) : 453-460.
- 32) **Benhamou, N., Richard, R., Patrice Reyb, B., Oligandrin, Y.T. (2001).** “The elicitin-like protein produced by the mycoparasite *Pythium oligandrum*, induces systemic resistance”.
- 33) **Bennett, J.W., and Klich M., 2003.** Mycotoxins. *Clinical Microbiology Reviews* 16: 497- 516.
- 34) **Benton J.J., 1999** -Tomate plante culture: In the field, Green house and Home garden. By CRC press LLC. P183
- 35) **Bessedik. M., Lkhenfer B.,2015.** Etude de l'activité antifongique des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* et *Thymus algeriensis* contre quelques champignons phytopathogènes des palmes du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L). Mémoire Master Academique, Universite Kasdi Merbah Ouargla.P3-4.
- 36) **Bey –Ould SI SAID Z. 2014.** Activités biologiques des huiles essentielles des feuilles et du fruit d’une plante médicinale *Eucalyptus globulus*. Mémoire de Magister d’état, Université Abderrahmane Mira, Bejaïa, 63p.
- 37) **Bianchinif., Corbetta F., 1975.** « Atlas des plantes médicinales », 243 p.

- 38) Billerbeck K.V.G., Roques C., Vaniere P., et Marquier P. 2002.** Activité antibactérienne et antifongique de produits à base d'huiles essentielles. Hygiène, pp. 248-251.
- 39) Bissett, J.A. (2004).** A revision of the genus *Trichoderma*. II. Infrageneric classification. (b) *Can. J. Bot.*, 1991, 73 : 2280-2300.
- 40) Blamey M. et Grey-Wilson C., 2003.** La flore d'Europe occidentale. Paris, ed. Flammarion. 544p.
- 41) Blancard D., Latterot H., Marchaud G. et Candresse T. 2009.** Les maladies de la tomate. Ed. Quae, Paris. 679p.
- 42) Bloemberg, G.V., Lugtenberg, B.J. (2001).** "Molecular basis of plant growth promotion; and biocontrol by rhizobacteria", *Curr Opin plant soil*, 4, 343-350.
- 43) Bouaine A., 2017.** Etude de l'activité antifongique des huiles essentielles extraites des deux plantes aromatiques et médicinales : lentisque et myrte. Mémoire de fin d'études, université sidi mohammed ben abdellah P 6-10.
- 44) Boudy P. (1955).** Économie forestière nord-africaine. Ed Masson et cie, *Paris*, Tome IV. P826.
- 45) Bouhot, D., Rouxel, F., Louvet, J. (1972).** Première observation de la fusariose vasculaire de la tomate en France. *Ann. Phytopathol.* 412 : 187-191.
- 46) Boukhris M., Regane G., Yangui T., Sayadi S and Bouaziz M. 2012 -** Chemical composition and biological potential of essential oil from Tunisian *Cupressus sempervirens* L. *Journal of Arid Land Studies*; 22(1): 329-332.
- 47) Boullard B. (2001).** Plantes médicinales du monde, réalités et croyance, ed ESTEM Paris.348.47p
- 48) Brofas G., Karetsos G., Dimopoulos P., Tzagari C., 2006.** The natural environment of *Cupressus sempervirens* in greece as a basis for its use in the mediterranean region. *Land Degrad. Develop.*, 17 : 645–659.
- 49) Bruneton J. (1999).** Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales. Ed. Tec & Doc. Paris. PP : 483-560
- 50) Bruneton J. ,1999.** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3ème Ed. Paris : Tec & Doc Lavoisier, P. 207-211.
- 51) Bruneton J., 1993.** Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes Médicinales, Tec & Doc. Lavoisier, Paris, 2ème édition, 915 p.
- 52) Bruneton J., 2009.** Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes Médicinales 4emeEd. Tech et doc/Lavoisier, Paris, P. 661-4

- 53) Burnett, J.H. (1984).** Aspects of *Fusarium* genetics. In “The Applied Mycology of *Fusarium*” (Moss M.O & Smith J.E., eds), pp. 39-69. Cambridge University Press, Cambridge.
- 54) Calderone N.W., Twilson W. and Spivak M., 1997 -** Plant extracts used for control of the parasitic mites *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) and *Acarapis woodi* (Acari: Tarsonemidae) in colonies of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). *J. Econ. Entomol.*, N° 90, pp. 1080-1086
- 55) Carson C.F. & Riley T.V., 1995.** « Antimicrobial activity of the major components of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* » *J. ApplBacteriol*, 78(3): 264-269.
- 56) Carson C.F., Riley T.V., Bosque F. (2002).** Antimicrobial activity of the major components of essential oil of *Malaleuca alternifolia*. *Journal of Applied Bacteriology*. Vol 78, pp. 264-269.
- 57) Caudullo G., de Rigo D., 2016.** *Cupressus sempervirens* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. *European Atlas of Forest Tree Species*, 3 :87-89.
- 58) Causse, M., Giovannoni, J., Bouzayen, M., & Zouine, M. (ÉDS.),2016-** The Tomato Genome. Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-53389-5>.
- 59) Chaumont J.P., Leger D., 1989-**Propriétés antifongiques de quelques phénols et de composés chimiquement très voisin. *Relation structure –activité. Plant Med. Phyto.* 23(2), 124-126.
- 60) Chaux C.L. et Foury C.L., 1994.** Production légumières et maraichères, tome III : légumineuses potagères, légumes fruits. Tec & Doc. Lavoisier, Paris. 563p.
- 61) Chaux, C., Foury, C. (1994).** Production Légumières Tome 1. Editions Lavoisier., Tec et Doc, 126p.
- 62) 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.
- 63) Cronquist A., 1981.** An inetgrated system of classification of following plants. Colombia University. 1256p.
- 64) Daroui M, H. (2012).** Etude phytochimique et biologique des especes. *Eucalyptus globulus* (Myrtaceae), *Smyrniololus* (Apiaceae), *Asteriscus maritimus* et *Chrysanthemum trifurcatum* (Asterarceae).
- 65) Daunay M.C., Janick J., et Laterrot H., 2007.** Iconography of the Solanaceae from antiquity to the XVIIth century: a rich source of information on genetic diversity and uses. *Ed Solanaceae VI : Genomics meets biodiversity. Acta Horticulturae* 745 : 59–88.

- 66) Davidson P.M. (1997).** Methods for testing the efficacy of food antimicrobial. Food Technology. Vol 43, pp.148-155.
- 67) De Feo V., Bruno M., Tahiri B., Napolitano F. and Senatore F., 2003 -** Chemical composition and antibacterial activity of essential oils from *Thymus spinulosus* Ten (Lamiaceae). J. Agric. Chem., N° 51, pp. 3849-3853.
- 68) Debillerbeck V.G., Roques C., Vaniere P& Marquier P., 2002.** Activité antibactérienne et antifongique de produits à base d'huile essentielle. Hygiène (Revue officielle de la société française d'hygiène hospitalière), 10, 248-251.
- 69) Deleveau P., Lorrain M., Mortier F., Rivolier C., Rivolier J., Sche Weitzer A.R., 1985.** Secrets et vertus des plantes médicinales, Ed. Sélection du Reader's Digest, Paris.
- 70) Diener, A.C., Ausubel, F.M. (2005).** Resistance to *Fusarium oxysporum* a dominant Arabidopsis disease-resistance gene is not race-specific. Genetics 171 : 305-321.
- 71) Dommergues, Y.ETF. Mangenot, 1970. Ecologie microbienne du sol.**  
Edition MASSON. 40-45p.
- 72) Dorman H.J.D. et. Deans S.G., 2000-**Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oil, Journal of Applied Microbiology, 88: 308- 316.
- 73) Ebrahimi S., Hadian J, (2008).** "Essential oil composition and antibacterial activity of *Thymus caramanicus* at different phenological stages." Food chemistry 110 (4) : 927- 931.
- 74) EL Ajjouri M., Satrani M., Ghanmi M., AAFI A., Farah A., Rahouti M., Amarti F., Aberchanem., 2008.** Activité antifongique des huiles essentielles de *Thymus bleicherianus* Pomel et *Thymus capitatus* (L.) Hoffm. & Link contre les champignons de pourriture du bois d'œuvre Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 12(4), 345-351.
- 75) Emami S A, Khayyat M H, Rahimizadeh M, Fazly-Bazzazb S and Assili J. 2005-** Chemical constituents of *Cupressus sempervirens* L cv. *cereiformis* Rehd essential oils. Iranian Journal of Pharmaceutical Sciences ;1(1) : 33-36.
- 76) Enright, W, Arrillaga J, Watson N. Zavahir, J. (1996).** Modelling multi-limb transformers with an electromagnetic transient program. IMACS. International conference.
- 77) Ezzahiri B., 2004.** Index phytosanitaire du Marco. Edition ,2004. Ed. AMPP, 257p.
- 78) Fandohan, P., Gnonionfin, B., Hell, K., Marasas, W.F., and Wingfield, M.J., 2005.** Natural occurrence of *Fusarium* and subsequent fumonisin contamination in preharvest and stored maize in Benin. International Journal of Food Microbiology 99 : 173-183.
- 79) Fao, 2014.** Bases de données statistiques de l'organisation mondiale de l'agriculture, 30p.

- 80) Fao., 1987** : Réponse des rendements à l'eau : Bulletin Fao d'irrigation et de drainage.83p.
- 81) Feng W. et Zheng X.2007.** Essential oils to control alternaria alternata in vitro and in vivo, food control, pp.1126-1130.
- 82) Figueredo G., 2012.** Etude chimique et statistique de la composition d'huiles essentielles d'origans (Lamiaceae) cultivés issus de graines d'origine méditerranéenne, pour obtenir le grade de docteur d'université (Spécialité : Chimie organique). P 56.
- 83) Foudil C Y.1991** - Etude comparative des huiles essentielles algériennes d'Eucalyptus globuluslabill. etcamaldulensis.These magister. U.S.T.H.B., Alger, 159p
- 84) Fournier P-V., 2010.** Dictionnaire des plantes médicinales et vénéneuses de France. 1047 p.
- 85) Gakuru, S. et Foua-BI, K., 1995.** Effet comparé des huiles essentielles de quatre espèces végétales contre le bruche du niébé (*Callosobruchus maculatus* Fab.) et le charançon du riz (*Sitophilusoryrae* L.). Tropicultura vol.13, N° 4, pp. 143-146p.
- 86) Gakuru, S. et Foua-BI, K., 1996.**Effet d'extraits de plantes sur le bruche du niébé *Coltosobructius maculatus* Fab. Et le charançon du riz *Sitophilusorizae* L. Cahiers Agriculture ; vol. 5. T 1, pp.39-42.
- 87) Garnero J., 1991.** Les huiles essentielles, leur obtention, leur composition, leur analyse et leur normalisation, Ed. Encyclopédie des médecines naturelles, Paris, France, p. 2-20.
- 88) Gaspar F., Jeeke G., 2004.** Essential oil from *Origanum vulgare* L ssp. *Virens* (HOFFM. And LINK) IETSWAART : Content, Composition and Distribution Within the Bracts., J. Essent. OilRes., 16, p 82, 84.
- 89) Gausson H., Lefoy J. et Ozenda P.1982.** Précis de Botanique. 2eme Ed. Masson, Paris : 172p.
- 90) 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.
- 91) Ghenaiet I. Aouidet S. (2016).** Etude de l'impact des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* sur *Rhizopertha dominica* : Aspect toxicologique et biomarqueur.
- 92) Gimeno-Gilles, C., 2009-** Étude cellulaire et moléculaire de la germination chez *Medicago truncatula* (Doctoral dissertation, Université d'Angers).
- 93) Goetz P.2012.** Phytothérapie infectieuse, Springer Verlag, Fr

- 94) Goldestein H.B., Epstein B.J. 2000.** La dentisterie non conventionnelle : Parais 4, les pratiques et les produits dentaires conventionnels. J Can. Dent. Assoc, pp. 564-568.
- 95) Grubben G.J.H et Denton O.A., 2004 :** Ressource végétale de l'Afrique tropicale 2. Légumes. Ed Prota, Wageningen. Pay-Bas, 737 P.
- 96) Guiga, W., (2006)** - Identification des inhibiteurs de la germination de l'orge et mise au point d'un procédé de traitement des eaux de trempé en malterie en vue leur recyclage (Doctoral dissertation, Institut National Polytechnique de Lorraine).
- 97) Guignard J.L, 1977.** Abrège de Botanique a Lusage des Etudiants en pharmacie.
- 98) Hamoir, J. Goret, M. Mignon, B. Gustin, P. 2001.** Actualité sur les antifongiques enregistrés en Belgique dans le cadre du traitement des dermatophytoses. Ann. Med. Vet. (145) : 226-232.
- 99) Heiser (1969) IN Jones, J. B. (1999)-** Tomato plant culture: In the field, greenhouse, and home garden. CRC Press.
- 100) Heller R., Esnault R., Lance C., (2000)** - Physiologie végétale, volume 2, Développement. Paris Dunod, ISBN : 2100044974, 9782100044979, 366p.
- 101) Henni, J. E., Boisson C. ET GEIGER J.P., (1998):** vegetativ compatibility between *Fusarium oxysprum* isolates from the western region of Algeria. phytopathology. Medit 37 :69-74(in french). lycopersici.
- 102) Henni, JE. 1998.** Morphologie, pouvoir pathogène et diversité génétique chez *Fusarium oxysporum* f.sp *lycopersici*. Thèse de Doctorat d'état. Université d'Oran. p.171.
- 103) 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.
- 104) Imdorf A., Bogdanov S., Ochoa R.I. et Calderone N.M., 1999** - Utilisation des huiles essentielles dans la lutte contre *Varroa jacobsoni*, parasite des colonies d'abeilles. Centre Suisse de recherche apicole, Dept. Entom., Cornell University Ithaca, USA, 4p.
- 105) Inouye S., Abe S., 2004.** Nouvelle approche de l'aromathérapie anti-infectieuse-Phytothérapie, Vol. 1. P 2, 4
- 106) Iserin P ; 2001 :** « Larousse encyclopédie des plantes médicinales : identification, préparation, soins ». 1<sup>ère</sup> Edit : Larousse, Paris, 335p.
- 107) Isman. M.B., 1994:** Botanical insecticides and antifeedants: new sources and perspectives. Pesticide Research Journal, 6 : 11–19.

- 108) Itcmi.,2017.** Guide Pratique, La culture de la tomate sous serres. Ed. Institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles, Staoueli, Alger,14p.
- 109) Ito, S., Nagata, A., Kai, T., Takahara, H., Tanaka, S. (2005).** “Symptomless infection of tomato plants by tomatinase producing *Fusarium oxysporum* formae speciales nonpathogenic on tomato plants”, *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 66, 183-191.
- 110) Joshi, R. (2018).** A review of *Fusarium oxysporum* on its plant interaction and industrial use. *J. Med. Plants Stud.* 6 (3),112-115.
- 111) Kalembe D., Kunicka A., 2003.** Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Curr. Med. Chem.* 10: 813-829.
- 112) Karthika, S; Varghese, S and Shanavas, J. (2020).** Exploring the efficacy of antagonistic rhizobacteria as native biocontrol agents against tomato plant diseases. *3 Biotech.*
- 113) Kehrl W., Sonnemann U., Dethlefsen U.2004.** Therapy for acute nonpurulent rhinosinusitis with cineole: results of a double-blind, randomized, placebo-controlled trial. *Laryngoscope*, pp.738-742.
- 114) Khedim S., Benajmaia W., 2019.** Essai de l’effet antifongique de l’huile essentielle de *Cupressus sempervirens* 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, Ffaculté des Sciences de la Nature et de la Vie, 83p.
- 115) Kolev N., 1976.** Les cultures maraichères en Algérie. Tome I. Légumes fruits. Ed. Ministre de l’Agriculture et des Reformes Agricoles. 52p.
- 116) Komi,A.1993.**Pouvoir pathogène et diversité génétique chez *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasinfectum* (ATK) SN. EtH.: Agent de la fusariose du cotonnier. Thèse de doctorat d’état. Université de Montpellier II. Sciences et Techniques du Languedoc.
- 117) Koumaglo, H. K., 1992.** Quelle alternative pour le développement du monde rural. La Valorisation des Production Végétales : Cas des Produits Aromatique et des Huiles Essentielles. Réunion Scientifique Internationale. IRST Butare, 263-268
- 118) Koziol N. (2015).** Huiles essentielles d’*Eucalyptus globulus*, d’*Eucalyptus radiata* et de *Corymbia citriodora* : qualité, efficacité et toxicité. *Sciences pharmaceutiques.* hal-01733789.

- 119) Kumar, Peeyush, Mishra, Sapna, Malik, Anushree et Satya, Santosh (2012).** A study on turnover intention in Fast food industry: - Employees' fit to the organizational culture and the important of their commitment" International Journal-Academy Research in Business & Social Science Vol. 2, Issue 5.
- 120) Labiod R., 2016.**valorisation des huiles essentielles et des extraits de saturejacalamintha nepeta : activité antibactérienne, activité antioxydante et activité fongicide, thèse de doctorat. Université badji mokhtar-annaba-p95.
- 121) Latigui A., 1984.** Effets des différents niveaux de fertilisation potassique sur la fructification de la tomate cultivée en hiver sous serre non chauffée. Thèse Magister. INA El-Harrach.180p.
- 122) Laumonier R., 1979** -Culture légumière et maraîchère, J.B Ballière Eds. Paris, Tome II : p276. Tome III, édition J.B Bablière, paris, p112, 279.
- 123) Lemanceau, P., Offre, P., Mougel, C., Gamalero, E., Dessaux, Y., Moenne-Loccoz, Y. et Berta, G. (2006).** Microbial ecology of the rhizosphere. Dans "Microbiological methods for assessing soil quality", Bloem, J., Hopkins, D.W. et Benedetti, A. (Eds). CABI publishing, Massachusetts, Cambridge, MA, Etats-Unis, p. 228-230.
- 124) Louvet, J. (1979).** General aspects of soil disinfestations. In: D. Mulder soil disinfestations. Elsevier. 3-7.
- 125) Lucchesi M.E., 2005-** extraction sans solvant assistée par micro-ondes conception application à l'extraction des huiles essentielles. Thèse de doctorat en sciences discipline chimie. Université de la Réunion. Faculté des Sciences et Technologies
- 126) Mara. (1968).** Statistique agricole, superficie et production, Série B. Ministère de l'agriculture et de la réforme agraire (Algérie), p. 40.
- 127) Maraitre, H., Meyer, J.A., et AL. (1973).** " La fusariose de la tomate. Symptôme race physiologique, lutte chimique et résistance variétale ", Ann. Phytopathol., 52, 187-202.
- 128) Marburg, M. W. (1999).** Plantes therapeutiques - Tradition, pratique officinale, science et therapeutique.3<sup>e</sup> edition technique& documentation.636 p.
- 129) Martini M.C. et Seiller M., 1999-**Actifs et additifs en cosmétologie. Procédé, s d'extraction des huiles essentielles. Ed. Tec. Et Doc. : Médicales Internationales. Paris563 p.

- 130) Matougui M., Benzagoute., 2020-** Évaluation de l'activité antifongique de l'huile essentielle d'Eucalyptus globulus vis-à-vis de Fusarium spp. D'intérêt médical : Etude prospective. Mémoire de master, option Mycologie et Biotechnologie Fongique , Université des Frères Mentouri Constantine 01 Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Algérie , 40 P.
- 131) Maw, G.A., Kempton R.J. (1973).** Methyl Bromide as a soil fumigant soil fertility. 36 : 41- 47.
- 132) Mazari K (2009).** Etude phytochimique et pouvoir antimicrobien de Juniperus phoenicea Juniperus oxycedrus L. et Cupressus sempervirens L. de la région de Tlemcen.
- 133) Mazliak P., 1982-** physiologie végétale et métabolisme, Herman (éd.), Paris. 230 p.
- 134) MCGovern, R. (2015).** Management of tomato diseases caused by *Fusariumoxysporum*. Crop Protection. 73.
- 135) Mekhlouf Y., 200** - Evaluation des propriétés insecticides du purin d'ortie (*Urtica dioica*) sur les feuilles de la laitue et de fève. Mémoire de Technicien supérieur en protection des végétaux, Tipaza, Insfp de Hadjout, 45 P.
- 136) Messiaen, C.M. ETR. Cassini, 1968.** Recherches sur les fusarioses. IV - La systématique *Fusarium*. *Ann. Epiphyt.* 19, 387-454.
- 137) Meyer S., Reeb C., Bosdeveix R., 2019-** Botanique. Biologie et physiologie végétales (3e édition). MALOINE.
- 138) Miller, C., 2021,** janvier 8- Tomato Growth Stages — Review of All the Growing Stages. The Green Pinky. <https://www.thegreenpinky.com/tomato-growth-stages/>
- 139) Miransari M., Smith D., 2009-** Rhizobial lipo-chitoooligosaccharides and gibberellins enhance barley (*Hordeum vulgare* L.) Seed germination. *Biotechnology* 8 (2), 270- 275.
- 140) Modeste L. S., Marie Ampere B. B., Severin T.N., Lile Christere N.M., Pierre Michel J. D., Fabrice F., B et Chantal M. 2014.** Potential use of Eucalyptus globulus essential oil against *Phytophthora colocasiae* the causal agent of taro leaf blight, *Eur J Plant Pathol* DOI 10.1007/s10658-014-0457-y. 2014.
- 141) Moenne-Loccoz Y., Powell J., Higgins P., McCarthy J., and O'gara F. (1998).** An investigation of the impact of biocontrol *Pseudomonas fluorescens* F113 on the growth of sugarbeet and the performance of subsequent Clover-Rhizobium symbiosis. *Applied Soil Ecology*, 7(3), 225-237.
- 142) Molino P., 2005.** A guide to medicinal plants in North Africa. Spain. IUCN centre for Mediterranean cooperation, 269p.

- 143) **Moussa A M., Emam A M., Diab Y M., Mahmoud M E and Mahmoud A. 2011.** - Evaluation of antioxidant potential of 124 Egyptian plants with emphasis on the action of *Punica granatum* leaf extract on rats. *International Food Research Journal*; 18: 535-542
- 144) **Moyse H, (1971).** *Matiere medicale. Tome2. Masson* p274.
- 145) **Mujeebur, R.K., Shahana, M.K. (2002).** Effects of root-dip treatment with certain phosphate solubilizing microorganisms on the fusarial wilt of tomato. *Bioresource technology* 85 : 213-215.
- 146) **Mutin I., 1977-** *la Mitidja décolonisation et espace géographique*, Ed. Office publ. Univ. Alger, Algérie, 607p.
- 147) **Nazzaro F., Fratiannif., Coppolarand De FEO V., 2017.** Essential Oils and Antifungal Activity. *Pharmaceuticals* 2017, 10(86) P1-20.
- 148) **Nelson, P. E., Toussoun, T. A AND COOK, R, K. J. (1981).** ‘Fusarium’. Diseases, Biology and Taxonomy. Penn. Star. Univ Press, 45p.
- 149) **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.
- 150) **Nikhat, S., Siddique, V.H., Pakkala, A., Yasha, K., Ankit, K., Akshay, K and Singadi, S. R. (2019).** Biological control of *fusarium* wilt of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) by antagonistic fungi. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry.* 2019 ; 8(4) : 2252-2259.
- 151) **Nuto Y., 1995-** Synergistic action of co-occurring toxins in the root bark of *Zanthoxylum zanthoxyloides* (Rutaceae) against the cowpea beetle *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). Thesis of PhD S.U.N.Y. Syracuse, New York, 107 p.
- 152) **Nyabyenda P., 2007 :** Les plantes cultivées en région tropicale d'altitude d'Afrique. Ed Presse Agronomique de Gembloux, T, 240P.
- 153) **Opdyke D.L.J.2002.** *Eucalyptus oil*, p.107.
- 154) **Papageorgiou A., Panetsos K., Hattemer H., 1994.** Genetic differentiation of natural Mediterranean cypress (*Cupressus sempervirens* L.) in Greece. *Forest Genetics*, 1 : 1–12.
- 155) **Pattnaik ; Subramanyam S; V.R. et Kole C. 1996.** Antibacterial and antifungal activity of ten essential oils in vitro. *Microbios*, pp.237-246.

- 156) **Pellecuer J., Roussel J.L., Andary C., 1980**-Recherche du pouvoir antifongique de quelques huiles essentielles. *Rivista Italiana Essenzo (EPPOS)*. 23,45-50.
- 157) **Pibiri M.C., 2006**. Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles, Thèse de Doctorat, Lausanne, Canada, p.77.
- 158) **Picot A., Hourcade-Marcolla D., Barreau C., Pinson-Gadais L., Caron D., Richard-Forget F. and Lannou C. (2012)**. Interactions between *Fusarium verticillioides* and *Fusarium graminearum* in maize ears and consequences for fungal development and mycotoxin accumulation. *Plant Pathology* 61, 140-151.
- 159) **Pinton, R., Varanini, Z. et Nannipieri, P. (2001)**. The rhizosphere as a site of biochemical interactions among soil components, plants, and microorganisms. Dans "The rhizosphere", Pinton, R., Varanini, Z.
- 160) **Polese J.M., 2007**. La culture de la tomate. Ed Artémis .95p
- 161) **Pontopiddan A, 2000** les cyprès. Edition A et sud.
- 162) **Porter N., 2001**. Essential oils and their production. *Crop & Food Research*. Number 39.
- 163) **Raemaekers R., 2001**. Agriculture en Afrique tropicale. Bruxelles : Direction Générale de la Coopération Internationale, 1562p.
- 164) **Rombi M., et Robert D., 2007** : « 120 plantes médicinales, composition, mode d'action et intérêt thérapeutique ». Ed : Alpen, Paris, 520p.
- 165) **Sanaa B., Meriem B., 2021**- Contribution à l'étude des propriétés germinatives de l'ortie (*Urtica dioica*) de la région de la Mitidja. Mémoire de master, option Biotechnologie végétale Fac. Des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques Dép. de biotechnologie, Uni. Saad dahleb de Blida, Algérie, 22-23 p.
- 166) **Scott, I.T. (1923)**. The influence of hydrogen-ion concentration on the growth of *Fusarium lycopersici* and tomato wilt. *Missouri Agricultural Experiment Station Research Bulletin* 64
- 167) **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.
- 168) **Shankara N, Joep J, Marja G, Martin H, Barbara D., 2005**. La culture de la tomate : production, transformation et commercialisation. Ed. Fondation Agromisa et CTA, Wageningen. 105 p.

- 169) Sivropoulou A., Kokkini S., Lanaras T., Arsenakis M., 1995-**Antimicrobial activity of mint essential oils. J. Agric. Food Chem., 43, pp: 2384-2388.
- 170) Smith, S. N., Snyder, W. C. (1971).** “Relationships of density and soil types to severity of Fusarium wilt of sweet potato”, Phytopathology, 61, (1971),1049 – 1051.
- 171) Snoussi S.A. (2010).** Etude de base sur la tomate en Algérie. Rapport de GTFS/REM/070/ITA, 52 p.
- 172) Spadaro, D., Gullino, M.L. (2005).** “Improving the efficacy of biocontrol agents against soilborne pathogens” Crop Protection, 24, 601–613.
- 173) Tapondjou L.A., Adler C., Bouda H., et Fontem D.A., 2002-** Bioefficacité des poudres et des huiles essentielles des feuilles de *Chenopodium ambrosioides* et *Eucalyptus saligna* à l’égard du bruche du niébé, *Callosobruchus maculatus* Fab (Coleoptera, Bruchidae). Cahiers d’études et de recherches francophones, Agricultures, 12(6), pp. 401-407.
- 174) Tello-Marquina,J.C.ETC.Alabouvette,1984.**  
Observationdelapersistancedanslesoldesmicroconidiesde*Fusariumoxysporum*.*Agronomie*4(9) :123-130.
- 175) Tivoli,B.1988.**Guided’identificationdesdifférentesespècesouvariétésde *Fusarium*rencontréesenFrancesurlapommedeterreetdanssonenvironnement.*Agronomie*,8(3):211-222.
- 176) Toussoun, T. A., and Neison, P.E. (1976).** A Pictorial Guide to the Identification of *Fusarium*..Fisher,N.L.,Burgess,L.W.,Toussoun,T.A.,andNelson,P.E.1982.Carnationleavesas substrateandforpreservingculturesof*Fusarium*species.*Phytopathology*,72:151-153
- 177) Toussoun, T.A., Neison, P.E. (1976).** A Pictorial Guide to the Identification of *Fusarium* Species, Second Edition. Pennsylvania State University Press, University Park
- 178) Utree A., Slump R.A, Steging G. & Smid E.J. (2002).** Antimicrobial activity of carvacrol on rice. Journal of food protection, Vol.63, pp. 620-624.
- 179) Valnet M. (2005).** Antibacterial activity of 11 essential oils against *Bacillus cereus* in tyndallized carrot broth International. Journal of Food Microbiology, Vol.85, pp.73- 81.
- 180) Van Loon, L.C. (2007).** Plant responses to plant growth-promoting rhizobacteria. European Journal of Plant Pathology, 119 : 243-254et Nannipieri, P. (Eds). Marcel Dekker, Inc., Etats-Unis, p. 1-17
- 181) Van Loon, L.C., Bakker, P and Pieterse, C.M.J. (2007).** Antagonistic fungi, *Trichoderma* spp.: panoply of biological control. Vol 4, n°1. P118.

- 182) Vanachter A., Van Wembeke. and Van Assche C. (1983).** Potential danger for infection and spread of root disease in hydroponics. *Acta Hort.*, 133, pp.119-127.
- 183) Vaughan, G., 2008.** *Eucalyptus globulus* Labill. (Internet) Fiche de Protabase. Louppe, D., Oteng-Amoako, A.A. & Brink, M. (Editeurs). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources vevetales de l’Afrique tropical), Wageningen, Pays Bas.<http://database.prota.org/recherche.htm>.
- 184) Vilela, G, DE Almedia A, G, D’arce, A, Moraes, M, Brito, J, Da Silva, M, F., Silva, S, De Stefano Piedade, S, Calori-Domingue, M et Da Gloria,E. (2009).** Activity of essential oil and its major compound, 1,8-cineole, from *Eucalyptus globulus* Labill., against the storage fungi *Aspergillus flavus* Link and *Aspergillus parasiticus* Speare. *Journal of Stored Products Research.* Vol. 45, n° 2, pp. 108-111.
- 185) Viollon C., Chaumont J.P., 1994-** Antifungal properties of essential oils and their main components upon *Cryptococcus neoformans*. *Mycopathologia.* 128(3), 151- 153.
- 186) Vokou D., Kokkini S. & Bressiere J.M. (1988).** *Origanum onites*(Lamiaceae) in Greece Distribution, volatile oil yield, and composition. *Economy botany.* Vol. 42, N°3, pp. 407- 412.
- 187) Warot S. 2006.** Les *Eucalyptus* utilisés en Aromathérapie. Préparatrice en pharmacie. Mémoire de fin de formation en Phyto-aromathérapie. P3.
- 188) Williamson B., Tudzynski B., Tudzynski P. et Van Kan Jal., 2007-***Botrytis cinerea*: the cause of grey mould disease. *Molecular Plant Pathology.* 8: 561–580. Winicov, I., 1998. New molecular approaches to improving salt tolerance in crop plants. *Ann. Bot.*, 82, 703–710.
- 189) Wilson C.L., Solar J.M., EL Ghaout A. and Wisniewski M.E., 2007 -** Rapid evaluation of plant extracts and essential oil for antifungal activity against *Botrytis cinerea*. *Plant Dis.*, N° 81, pp. 204-210.
- 190) Windels, C.E. (1992).** *Fusarium*. In ‘Methodes For Research on Soilborne Phytopathogenic Fungi (Singleton L. L , J.D.M et Rush C. M., eds ), pp 115-128 American phytopathological Society Press, St.Paul.
- 191) Zhiri A. et Baudoux D.2005.** Huiles essentielles chémotypées et leurs synergies, Aromathérapie scientifique. Ed. Inspir Development, Luxembourg, pp 40-24.
- 192) Zrira S et Benjilali B. 1992.** Essential oils of twenty-seven eucalyptus species grown in morocco. *J.ess. oil res,* pp. 259-264.

**193) Zrira S. et Benjlali B .1991.** Effect of drying on leaf oil production of moroccan *Eucalyptus camaldulensis*. j.ess.oil res, pp. 117-119.

# Annexes

## ANNEXES

### Annexe 1. Composition du milieu PDA

Pomme de terre	200 g
Agar	20 g
Glucose	20 g

### Annexe 2. Les analyses statistiques de la première méthode avec Statistica.

Univariate Tests of Significance for croissance (Spreadsheet1) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition						
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	
Intercept	97,07676	1	97,07676	9538,959	0,000000	
Huile	1,52100	1	1,52100	149,457	0,000000	
Doses	19,58192	4	4,89548	481,040	0,000000	
Huile*Doses	0,68563	4	0,17141	16,843	0,000000	
Error	0,30531	30	0,01018			

Huile*Doses; Weighted Means (Spreadsheet1) Current effect: F(4, 30)=16,843, p=,00000 Effective hypothesis decomposition							
Cell No.	Huile	Doses	croissance Mean	croissance Std.Err.	croissance -95,00%	croissance +95,00%	N
1	Cyprés	Témoïn	2,564286	0,017003	2,510173	2,618398	4
2	Cyprés	D1	2,139286	0,059583	1,949665	2,328906	4
3	Cyprés	D2	2,203571	0,053253	2,034097	2,373046	4
4	Cyprés	D3	1,025000	0,078544	0,775037	1,274963	4
5	Cyprés	D4	0,832143	0,050969	0,669938	0,994347	4
6	Eucalyptus	Témoïn	2,564286	0,017003	2,510173	2,618398	4
7	Eucalyptus	D1	1,621429	0,085416	1,349596	1,893261	4
8	Eucalyptus	D2	1,428571	0,049142	1,272179	1,584964	4
9	Eucalyptus	D3	0,600000				4
10	Eucalyptus	D4	0,600000				4

Tukey HSD test; variable croissance (Spreadsheet1) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01018, df = 30,000								
Cell No.	Huile	Doses	croissance Mean	1	2	3	4	5
10	Eucalyptus	D4	0,600000	****				
9	Eucalyptus	D3	0,600000	****				
5	Cyprés	D4	0,832143	****	****			
4	Cyprés	D3	1,025000		****			
8	Eucalyptus	D2	1,428571			****		
7	Eucalyptus	D1	1,621429			****		
2	Cyprés	D1	2,139286				****	
3	Cyprés	D2	2,203571				****	
6	Eucalyptus	Témoïn	2,564286					****
1	Cyprés	Témoïn	2,564286					****

### Annexe 3. Les analyses statistiques de la deuxième méthode avec Statistica

Univariate Tests of Significance for croissance (Spreadsheet6)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	62,53572	1	62,53572	17142,66	0,000000
Huile	0,55225	1	0,55225	151,39	0,000000
Doses	18,77752	4	4,69438	1286,85	0,000000
Huile*Doses	0,28650	4	0,07162	19,63	0,000000
Error	0,10944	30	0,00365		

Huile*Doses; Weighted Means (Spreadsheet6)							
Current effect: F(4, 30)=19,634, p=,00000							
Effective hypothesis decomposition							
Cell No.	Huile	Doses	croissance Mean	croissance Std.Err.	croissance -95,00%	croissance +95,00%	N
1	Cyprés	Témoin	2,564286	0,017003	2,510173	2,618398	4
2	Cyprés	D1	1,350000	0,050000	1,190878	1,509122	4
3	Cyprés	D2	1,175000	0,025000	1,095439	1,254561	4
4	Cyprés	D3	1,000000				4
5	Cyprés	D4	0,750000	0,050000	0,590878	0,909122	4
6	Eucalyptus	Témoin	2,564286	0,017003	2,510173	2,618398	4
7	Eucalyptus	D1	1,175000	0,047871	1,022652	1,327348	4
8	Eucalyptus	D2	0,700000				4
9	Eucalyptus	D3	0,625000	0,025000	0,545439	0,704561	4
10	Eucalyptus	D4	0,600000				4

Tukey HSD test; variable croissance (Spreadsheet6)									
Homogenous Groups, alpha = ,05000									
Error: Between MS = ,00365, df = 30,000									
Cell No.	Huile	Doses	croissance Mean	1	2	3	4	5	6
10	Eucalyptus	D4	0,600000	****					
9	Eucalyptus	D3	0,625000	****	****				
8	Eucalyptus	D2	0,700000	****	****				
5	Cyprés	D4	0,750000		****				
4	Cyprés	D3	1,000000					****	
7	Eucalyptus	D1	1,175000			****			
3	Cyprés	D2	1,175000			****			
2	Cyprés	D1	1,350000						****
6	Eucalyptus	Témoin	2,564286				****		
1	Cyprés	Témoin	2,564286				****		

Tukey's pairwise comparisons:  
Q | p(same)

	EU_T+	CY_T+	EU_T-	CY_T-	EU_5%	CY_5%	EU_10%	CY_10%	EU_25%	CY_25%	EU_40%	CY_40%
EU_T+		0,9999	1,759E-05	1,759E-05	1,759E-05	1,759E-05	1,759E-05	1,759E-05	1,772E-05	1,759E-05	0,9998	0,4045
CY_T+	1,019		1,759E-05	1,759E-05	1,759E-05	1,759E-05	1,759E-05	1,759E-05	2,791E-05	1,759E-05	1	0,8771
EU_T-	22,96	21,93		0,004652	1,893E-05	0,001953	1,779E-05	1,83E-05	1,759E-05	1,759E-05	1,759E-05	1,759E-05
CY_T-	17,38	16,36	5,573		0,8905	1	0,716	0,853	1,76E-05	0,009816	1,759E-05	1,759E-05
EU_5%	15,08	14,06	7,877	2,304		0,9609	1	1	0,000161	0,8109	1,759E-05	1,759E-05
CY_5%	17,08	16,06	5,878	0,303	2,001		0,8433	0,9357	1,763E-05	0,02115	1,759E-05	1,759E-05
EU_10%	14,6	13,58	8,355	2,782	0,4774	2,479		1	0,0007265	0,8299	1,759E-05	1,759E-05
CY_10%	14,93	13,91	8,024	2,451	0,1489	2,148	0,3305		0,0002556	0,685	1,759E-05	1,759E-05
EU_25%	8,401	7,381	14,55	8,979	6,675	8,676	6,197	6,528		0,2776	2,996E-05	0,82069
CY_25%	12,08	11,06	10,87	5,297	2,993	4,994	2,516	2,846	3,682		1,759E-05	1,762E-05
EU_40%	1,065	0,0459	21,89	16,31	14,01	16,01	13,53	13,88	7,338	11,02		0,8908
CY_40%	3,397	2,376	19,56	13,98	11,68	13,68	11,2	11,53	5,004	8,685	2,332	

One-way ANOVA

	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p(same)
Between groups:	285,991	11	25,9992	38,31	8,414E-29
Within groups:	120,292	168	0,716024		
Total:	406,283	179			

Levene's test for homogeneity of variance, based on means: p(same) = 5,82E-08  
Based on medians: p(same) = 0,0001132

Welch F test in the case of unequal variances: F=28,51, df=65,12, p=9,704E-21

Tukey's pairwise comparisons:  
Q | p(same)

	EU_T+	CY_T+	EU_T-	CY_T-	EU_5%	CY_5%	EU_10%	CY_10%	EU_25%	CY_25%	EU_40%	CY_40%
EU_T+		1	1,759E-05	1,896E-05	1,759E-05							
CY_T+	8,4272		1,759E-05	2,58E-05	1,759E-05							
EU_T-	17,51	17,09		1	0,9544	1	0,01917	0,2814	1,881E-05	0,002798	1,759E-05	0,0001871
CY_T-	17,61	17,18	0,09154		0,9182	1	0,01525	0,2275	1,821E-05	0,002593	1,759E-05	0,0001183
EU_5%	15,47	15,04	2,044	2,136		0,9847	0,6123	0,99	0,001717	0,07119	2,191E-05	0,04824
CY_5%	17,24	16,81	0,2746	0,3682	1,77		0,82673	0,38	2,058E-05	0,0006664	1,759E-05	0,000374
EU_10%	12,48	12,05	5,035	5,128	2,99	4,78		0,9989	0,6435	0,9989	0,05158	0,9915
CY_10%	13,79	13,36	3,723	3,814	1,678	3,448	1,312		0,1086	0,7184	0,0001717	0,828
EU_25%	8,551	8,124	7,964	8,056	5,92	7,689	3,829	4,241		0,9989	0,99	0,9991
CY_25%	11,02	10,59	6,499	6,591	4,455	6,225	1,485	2,777	1,485		0,5331	1
EU_40%	7,872	7,445	9,642	9,734	7,598	9,368	4,688	5,92	1,678	3,143		0,828
CY_40%	10,83	10,41	6,682	6,774	4,858	6,458	1,648	2,96	1,282	0,1831	2,96	