

---

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

Université Belhadj Bouchaib d'Ain Temouchent – UATBB-  
Faculté des sciences et de la technologie  
Département des sciences de la nature et de la vie



**Mémoire**

**Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master**

**Domaine : Sciences de la nature et de la vie**

**Filière : Sciences agronomiques**

**Spécialité : Protection des végétaux**

**Par :** Mlle. BOUGUERRA Badra

---

**Thème**

**Contribution à l'étude de la maladie de fusariose du pois chiche causée par  
l'agent pathogène *Fusarium oxysporum f.sp. ciceri* :  
Diagnostic, identification et lutte**

---

**Devant le jury composé de :**

---

<b>Président :</b> BELAHCENE Miloud	« Professeur »	UAT.B.B (Ain Temouchent)
<b>Examinatrice :</b> DERRAG Zineb	« M.C.A »	UAT.B.B (Ain Temouchent)
<b>Encadrant:</b> ABDELLAOUI Hadjira Houria	« M.A.B »	UAT.B.B (Ain Temouchent)
<b>Co-encadreur :</b> BENDAYKHA Yasmina	«Docteur »	S.R.P.V Misserghin (Oran)

*Année universitaire : 2021-2022*

---

## Remerciements

Au terme de la rédaction de ce mémoire je tiens à remercier tout d'abords Allah le tout puissant et miséricordieux, qui m'a toujours donné la force de passer à travers toutes les épreuves et les découragements, qui m'a aidé à mener à terme cette recherche.

Je tiens à adresser toute ma gratitude à mon encadreur de ce mémoire **Hadjira Houria Abdellaoui** sans elle ce travail n'aurait pu aboutir, je la remercie pour sa gentillesse, son soutien et pour le fait de m'avoir fait partager son expérience, je lui adresse toute ma reconnaissance pour sa patience, sa disponibilité et sa participation active non seulement lors de la rédaction de mémoire mais aussi durant mes cinq années d'études.

Je désire aussi remercier les membres du jury **M .BELAHCEN Miloud** et **Mme : Derrag Zineb** pour leur présence, pour leur lecture attentive de ma thèse ainsi que pour les remarques qu'ils m'adresseront lors de cette soutenance afin d'améliorer mon travail. Je leurs remercie pour tout ce qu'ils m'ont appris durant mon cursus universitaire.

Mes remerciements vont aussi à Madame Bendaykha Yasmine pour sa précieuse aide sur les différentes analyses que nous avons réalisées au niveau du laboratoire de Mycologie de la SRPV de Messerghin.

Un grand remerciement pour Monsieur **Bougrine Houari**, Agriculteur potentiel de la Wilaya et Vice Président du conseil interprofessionnel de la filière Légumineuses de la Wilaya « CWIF » qui nous a aidé à faire des prospections sur le terrain pour la prise des échantillons et l'acquisition des informations lors de notre enquête auprès des producteurs. Ce grand Monsieur nous a grandement facilité notre travail.

## **Dédicace**

*C'est avec joie et émotion que je dédie le fruit de mon travail à tous ceux à qui je dois ma réussite :*

*A la plus belle maman du monde « Yamina », à mon très cher papa « Tedj », à ma tante et ma deuxième maman, la femme la plus précieuse à mon cœur « Fatna »*

*Aucun mot, aussi signifiant soit-il, ne saurait exprimer le degré d'affection, de gratitude, de respect et de reconnaissance que j'éprouve pour vous. Votre présence à mes côtés m'a toujours apporté confiance et réconfort. Vous n'avez cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études, toujours présents à mes côtés pour me consoler quand il fallait et vos conseils ont toujours guidé mes pas vers la réussite. Que Dieu vous procure longue vie avec bonheur et santé chers parents, dont le mérite, les sacrifices, et les qualités humaines m'ont permis de vivre ce jour*

### **A ma grand-mère**

*Pour ses prières et son affection qu'elle me porte, que Dieu lui accorde longue vie*

### **A mes frères et sœurs**

*Pour nos fous rires, pour les liens solides qui nous unissent, pour votre soutien et amour inconditionnel, aucun langage ne saurait exprimer mon respect et ma considération pour votre soutien et encouragements. Je vous dédie ce travail en reconnaissance de l'amour que vous m'offrez quotidiennement et votre bonté exceptionnelle.*

### **A mes amis**

*Les plus chers à mon cœur « Nessrine », « Sarra », « Abd El Illah »*

*Pour les moments extraordinaires passés ensemble, pour votre soutien et fidélité, pour toute la joie que vous m'avez apportée, et surtout pour nos meilleurs souvenirs, que Dieu vous apportera tout ce que vous désirez avoir un jour.*

### **A toute ma famille « BOUGUERRA »**

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour vous.*

*A tous ce que j'ai oubliés, mais qui se reconnaîtront ici.*

## Résumé

La fusariose, est une des maladies les plus répandues sur la culture du pois chiche (*Cicer arietinum* L.), causée par l'agent pathogène *Fusarium oxysporum* f.sp.ciceri, qui sévit principalement dans les régions de l'Ouest de l'Algérie. Cette maladie représente un handicap au développement du semis de la culture du pois chiches printanier, et donc un frein à l'amélioration des rendements. Notre présente étude a été réalisée sur la base des prospections des cinq exploitations agricoles à vocation cultures de pois chiches, dont trois exploitations agricoles à Hammam Bouhadjar et deux exploitations agricoles à Sidi Boumedien et El Hadjarria, Wilaya de Ain Témouchent, en vue d'approfondir les connaissances sur le diagnostic et l'identification macroscopique et microscopique de l'agent causal de ladite maladie, de plus, connaître les moyens de lutte utilisés par les producteurs de pois chiches et ce via une enquête de proximité sur le terrain.

Des résultats ont révélé la présence de l'agent pathogène *Fusarium oxysporum* .sp. ciceri au niveau des échantillons étudiés présentant des différences sur les caractéristiques morphologiques des isolats en matière de croissance du mycelium et sporulation au niveau du milieu de culture PDA.

Quant aux résultats de l'enquête menée auprès des producteurs de la zone d'étude ainsi que les membres du conseil interprofessionnel de la filière de légumineuse de la Wilaya « CWIF » ont montré que 50% des producteurs procèdent à la lutte culturale ou agronomique contre la maladie de fusariose comme la rotation culturale et les travaux du sol. En revanche les producteurs utilisent rarement la lutte chimique ciblant la fusariose de la culture de pois chiche. On note que la majorité des producteurs confondent entre la maladie de fusariose et les autres maladies cryptogamiques comme l'antracnose et ce à cause de la similitude des symptômes sur les organes de la culture (décoloration des feuilles, présence des taches, lésions).

**Mot clés :** pois chiche, fusariose, diagnostic, infection rendement.

## **Abstract**

Fusariosis is one of the most common reported diseases in chickpea (*Cicer arietinum L.*), variety Flip, caused by the pathogen *f.sp ciceri Fusarium oxysporum*, which is propagated mainly in the western regions of Algeria. This disease is regarded as an handicap to the development of spring chickpea sowing and therefore is a brake on improving yields. Our present study was carried out on the basis of surveys of 05 farms for chickpea cultivation including three farms in Hammam Bouhadjar and two farms in Sidi Boumedien and El Hadjarria, in order to deepen knowledge on the diagnosis and macroscopic and microscopic identification of the causative agent of this disease. Moreover, our objective is to learn about the control methods used by chickpea producers through a field survey. The Results revealed the differences in the cultural and morphological characteristics of the isolates in terms of mycelium growth and sporulation in potato dextrose agar (*PDA*).

The results of the survey conducted among the producers of the study area as well as the members of the interprofessional council of the leguminous sector of the Wilaya "CWIF" showed that 50% of the producers opt for the strategy of cultural or agronomic fight against the disease of fusariosis like the cultural rotation and contrary to the use of the chemical fight. It is noted that the majority of the producers confuse fusariosis disease with other cryptogamic diseases because of the similarity of symptoms on the organs of the crop (discoloration of the leaves, presence of spots, lesions).

**Key words:** chickpea, fusarium, diagnosis, infection yield.

## ملخص

الفوزاريوز من اكثر الأمراض الفطرية شيوعاً في الحمص ، صنف Flip، الذي يسببه العامل الممرض *Fusarium oxysporum f.sp.ciceri* الذي ينتشر بشكل رئيسي في المناطق الغربية من الجزائر. يعتبر هذا المرض بمثابة عائق أمام نمو بذر الحمص الربيعي وبالتالي فهو يعيق تحسين الغلة. أجريت دراستنا الحالية على أساس مسوحات لـ 05 اراضي زراعية للحمص من بينها ثلاثة اراضي في حمام بوحجر واثنتان اخريتان, واحدة في سيدي بومدين و الثانية في الحجايرية من أجل تعميق المعرفة بالتشخيص والتحديد الميكروسكوبي للعامل المسبب لهذا المرض. علاوة على ذلك ، هدفنا هو التعرف على طرق مكافحة التي يستخدمها منتجو الحمص من خلال مسح ميداني.

كشفت النتائج عن الخصائص المميزة والمورفولوجية لمختلف العينات المعزولة من حيث نمو الفطريات في الوسط PDA.

أظهرت نتائج الاستطلاع الذي تم إجراؤه بين المنتجين في المنطقة المدروسة وأعضاء المجلس المهني لقطاع البقوليات أن 50% من المنتجين يفضلون استراتيجية مكافحة الزراعية ضد مرض الفوساريوز مثل تناوب المحاصيل على مكافحة الكيماوية. ويلاحظ أن غالبية المنتجين يخلطون بين الفوساريوز والأمراض الفطرية الأخرى وذلك بسبب تشابه الأعراض (تسوس الأوراق ، وجود بقع) .

**الكلمات المفتاحية:** الحمص ، الفوزاريوز ، التشخيص ، الغلة.

## Sommaire

Remerciements

DédicaceRésuméListe de des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....01

## CHAPITRE I Synthèse Bibliographique

I. Plante hôte : Pois chiche ( <i>Cicer arietinum L.</i> ).....	03
1. Origine et historique du pois chiche ( <i>Cicer arietinum</i> .....	03
2. Description de la plante du pois chiche ( <i>Cicer arietinum L.</i> ).....	03
3. Morphologie de la plante.....	05
3.1. Le système racinaire.....	05
3.2. Les feuilles.....	05
3.3. La tige.....	05
3.4. Les fleurs.....	05
3.5. Le fruit.....	06
4. Classification.....	06
5. Les exigences climatiques.....	06
5.1 La température.....	06
5.2 La pluviométrie.....	06
5.3 La lumière.....	07
6. Les exigences édaphiques.....	07
6.1 Type du sol.....	07
6.2 Humidité du sol.....	07
6.3 Nutrition minérale.....	07
6.4 pH du sol.....	07
7. Les variétés de pois chiche.....	07
7.1 Le type Desi ( <i>Microsperma</i> ).....	07
7.2 Le type Kabuli ( <i>Maicrosperma</i> ).....	08
8. Les caractères physiologiques du pois chiche.....	09
8.1 La période végétative.....	09
8.2 La période de reproduction.....	09
9. Cycle et saison de la culture du pois chiche.....	09
10. Condition de culture.....	09
11. Intérêts du pois chiche.....	10
11.1 Intérêt économique.....	10
11.2 Intérêts agronomiques.....	10
11.3 Intérêts nutritionnels.....	11
12. Le stress biotique chez le pois chiche.....	12
13. La Situation du pois chiche en Algérie.....	13
14. Aire de culture et production du pois chiche en Algérie.....	15
II. Agent pathogène <i>Fusarium oxysporum f. sp. Ciceri</i> .....	16

1. Historique.....	16
2. Description et clés d'identification de <i>FOC</i> .....	16
3. Classification.....	17
4. Mécanismes d'infection et de colonisation.....	17
4.1 Mode d'infection.....	17
4.2 Mode de colonisation.....	18
5. Distribution de la maladie et des races pathologiques dans le monde.....	19
6. La maladie de la fusariose du pois chiche.....	19
6.1 Descriptions des symptômes de la fusariose du pois chiche.....	19
6.2 Dégâts causés par la fusariose du pois chiche.....	21
6.3 Localisation de la fusariose du pois chiche.....	21
6.4 Répartition géographique et importance économique du flétrissement vasculaire du pois chiche en Algérie.....	21
6.5 Facteurs influençant la maladie du flétrissement.....	21
6.5.1 La température.....	22
6.5.1 L'humidité.....	22
6.5.2 Effet des exsudats racinaires.....	22
6.5.3 La densité de l'inoculum.....	22
6.5.4 La sensibilité des cultivars.....	22
7. Epidémiologie et transmission de <i>FOC</i> .....	22
8. Biologie.....	23
8.1 Les microconidies.....	23
8.2 Les macroconidies.....	23
8.3 Les chlamydospores.....	24
9. Moyens de lutte contre la fusariose du pois chiche.....	24
9.1 Pratiques culturales.....	24
9.2 Méthodes chimiques.....	25
9.3 Méthode biologique.....	25
9.4 Méthode génétique.....	25
9.4.1 La résistance variétale.....	25
9.4.1.1 La résistance spécifique.....	26
9.4.1.2 La résistance partielle.....	26

## Chapitre II Matériel et méthodes

1. Objectif.....	28
2. Températures et précipitations moyennes.....	29
3. La pluviométrie.....	29
4. Prospection de la fusariose du pois chiche.....	30
5. Répartition géographique de la maladie.....	31
6. Description de la Zone d'étude.....	31
7. Estimation de l'incidence et de la gravité de la maladie au champ.....	33
8. Isolement et identification de l'agent pathogène.....	35
8.1 Prélèvement des échantillons.....	35
8.1 Préparation des milieux de culture.....	35
8.3 Méthode d'isolement.....	37
8.4 Purification et conservation de l'agent pathogène.....	38
8.4.1 L'obtention des cultures monospores.....	38
8.4.2 La conservation.....	40
8.5 Identification des isolats.....	40
8.5.1 L'identification macroscopique.....	40
8.5.2 L'identification microscopique.....	40

## Chapitre III Résultats et discussion

1. Répartition géographique de la maladie.....	43
2. L'incidence et la gravité de la maladie.....	44
3. Détection et isolement de l'agent pathogène.....	45
3.1. Etude macroscopique.....	45
3.2 Etude microscopique.....	47
4. Purification et conservation de l'agent pathogène <i>Fusarium oxysporum f.sp ciceri</i> ...	49
Discussions.....	50
Conclusion.....	56
Recommandations.....	59
Références bibliographiques.....	62
Annexes.....	75

## **LISTE DES ABREVIATIONS:**

**ICARDA:** International Center for Agricultural in the Dry Areas. Ha: Hectare.

**ILC:** International Legume *Cicer*.

**ITGC:** Institut Technique des Grande Culture.

**SRPV :** Station régionale de la protection des végétaux

**CWIF:** Conseil interprofessionnel de Wilaya de filière

**CCLS :** Coopérative des céréales et légumes secs

**Cm:** Centimètre

**Mm:** Millimètre.

**µm:** Micromètre

**Qx:** Quintaux

**Gr:** Gramme

**Mg:** Milligramme.

**Ms :** Matière sèche

**L :** Locale

**pH:** Potentiel d'hydrogène

**°C:** Degré Celsius.

**FOC:** *Fusarium oxysporum* f. sp. *Ciceri*.

**f. sp. :** Forme spécialisée.

**R :** Résistance

**PDA :** Potato Dextrose Agar

**IC :** Incidence

**S :** Sévérité(Gravité)

## Liste des figures

<b>Figure1</b> : Plante de pois chiche (Anne-Gaelle Besse,2019).....	04
<b>Figure2</b> : champ de pois chiche (Anne-Gaelle Besse, 2019).....	04
<b>Figure3</b> : Description de la plante du pois chiche (Singh et Diwakar, 1995).....	04
<b>Figure4</b> : Morphologie du pois (Alli, 2015).....	05
<b>Figure5</b> : Pois chiche type Desi (Alli, 2015).....	08
<b>Figure6</b> : Les graines de pois chiche Kabuli (Julie TOUSSAINT,2017).....	08
<b>Figure7</b> : Pois chiche Desi noir(Alli, 2015).....	08
<b>Figure8</b> : <i>Fusarium oxysporum</i> (Schltdl, 1824).....	17
<b>Figure 9</b> : Cycle infectieux du <i>Fusarium oxysporum</i> (Agrios5005).....	18
<b>Figure10</b> : Fusariose sur pois chiche (Cunninton et al, 2009) (Souad, 2016).....	20
<b>Figure11</b> : Symptômes de la fusariose du pois chiche sur feuilles (Quentin LAMBERT 2019).....	20
<b>Figure12</b> : Températures et précipitations moyennes sûr Ain Témouchent des 30 dernières années (Meteoblue, 2022).....	29
<b>Figure13</b> : Pluviométrie mensuelle moyenne à Ain Temouchent (Meteoblue, 2022).....	29
<b>Figure14</b> : Prospection de la maladie de fusariose sur pois chiche.....	30
<b>Figure15</b> : Localisation des communes concernées par la zone d'étude.....	31
<b>Figure16</b> : Méthode de l'échantillonnage.....	16
<b>Figure17</b> : L'agar agar.....	36
<b>Figure 18</b> : Le glucose.....	36
<b>Figure19</b> : Autoclave.....	36
<b>Figure20</b> : Coulage des milieux de culture (PDA).....	36
<b>Figure21</b> : Incubation à l'étuve.....	36
<b>Figure22</b> : Premier rinçage.....	37
<b>Figure23</b> : deuxième rinçage.....	37

<b>Figure24</b> : Séchage.....	37
<b>Figure25</b> : Fragments déposés dans les boites de pétrie.....	37
<b>Figure26</b> : Incubation.....	37
<b>Figure27</b> : Les cultures âgées.....	39
<b>Figure28</b> : Les conidies prélevées.....	39
<b>Figure29</b> : Incubation à l'étuve.....	39
<b>Figure30</b> : Tubes à essai stériles.....	40
<b>Figure31</b> : les cultures purifiées conservées.....	40
<b>Figure32</b> : Identification par microscope.....	41
<b>Figure33</b> : Indice d'identification des champignons.....	41
<b>Figure34</b> : Différentes formes des espèces fongiques.....	41
<b>Figure35</b> : Les différentes parcelles prospectées.....	43
<b>Figure36</b> : Isolats montrant les différents aspects du mycelium.....	46
<b>Figure37</b> : Vue microscopique des différents aspects du mycélium.....	48
<b>Figure38</b> : Colonie de FOC purifiée ; aspect macroscopique et microscopique.....	49
<b>Figure39</b> : Le <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>ciceri</i> conservé après 7 jours d'incubation.....	49

.

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1.</b> Rendement et production mondiale du pois chiche en comparaison avec d'autres cultures ( <b>comapge2004, 2005</b> ) ( <b>FAO, 2005</b> ).....	10
<b>Tableau 2.</b> Composition chimique des grains du pois chiche en comparaison avec quelques légumineuses alimentaires et le blé (pour 100 g de MS) ( <b>Aykroyd et Doughty, 1982</b> ).....	11
<b>Tableau.3</b> Composition chimique du pois chiche ( <b>Singh et Jauhar, 2005</b> ).....	12
<b>Tableau 4.</b> Principales maladies cryptogamiques chez le pois chiche dans le monde.....	13
<b>Tableau 5.</b> Evolution des superficies, productions, rendement et semences du pois chiche en Algérie durant la campagne 1998-2008 ( <b>FAO, 2010</b> ).....	15
<b>Tableau 6 :</b> Parcelles prospectées.....	32
<b>Tableau 7 :</b> Incidence(I) et gravite(S) de FOC dans les parcelles prospectées.....	44
<b>Tableau 8 :</b> Caractéristique macroscopique des isolats de <i>Fusarium oxysporum</i> fsp <i>ciceri</i> , sur le milieu de culture PDA avec une température de 20 °C (Culture de 7jours).....	47

## INTRODUCTION

Les légumineuses alimentaires représentent une place importante dans le système agraire et l'agroéconomie de nombreux pays du monde, en raison des caractéristiques biologiques des racines dans la fixation de l'azote atmosphérique par les nodosités bactériennes (**Bacha et Ounane, 2003**) et leur capacité d'adaptation à des conditions pédoclimatiques difficiles, ainsi que leur faible exigence culturale. Du point de vue nutritionnel, la richesse des légumineuses en protéines permet de corriger dans une certaine mesure les carences en protéines animales, ainsi que le déséquilibre alimentaire des populations qui ont tendance à se nourrir exclusivement de céréales. Selon **Obaton, (1980)**, un hectare de légumineuses alimentaires produit un tonne de protéines, soit 10 fois plus qu'une production d'un élevage à viande sur la même surface.

Les légumineuses alimentaires regroupent plusieurs espèces, parmi celles-ci, nous avons le pois chiche (*Cicer arietinum* L.), dont la production et l'exploitation répondent à divers fonctions, telles que : la consommation humaine, l'alimentation animale et la fertilisation des sols notamment dans les pays en voie de développement. (**Hassan, 2006**). L'intérêt du pois chiche réside dans sa teneur élevée en protéines, de sa haute valeur nutritive en compléments celle des céréales. (**Khan et al., 2009**). Le pois chiche joue aussi un rôle important dans les systèmes de cultures en contribuant à l'amélioration de la fertilité du sol par les reliquats d'azote qu'ils laissent et en font ainsi un excellent précédent cultural (**Bacha et Ounane, 2003**).

L'Algérie, comme beaucoup de pays en voie de développement attribue une place de choix à cette culture dotée d'une bonne valeur nutritive, les légumes secs telles que le pois chiche, la lentille et le petit pois se placent après les céréales. Malgré les efforts déployés, la production nationale reste encore très insuffisante (**Bouzerzour et al., 2003**). Cette insuffisance est liée à l'accroissement démographique, à une stagnation des superficies de culture et aux problèmes phytosanitaires (**Toulaiti, 1988**). De ce fait, chaque année l'Algérie a recours aux importations pour satisfaire les besoins de la population.

Le pois chiche souffre de nombreuses difficultés, en dehors des conditions d'environnement et la non maîtrise des techniques culturales qui sont des causes non négligeables de la faiblesse de la production, il semble que le problème majeur reste celui de l'aspect phytosanitaire souvent attribué à des maladies fongiques telles que l'antracnose, les pourritures racinaires et la fusariose (**Merzoug *et al.*, 2009**).

Il est donc clair que l'amélioration des rendements est liée à une bonne connaissance de ces maladies et leurs agents causals. Actuellement, les producteurs sont confrontés à une recrudescence de problèmes pathologiques associés à la présence de *Fusarium oxysporum*.

Cet agent pathogène constitue une énorme contrainte pour la culture de pois chiche, cela dans de nombreuses régions où elle est pratiquée (**Ben Freha *et al.*, 2010**).

Dans le cadre de notre étude, nous nous sommes intéressés au parasite, sous un double aspect: son caractérisation morphologique (étude macroscopique et microscopique), et les moyens de lutte.

Le premier chapitre de notre travail correspond à une mise au point bibliographique sur le pois chiche, l'agent causal de la fusariose (*Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri*), et les moyens de lutte contre cette maladie. Le deuxième chapitre correspond à notre étude expérimentale, (partie matériel et méthodes), l'étape initiale a consisté à regrouper, une collection d'isolats afin qu'elle puisse, raisonnablement, être considérée comme représentative de la diversité. Le troisième chapitre représente nos résultats et discussion. La collection de *FOC*, nous a servi de support à l'ensemble de nos recherches que nous avons structurées de la manière suivante:

- Après avoir observé une attaque de ce champignon dans différentes régions où cette culture est bien développée, nous nous sommes efforcés d'apporter une contribution à la connaissance de la maladie.
- Au cours des prospections effectuées, nous nous sommes intéressés à l'estimation de l'importance de la maladie dans différentes régions où la culture du pois chiche est pratiquée et une identification par étude macroscopique et microscopique de l'agent causal.

## I/ Plante hôte : Pois chiche (*Cicer arietinum* L.)

### 1. Origine et historique du pois chiche (*Cicer arietinum*)

le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) est originaire du Sud Est de la Turquie (**Ladisinsky, 1975**) et le Nord Est de la Syrie (**Staginnus et al., 1999**). Il a été cultivé pour la première fois à environ 7000 - 8000 avant JC (**Sharma et Muehlbauer, 2007**). Le nom *Cicer* est originaire du latin, dérivé du mot grec « *Kikus* » qui désigne fort ou solide (**Singh et Diwakar, 1995**). **Duschak, (1871)** a signalé que l'origine du mot *Cicer* est Hébreu « *Kirkes* » où le mot « *Kikar* » désigne rond. Le mot « *arietinum* » est aussi latin, traduit du mot grec « *Krios* », une allusion de la forme des grains qui ressemblent à la tête de bélier (**Van Der Maesen, 1987**). Le pois chiche est appelé garbenzo en espagnol, Kichar ou Chicher en allemand, chana en Hindi et chickpea, gram ou bengal gram en anglais (**Singh et Diwakar, 1995**), il est appelé « *nakhut* » ou « *nohut* » en Turquie, Roumanie, Bulgarie et Afghanistan (**Van Der Maesen, 1987**).

Le pois chiche a été utilisé en alimentation et en médecine par Homer dans l'Iliade (1000-800 avant JC) à Rome, en Inde et dans la littérature européenne du moyen âge (**Van Der Maesen, 1972**). La culture a été propagée avec le groupe fondateur de l'agriculture de croissant fertile vers l'Europe et l'Asie de l'Ouest depuis 5500 avant JC (**Harris, 1998**). Le pois chiche a été disséminé depuis ce temps pour devenir une culture importante des environnements subtropicaux et la région méditerranéenne (**Muehlbauer et Rajesh, 2008**). Les pois chiches de types *Kabuli* ont été transféré vers l'Inde depuis la région méditerranéenne dans le 18<sup>ème</sup> siècle et les types *Desi* ont été importé au Kenya par les émigrés indiens durant le 19<sup>ème</sup> siècle (**Van Der Maesen, 1972**). Le pois chiche a été transféré vers les deux Amériques par les espagnols et les portugais (**Muehlbauer et Rajesh, 2008**).

### 2. Description de la plante du pois chiche (*Cicer arietinum* L.)

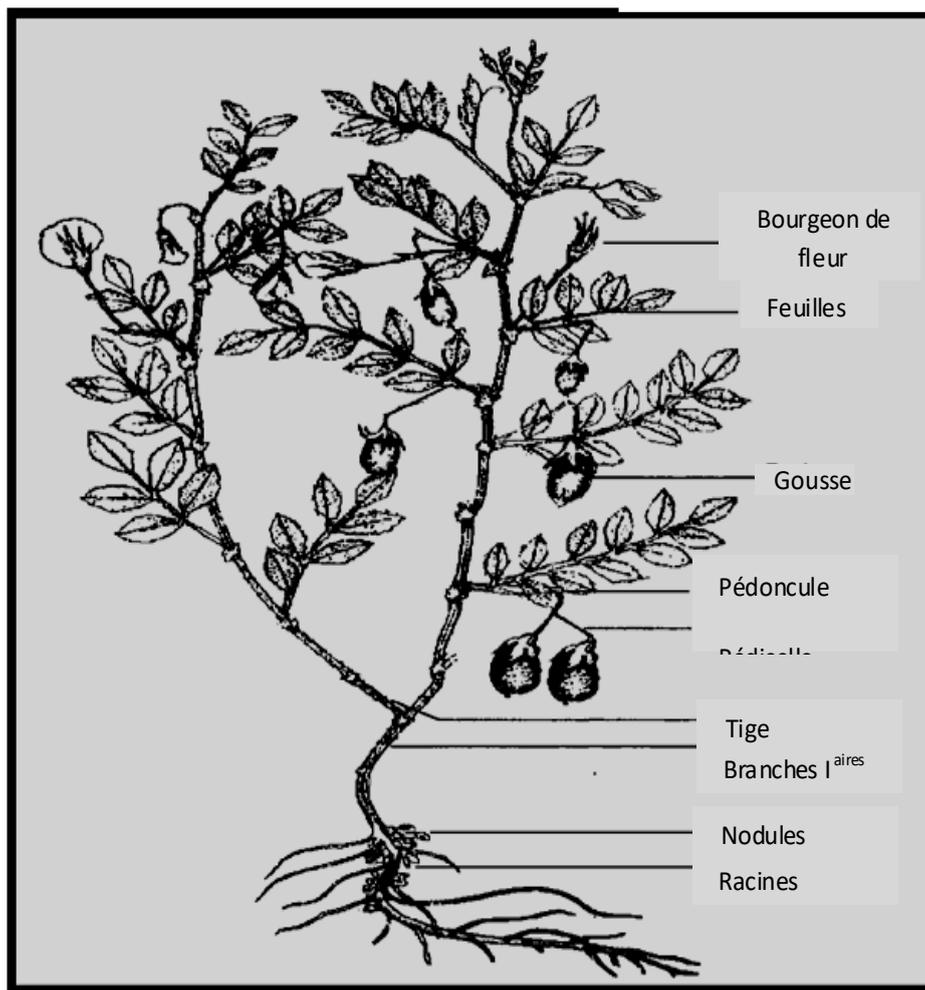
Le pois chiche est une plante annuelle, herbacée avec des branches diffusées et propagées (**Muehlbauer et Rajesh, 2008**).



**Figure1.** Plante de pois chiche (Anne-Gaëlle Besse, 2019)



**Figure.2** champ de pois chiche (Anne-Gaëlle Besse, 2019)



**Figure 3.** Description de la plante du pois chiche (Singh et Diwakar, 1995)

### 3. Morphologie de la plante

Le pois chiche (*Cicer arietinum L.*) est une espèce herbacée, annuelle, diploïde ( $2n = 16$  chromosomes), autogame, présentant moins de 1% d'hybridation naturelle (SinghetReddy,1991)



**Figure4.** Morphologie du pois chiche (Alli, 2015)

**3.1. Le système racinaire :** mixte, dont la croissance s'arrête dès que la floraison est démarrée, permet à la plante d'explorer un grand volume de sol en lui conférant une tolérance à la sécheresse (Slama, 1998). Il est composé d'une racine principale pivotante qui peut atteindre 1m de profondeur et des racines secondaires traçantes.

Les nodules, développés sur les racines, permettent la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique pour satisfaire 80% des besoins de la plante en azote assimilable.

**3.2 Les feuilles :** ont la forme imparipennée (Poitier, 1981) et sont composées de 7 à 15 folioles ovales et dentelées, sans vrilles, en position alternée sur un rachis (Saxena, 1984). Les faces inférieures des feuilles sont couvertes par un duvet formé de poils unis et pluricellulaires.

**3.3 La tige :** herbacée. Selon les génotypes de pois chiches, à une certaine hauteur, la tige se ramifie en deux ou trois branches pour donner des ramifications secondaires et par la suite des ramifications tertiaires (Braune et al. 1988).

**3.4 Les fleurs :** sont zygomorphes, articulées, solitaires ou en grappe de deux fleurs. Elles s'insèrent sur des pédoncules axillaires à l'aisselle des feuilles. L'apparition des premières fleurs dépend de plusieurs facteurs tels que la précocité de la variété, la date et la densité du semis et des techniques culturales. Toutefois, comme le pois chiche est une espèce à croissance indéterminée, sous des conditions hydriques favorables et des températures clémentes, les branches continuent à se développer, à fleurir et à produire des gousses et des 5

grains (**Leport et al. 2006**). Les premières fleurs, dites pseudo-fleurs ou fausses fleurs, sont imparfaites et ne donnent pas de gousses (**Roberts et al., 1980**)

**3.5 Le fruit :** Le fruit est une gousse de forme globuleuse, renflée, ovale, velue, pendante et portant un bec (**Ladizinsky, 1987**). Elle peut comporter 1 à 3 grains qui peuvent être lisses ou ridés, arrondis ou irréguliers.

#### **4. Classification**

La famille des *Fabaceae* comptant plus que 700 genres et 1800 espèces (**Polhill et Raven, 1981**). Le genre *Cicer* L. comptant 44 espèces (**Yadav et al., 2007**), 9 espèces annuelles et 35 espèces pérennes. Ces espèces sont divisées en 04 sections: *Monocicer*, *Chamaecicer*, *polycicer* et *Acanthocicer* (**Valcillova et al., 2002**). Le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) appartient au genre *Cicer* à la classe des Dicotylédones, à la sous-classe des Dialypétales, l'ordre des rosales, famille de *Fabaceae*, la sous-famille des *Papilionaceae*, Règne : *Plantae* et à la section *Monocicer* (Bock, 2009).

#### **5. Les exigences climatiques**

Le pois chiche se cultive entre 20°N et 40°N dans l'hémisphère nord, et à petite échelle entre 10°N et 20°N, ces environnements diffèrent dans la photopériode, la température et les précipitations (**Singh et Diwakar, 1995**).

**5.1 La température :** Les graines du pois chiche germent à une température optimum entre 28 à 33°C (**Singh et Diwakar, 1995**), mais elles peuvent germer entre 10 et 45°C (**Singh et Diwakar, 1995**). Le pois chiche est une plante à climat intermédiaire, la température optimale exigée varie entre 18°C et 29°C le jour et 20°C la nuit (**Girard, 1985**). Le pois chiche souffre dans les environnements chauds (35°C-18°C jour/nuit) (**Lopez-Bellido et al., 2004**). Selon **Nielson, (2001)**, des températures plus de 32°C limitent le rendement en grains du pois chiche en accélérant sa maturité. De même, les températures élevées de la floraison à la maturité des variétés à semi retardées conduisent à la réduction de la taille des graines et du rendement (**Lopez- Bellido et al., 2004**).

**5.2 La pluviométrie:** Peu de besoins en eau, résistant assez bien au stress hydrique, le pois chiche ne demande qu'une pluviométrie moyenne (**Singh et Diwakar, 1995**). Sa consommation en eau a été estimée entre 110 et 240 mm par an pour produire des rendements en grains allant de 9 à 30 qx /ha (**Singh et Bushan, 1979**). Sa consommation en eau a été estimée entre 110 et 240 mm par an pour produire des rendements en grains allant de 9 à 30 qx /ha. Le pois chiche est cultivé principalement comme culture de précipitation (en hiver

dans les climats subtropicaux et en printemps dans la région méditerranéenne et les climats tempérés).

**5.3 La lumière:** Le pois chiche est une plante de jour long, mais fleuri dans toutes les photopériodes (**Smith-son et al**). La plus part des légumineuses à grains sont des plantes qui préfèrent le soleil et réagissent à l'ensoleillement en fournissant un grand rendement (**Vincent et Gregory, 1974**). Il a été aussi rapporté que l'intensité de la lumière et la durée d'éclairement sont des facteurs importants pour la nodulation et la fixation de l'azote (**Lie, 1971**).

## 6. Les exigences édaphiques

**6.1 Type du sol:** Le pois chiche se cultive dans différents types de sols (**Khan et al., 2009**), mais il semble qu'il préfère les sols meubles, profonds, plus ou moins argileux avec une bonne capacité de rétention (**Singh et Diwakar, 1995**) ou des sols limoneux profond qui lui fournit des sels solubles (**Moolani et Chandra, 1970**). Ces sols retiennent plus de 200 mm d'humidité sur une longueur d'environ 1m (**Saxena, 1987**).

**6.2 Humidité du sol:** Le pois chiche se cultive dans différents types de sols (**Khan et al., 2009**), mais il semble qu'il préfère les sols meubles, profonds, plus ou moins argileux avec une bonne capacité de rétention (**Singh et Diwakar, 1995**) ou des sols limoneux profond qui lui fournit des sels solubles (**Moolani et Chandra, 1970**). Ces sols retiennent plus de 200 mm d'humidité sur une longueur d'environ 1m (**Saxena, 1987**).

**6.3 Nutrition minérale:** Le pois chiche exige plusieurs éléments minéraux tels que le nitrogène (N), le phosphore (P), le soufre (S) et le zinc (Zn). Le pois chiche montre une sensibilité vis-à-vis de la déficience en Zn (**Khan et al., 1998**).

**6.4 pH du sol :** Le pH optimum du sol pour que le maximum des nutriments soit assimilable est entre 5.7 et 9 (**Singh et Diwakar, 1995**).

## 7. Les variétés de pois chiche

On compte plus de 20.000 variétés de pois chiche dans le monde, qui se divisent selon Fabre, (2008) en deux grands types de graines, Desi et Kabuli.

**7.1 Le type Desi :** *Microsperma* (85% de la production mondiale) fait partie des habitudes alimentaires de l'Inde où il y est essentiellement cultivé, mais il est également cultivé en Éthiopie, Iran, Canada, Mexique et Australie. Au Moyen-Orient, il entre dans la composition d'un plat populaire « hoummos ». C'est une plante qui donne des petits grains ridés de couleur

brune plus ou moins foncée (Poids de Mille Graines < 300g) recouvert d'un tégument épais.

**7.2 Le type Kabuli :** : *Maicrosperma* ses graines sont moyennes à assez grandes, jusqu'à deux fois la taille d'un pois, moins ridées que le type Desi, de couleur blanc-crème. Ce type est cultivé surtout dans le bassin méditerranéen.

- Un troisième type intermédiaire appelé Gulabi a été identifié par certains auteurs, présente des grains lisses, de couleur claire et d'une taille moyenne (ITGC, 2011).



**Figure5.** Pois chiche type Desi (Alli, 2015)



**Figure6.** Les graines de pois chiche Kabuli ( Julie TOUSSAINT,2017)



**Figure7.** Pois chiche Desi noir (Alli, 2015)

## 8. Les caractères physiologiques du pois chiche

Les caractères physiologiques, le cycle végétatif du pois chiche comporte deux périodes déterminées par des stades repérés correspondant à des changements notables dans l'allure du développement et au rythme de croissance, qui sont :

**8.1 La période végétative** : Cette période s'étend de la germination jusqu'à la ramification à l'apex, initie des nœuds à chaque nœud, il y a apparition d'une feuille (**ITGC, 2003**).

- La levée, est l'apparition des plants à la surface du sol, elle peut être retardée par les basses températures, dans ce stade on observe l'apparition de la première feuille (**Kechache, 2005**).
- La ramification est marquée dès que la première tige est développée, à partir d'un bourgeon de base, les premières nodosités se forment, et l'élongation des entre-nœuds se fait progressivement (**Kechache, 2005**).
- **8.2 La période de reproduction** : Selon **Allali et Boussouar, (2007)** le délai de la floraison a été déterminé en retenant le nombre de jours séparant le semis et celui où 50% de fleurs sont épanouies. Elle commence du nœud inférieur.
- La fructification, concerne le début de formation de gousse (transformation des fleurs en gousses) (**Kechache, 2005**).
- La maturité, est définie comme étant le stade caractérisé par la chute des feuilles; nécrose de l'extrémité de la gousse, brunissement du point de jonction entre le grain et l'épicarpe de la gousse.

## 9. Cycle et saison de la culture du pois chiche

Dans le bassin méditerranéen, le pois chiche est considéré comme une culture du printemps. La plante se développe vigoureusement et complète son cycle évolutif en 04 mois (**El-Aoufir, 2001**). La pollinisation chez le pois chiche est complétée dans le stade de la formation des bourgeons des fleurs, avant que les abeilles visitent les fleurs ouvertes aux champs (**Van Der Maesen, 1972**).

## 10. Condition de culture

La durée de la maturation de la culture de pois chiche dépend de la température et de l'humidité disponible. Elle est de 95 à 115 jours. Elle varie entre 95 et 105 jours pour le pois chiche desi et entre 110 et 115 jours pour le pois chiche kabuli (**Labdi, 1991**). Le pois chiche se développe à des températures variant entre 21 et 29°C le jour et à environ 20°C la nuit

(Ayadi, 1986). Les fortes températures entraînent une diminution du potentiel de production du pois chiche (Saxena *et al.* 1987). Dans le bassin méditerranéen, cette espèce est traditionnellement semée au printemps (mars-avril), quand les réserves en eau du sol sont à leur maximum (Keating et Cooper, 1983). Le pois chiche est adapté de façon optimale aux zones des sols bruns et bruns foncés. Cette espèce résiste bien à la sécheresse en raison de son système racinaire pivotant mais par contre, le pois chiche n'est pas bien adapté aux zones de grande humidité, aux sols salins et aux sols gorgés d'eau. Il tolère des pH allant de 5.7 à 9 (Singh et Diwakar, 1995).

## 11. Intérêts du pois chiche

**11.1 Intérêt économique :** Les légumineuses alimentaires constituent un composant important du régime alimentaire, spécialement dans les pays sous développés où elles représentent environ 90% de la consommation globale (Hassan, 2006).

**Tableau 1.** Rendement et production mondiale du pois chiche en comparaison avec d'autres cultures (comapge2004, 2005) (FAO, 2005)

Cultures	Rendement (Kg/ha)	Production(Mt)
Maïs	4.707	692.034.184
Blé	2.898	626.466.585
Riz	4.004	614.654.895
Soja	2.292	209.531.558
Arachides	1.447	36.492.147
Haricots	0.709	25.419.286
Petits pois	1.757	20.721.735
Pois chiche	0.818	9.172.530
Lentille	1.007	4.031.837

**11.2 Intérêts agronomiques :** La capacité symbiotique que possède le pois chiche d'utiliser l'azote atmosphérique pour sa croissance, leur rend comme culture préférable de l'agriculture durable en réduisant la dépendance au fertilisant azoté (Babar *et al.*, 2009). Il a été également rapporté que cette culture réduit l'inoculum potentiel des maladies racinaires d'origine tellurique (Flandez-Galvez *et al.*, 2003).

**11.3 Intérêts nutritionnels :** Le pois chiche a une importance économique significative. Ces pailles ont une valeur de fourrage en comparaison avec les autres pailles communément utilisées pour l'alimentation du bétail (Rekha et Thiruvengadam, 2009). Le pois chiche constitue une source très importante de protéines végétales qui peuvent corriger le déficit en protéines animales (**Ben Mbarek et al., 2009**).

**Tableau 2.** Composition chimique des grains du pois chiche en comparaison avec quelques légumineuses alimentaires et le blé (pour 100 g de MS) (**Aykroyd et Doughty, 1982**)

Espèces	Fève	Lentille	Pois chiche	Pois	Blé
Calories (g)	343	346	358	330	370
Protéines (g)	23.4	24.2	20.1	22.2	13
Matière grasse (g)	2	1.8	4.5	1.4	2
Glucides (g)	60.2	60.8	61.5	60.1	68
Cellulose (g)	7.8	3.1	2.5	2.7	2.5
Calcium(g)	90	56	149	70	60
Fer (mg)	3.6	6.1	7	4.3	1
Thiamine (mg)	0.54	0.5	0.4	0.72	0.13
Riboflavine (mg)	0.29	0.21	0.18	0.15	0.04
Vit C (mg)	4	3	5	4	-----

**Tableau.3**Composition chimique du pois chiche (**Singh et Jauhar, 2005**)

Elements	gr ou mg/100g
Protéines digestibles (gr)	23
Carbohydrates (gr)	64
Amidon (gr)	47
lipide (Ac. Linoléique et oléique) (gr)	5
Fibres bruts (gr)	6
Sucres solubles (gr)	6
Cendre (mg)	3
Phosphore (mg)	343
Calcium (mg)	186
Magnésium (mg)	141
Fer (mg)	7
Zinc (mg)	3

- Le pois chiche est une bonne source de carbohydrates et de protéines qui constituent ensemble environ 80% du poids sec de la graine. L'amidon est le principal carbohydrate chez le pois chiche, il contient aussi une quantité considérable en acide gras. Les triglycérides et les phospholipides sont les composants prédominants des lipides chez le pois chiche (**Singh, 1985**). Les acides gras majeurs chez le pois chiche sont les acides: linoléique, oléique et palmitique (**Ling et Robinson, 1976**).

## **12. Le stress biotique chez le pois chiche**

Facteur primordial dans la réduction du rendement du pois chiche reste l'aspect phytosanitaire attribué souvent à des agents pathogènes, dont les plus importants sont les agents telluriques (**Jimenez-Diaz et al., 1989**). Parmi les nombreux organismes nuisibles qui réduisent la croissance et la production du pois chiche, l'agent de l'antracnose, de la pourriture racinaire et du flétrissement (**Rekha et Thiruvengadam, 2009**).

**Tableau 4.** Principales maladies cryptogamiques chez le pois chiche dans le monde

Maladies	Agents responsables	Références
anthracnose	<i>Ascochyta rabiei</i> (Pass) Labr	(Merzoug <i>et al.</i> , 2009; Chérif <i>et al.</i> , 2007; Mazur <i>et al.</i> , 2004; Singh <i>et al.</i> , 1998; Singh <i>et al.</i> , 1994; Susanne et Wolfgang, 1990; Singh, 1990; Haware <i>et al.</i> , 1986).
Pourriture resèche	<i>Rhizoctonia sp.</i>	(Merzoug <i>et al.</i> , 2009; Mazur <i>et al.</i> , 2004; Rouibah, 1989; Trapero-Casas et Jimenez-Diaz, 1985; Singh et Mehrotra, 1980).
Pourriture noire	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>Pisi</i>	(Merzoug <i>et al.</i> , 2009; Mazur <i>et al.</i> , 2004; Trapero-Casas et Jimenez-Diaz, 1985).
Flétrissement vasculaire	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>ciceri</i>	(Merzoug <i>et al.</i> , 2009; Chérif <i>et al.</i> , 2007; Mazur <i>et al.</i> , 2004; Singh <i>et al.</i> , 1998; Singh <i>et al.</i> , 1994; Trapero-Casas et Jimenez-Diaz, 1985; Mani et Sethi, 1984).
Pourriture racinaire noire	<i>Fusarium solani</i> (Mart.) Sacc.	(Merzoug <i>et al.</i> , 2009; Mazur <i>et al.</i> , 2004; Trapero-Casas et Jimenez-Diaz, 1985; Mani et Sethi, 1984).
Pourriture du collet	<i>Sclerotium rolfsii</i> Sacc.	Chérif <i>et al.</i> , (2007).
Fonte de semis	<i>Pythium debaryanum</i> Hesse, <i>Pythium irregulare</i> Buisman, <i>Pythium ultimum</i> Trow	(Kainer et Hannan, 1983; Trapero Casas <i>et al.</i> , 1990).
Pourriture racinaire	<i>F. acuminatum</i> , <i>F. arthrosporioides</i> , <i>F. avenaceum</i> , <i>F. solani</i> f. sp. <i>Eumartii</i>	Merzoug <i>et al.</i> , (2009).
Complexe du flétrissement	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>ciceri</i> , <i>F. solani</i> , <i>Verticillium albo-atrum</i> , <i>Rhizoctonia bataticola</i> et <i>R. solani</i>	(Fahim <i>et al.</i> , 1987; Trapero et Jimenez-Diaz, 1985; Grewal, 1982).

### 13. La Situation du pois chiche en Algérie

En Algérie les espèces de légumineuses alimentaires les plus cultivées sont la lentille (*Lens culinaris* L.), le pois chiche (*Cicer arietinum* L), le pois (*Pisum sativum* L), la fève (*Vicia faba* L.) et l'haricot (*Phaseolus* L.). Les légumineuses alimentaires ont reçu beaucoup d'attention de la part du ministère de l'agriculture pour augmenter les superficies et améliorer les niveaux de rendements. Cependant les résultats obtenus n'ont pas été à la hauteur des efforts consentis (Bouzerzour *et al.*, 2003).

Le pois chiche (*Cicer arietinum*) en Algérie, vient en seconde place après l'haricot avec une

superficie de 14.6% et occupe la troisième place en production environ 15.6%. Cependant, les productions n'ont pas évolué au contraire ils sont régressé avec une faible production dans le monde (4qx/ha) (**Mehrez et al., 2010**).

Compte tenu des problèmes que pose la culture du pois chiche en Algérie, particulièrement du point de vue comportement variétal vis-à-vis des facteurs biotiques (champignons, insectes, virus) et abiotiques (sécheresse, gelées, froids). La collecte et l'évaluation adéquate des ressources génétiques locales devient indispensable pour pouvoir créer des variétés nouvelles ayant un bon rendement, adaptées aux variations climatiques et résistantes aux maladies (**Abdelgherfi et al., 2000**).

L'Algérie porte peu de variabilité pour le pois chiche. Les variétés ou populations cultivées méritent, cependant, des études sérieuses pour en déterminer les caractéristiques qui font qu'elles soient encore appréciées par les agriculteurs (**Bouzerzour et al., 2003**). Parmi les caractéristiques utilisables immédiatement, et qui sont successibles d'exister dans le germoplasme local il y a la capacité de la fixation symbiotique de l'azote de l'air, la hauteur de la plante, la résistance à l'égrenage, la résistance aux maladies cryptogamiques et la tolérance aux stress abiotiques (**Singh et al., 1998**).

Malheureusement, peu d'intérêt est porté à la variabilité génétique qui caractérise le pois chiche. Les instituts de recherche ont sélectionné 20 cultivars du pois chiche dont 9 sont en multiplication (**Bouzerour et al., 2003**). Compte tenu du fait que l'Algérie ne fait pas partie de l'aire de distribution du genre *Cicer*, on définit le pois chiche local comme tous cultivars ou variétés introduits par de nombreuses civilisations, au fil du temps ces cultivars se sont adaptés à certaines conditions édapho-climatiques. Contrairement au pois chiche local qui est très hétérogène, à caractères génétiques inconnus et peu utilisé, celui introduit est généralement homogène, à caractères génétiques connus et commercialisés à grande échelle (**Abdelgherfi et al., 2000**). Parmi les variétés les plus cultivées en Algérie on trouve les variétés ILC-3279 (Chetoui1) et ILC-482 (Cehtoui 2) introduites par l'ICARDA en 1988.

#### 14. Aire de culture et production du pois chiche en Algérie

On connaît quatre zones principales de culture de pois chiche en Algérie (Benzohra, 2009).

- Pleines littorales et sublittorales (pluviométrie, plus de 600 mm/an).
- Plaines d'altitude 700 à 900 m (pluviométrie plus de 600 mm/an).
- Hautes plaines telliennes (pluviométrie entre 400 et 600 mm/an).
- Plaines basses telliennes (pluviométrie entre 400 et 500 mm/an).

**Tableau 5.** Evolution des superficies, productions, rendement et semences du pois chiche en Algérie durant la campagne 1998-2008 (FAO, 2010).

Années	Superficie (Ha)	Production (tonnes)	Rendement (Kg/Ha)	Semence (tonnes)
1998	29550	18143	6139	1386
1999	27720	13070	4715	974
2000	19480	6661	3419	964
2001	19290	12312	6382	966
2002	19330	14971	7744	1142
2003	22850	19102	8359	1153
2004	23079	16367	7091	1167
2005	23348	13727	5879	1062
2006	21252	12706	5978	1034
2007	20681	14294	6911	1000
2008	20000	15000	7500	1000

## II/ Agent pathogène *Fusarium oxysporum f. sp. Ciceri*

### 1. Historique

*Fusarium oxysporum* a été décrit pour la première fois par **Matuo et Ishigami** en (1958) à partir d'une plante souffrant du flétrissement vasculaire *S. melongena* (*Solanaceae*). Tel que cité par plusieurs auteurs, l'agent causal responsable du flétrissement du pois chiche est *Fusarium oxysporum f. sp. ciceri* (**Cabrera et al.,1985**), signalé depuis 1910 (**Erwin, 1958**). Le diagnostic de cette maladie n'a été complété qu'en 1940 par Padwick (**Padwick, 1940**). La maladie a été signalée en premier lieu dans seulement 14 pays.

Les premières recherches sur cette maladie ont débuté en Inde et Myanmar dans les années 1920 puis en Mexique, des confusions dans l'identification du flétrissement du pois chiche ont été très répandue, jusqu'à que **Nene et al., (1981)** ont clarifié l'identification de *FOC* (**Singh, 1987**). Actuellement, cette maladie a été rapporté dans au moins 33 pays (**Singh et al., 2002**).

### 2. Description et clés d'identification de *FOC*

Le genre *Fusarium oxysporum* peut être défini par les critères morphologiques, incluant la forme de la microconidie et macroconidie, la structure du conidiophore (fausse tête sur des phialides courts formés sur l'hyphe) et la formation de chlamydospores. Sur le milieu CLA (Carnation Leaf-piece Agar), les macroconidies de *Fusarium oxysporum ciceri* sont formées en sporodochie orange pale qui naissent à partir de monophialides sur des conidiophores branchés et parfois sur des monophialides sur l'hyphe. La longueur des macroconidies est courte à moyenne, courbée à légèrement droite, à paroi épaisse et présentant souvent 03 septations.

Les microconidies sont formés abondamment en fausse tête sur des monophialides courtes, ils peuvent être ovales, elliptiques ou réniformes et sont souvent sans septation (**Leslie et Summerell, 2006**).

### 3. Classification

- Division : Eumycota
- Sous-division : Deuteromycotina
- Classe : Hyphomycetes
- Order : Moniliales
- Famille : Tuberculariaceae
- Genre : *Fusarium*
- Espèce : *Fusarium oxysporum f.sp ciceris* ( Ghosh, 2009)



**Figure8.** *Fusarium oxysporum* (Schltdl,1824)

### 3. Mécanismes d'infection et de colonisation

#### 4.1 Mode d'infection

Le champignon peut survivre dans le sol sous forme de mycélium ou spore en absence de son hôte (Agrios, 2005). La chlamydospore est la forme dormante dans les tissus en décomposition. Le cycle de vie de *Fusarium oxysporum* commence dans le sol en présence de l'hôte. Le stimulus de la germination serait les racines de la plante hôte, en le contactant avec des débris non colonisés de la plante fraîche (Delgado-Jarana, 2005). Le tube germinatif des spores ou du mycélium pénètre dans les racines de plantes saines cultivées dans un sol contaminé. L'entrée est soit directe, à travers les parois ou opportuniste (Agrios, 2005). Le mycélium prend un chemin intercellulaire à travers le cortex, et entre dans les vaisseaux du

xylème, dans lequel il se multiplie en causant les symptômes du flétrissement (Agrios, 2005).

#### 4.2 Mode de colonisation

Après infection des racines de l'hôte, le champignon traverse le cortex et entre dans les tissus du xylème (Cunnington *et al.*, 2009). Généralement, le mycélium migre à travers la partie inférieure de la plante vers la tige et la couronne (Aboul-Soud *et al.*, 2004), ensuite le pathogène se branche aux vaisseaux du xylème où le mycélium produit des microconidies (Cunnington *et al.*, 2009; Aboul-Soud *et al.*, 2004), les microconidies se détachent et se transportent dans le système vasculaire (sève) via le flux de transpiration (Aboul-Soud *et al.*, 2004). A ce stade les microconidies germent et le mycélium pénètre dans la paroi du vaisseau adjacent et il devient systémique dans les tissus de l'hôte (Cunnington *et al.*, 2009).

L'économie de l'eau des plants infectés est éventuellement compromise sévèrement par le blocage des vaisseaux conductrices par la germination des microconidies, le résultat est la clôture des stomates, flétrissement et mort des feuilles, suivie par la mort de la plante entière (Cunnington *et al.*, 2009).

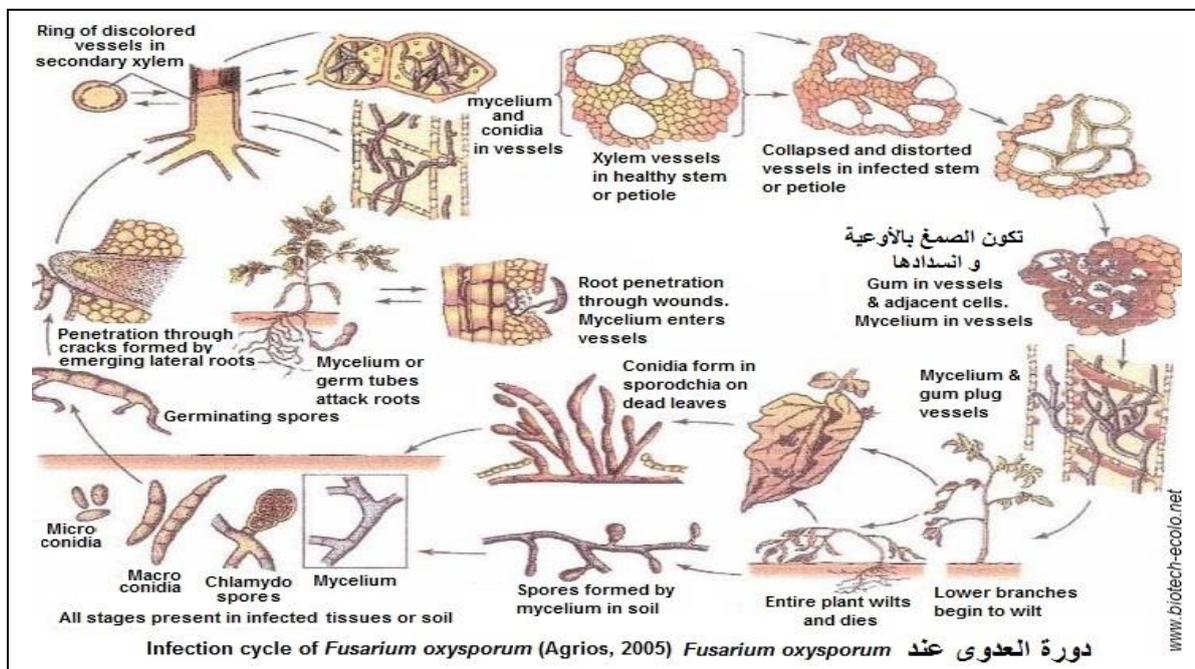


Figure 9 : Cycle infectieux du *Fusarium oxysporum* d'après Agrios(5005)

L'hôte principale de *FOC* est le genre *Cicer* (Jimenez-Gasco *et al*, 2004), mais quelques auteurs ont signalé que ce champignon peut attaquer d'autres espèces de plantes, telles que: *Cajanus cajan* (Pois de pigeon), *Lens culinaris ssp.* (Lentille) et *Pisum sativum* (petits pois) (Haware, 1982).

## 5. Distribution de la maladie et des races pathologiques dans le monde

La maladie est largement propagée dans les régions de culture du pois chiche dans le monde, elle a été rapporté dans au moins 33 pays (Singh *et al*, 2002). (Nene et Reddy, 1987) ont rapporté que la maladie couvre le nord de l'Amérique, l'Europe, le Moyen orient et le Sud Est de l'Asie. La distribution globale est corrélée avec la présence des races de *FOC*. La fusariose a été rapporté dans la plupart des régions de culture du pois chiche: le subcontinent Indien, L'Iran, le Pérou, la Syrie, l'Ethiopie, le Mexique, l'Espagne, la Tunisie, la Turquie, USA (Halila et Strange, 1996) et l'Algérie (Ben Freha *et al.*, 2010).

## 6. La maladie de la fusariose du pois chiche

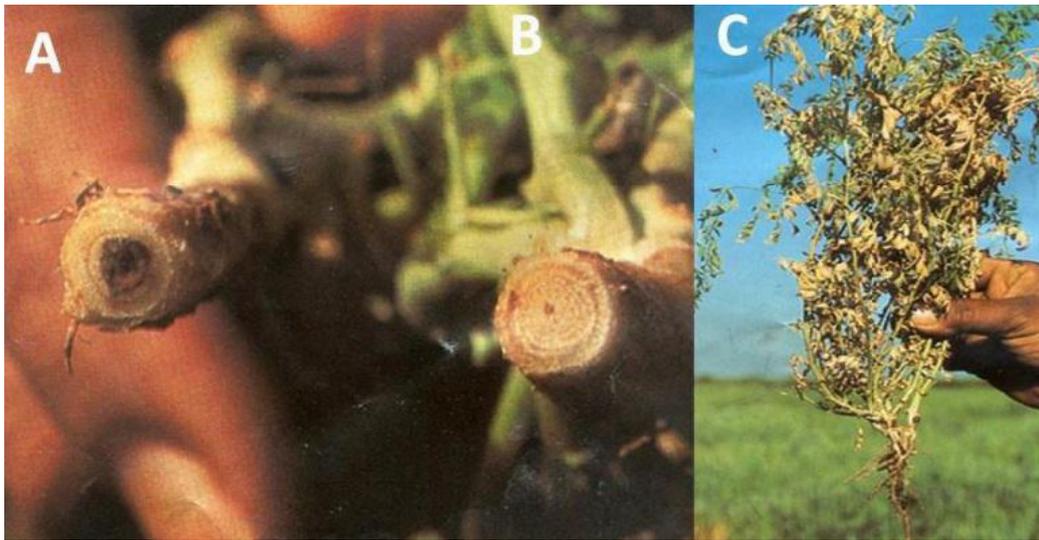
Le flétrissement vasculaire causé par le *FOC* est un des majeurs facteurs limitant la production du pois chiche dans le monde (Sharma *et al*, 2009). Malgré qu'il existe un nombre de facteurs biotiques et abiotiques qui participe dans la réduction de la production, cette maladie reste une des épidémies les plus importantes (Farooq *et al*, 2005).

### 6.1 Descriptions des symptômes de la fusariose du pois chiche

Le flétrissement précoce causé par le *FOC* peut être observé sur les génotypes sensibles 25 jours après le semis (Shah *et al*, 2009), et comme tardif au stade de remplissage de gousses (Pande *et al*, 2007). Le flétrissement précoce cause plus de pertes que le flétrissement tardif. Les jeunes plantules infectées par le flétrissement vasculaire s'écroulent, s'aplatissent et s'allongent sur terre et gardent leur couleur verte sombre (Pande *et al*, 2007). Cependant, les plantes adultes montrent des symptômes du flétrissement typique, par conséquent le plant entier montre un abaissement soudain des feuilles (Dubey et Singh, 2004), une couleur pale par rapport aux plantes saines (Shah *et al*, 2009) et une décoloration du xylème de la tige (Raju *et al*, 2008), ce qui conduit à la mort du plant.

Les plantes du pois chiche attaquées par le *FOC* ne montrent pas une pourriture externe et apparaissent saines, lorsqu'on coupe verticalement la partie inférieure de la région du collet,

cette région montre une coloration marron des tissus internes (Shah *et al*, Singh, 2004). Certains auteurs rapportent la présence d'une pourriture racinaire (Raju *et al*, 2008), cependant d'autres signalent l'absence de cette pourriture (Dubey *et Singh*, 2004). Les gousses des plantes du pois chiche malades apparaissent normales, mais les graines sont généralement plus petites, froissées (pliées) et décolorées (Pande *et al*, 2007).



**Figure10** : Fusariose sur pois chiche (Cunninton *et al*, 2009) A : plante infectée B: plante saine C : sur plante entière (Souad, 2016)



**Figure11** : Symptômes de la fusariose du pois chiche sur feuilles (Quentin LAMBERT, 2019)

## **6.2 Dégâts causés par la fusariose du pois chiche**

Le flétrissement vasculaire, causé par le *Fusarium oxysporum* Schlechtend. Fr. f.sp. *ciceri* cause des pertes annuelles de rendement estimées entre 10 à 90% (Navas-Cortés *et al*, 1998) et ça peut aller jusqu'à 100% de perte quand les conditions sont favorables (Sharma et Muehlbauer, 2007). Les pertes annuelles du pois chiche dues au flétrissement vasculaire ont été estimées à 10% en Inde (Singh et Dahiya, 1973), 50% au Pakistan (Ikramul et Farhat, 1992) et en Espagne (Trapero-Casas et Jiménez- Díaz, 1985) et à 40% en Tunisie (Bousslama, 1980). La maladie peut apparaître durant tous les stades de la croissance du pois chiche (Navas-Cortés *et al*. 1998).

## **6.3 Localisation de la fusariose du pois chiche**

Le flétrissement vasculaire du pois chiche est répandu dans les pays tropicaux et tempérés chauds en culture sous serre où en une culture intensive en plein champs (Arroyo *et al*, 2003). Le flétrissement a été rapporté dans plusieurs pays dans le monde (Nene *et al*, 1984), mais cette maladie est plus importante entre l'altitude 30N° et 30S° où la saison de la culture est sèche et chaude (Sharma *et al*, 2009), que les altitudes hautes (30-40N°) (Pande *et al*, 2007).

## **6.4 Répartition géographique et importance économique du flétrissement vasculaire du pois chiche en Algérie**

En Algérie, le flétrissement du pois chiche n'est connu que par quelques données fragmentaires. Depuis 1970, des isollements effectués à partir des plants du pois chiche présentant des symptômes du flétrissement et du jaunissement ont montré la prédominance de *Fusarium oxysporum* (Si-Hassen, 1990). Durant la campagne 1989 – 1990, une prospection réalisée avec la participation de plusieurs spécialistes de différentes structures a porté sur les principales cultures de légumineuses (pois chiche, lentille et fèves) a montré que les pertes dues au *F. oxysporum* peuvent atteindre 50 à 100 % sur la variété locale RABAT (Bouznad, 1989).

## **6.5 Facteurs influençant la maladie du flétrissement**

Certains facteurs possèdent une très grande influence sur la croissance de l'espèce fongique et principalement sur les possibilités de réalisation de l'interaction hôte - parasite, parmi ces facteurs on distingue:

**6.5.1 La température :** le processus d'infection par le *FOC* est influencé par l'environnement spécialement la température (Landa *et al*, 2001). Une température avoisinant 25°C est optimum pour le développement de la fusariose du pois chiche (Sharma et Muehlbauer, 2007), et cela malgré une faible densité d'inoculum initial du sol (Navàs-Cortès *et al*, 2000). Des observations de l'incidence du flétrissement du pois chiche dans le champ ont montré que le facteur chaleur augmente la sévérité de la maladie (Ben Freha *et al*, 2010).

**6.5.2 L'humidité :** Des observations de l'incidence du flétrissement du pois chiche dans le champ ont montré que les sols humides augmentent la sévérité de la maladie (Trapero-Casas et Jimenez-Diaz, 1985).

**6.5.3 Effet des exsudats racinaires :** La qualité et la quantité des substances libérées par les racines vers la rhizosphère est conditionnées par les espèces de plantes, les conditions de croissance, le stade de développement, les facteurs environnementales, les blessures mécaniques sont dues aux bio-agresseurs et de l'activité microbienne (Curl et Truelove, 1986). Ces substances peuvent être soit des sucres, des acides aminés, des acides organiques, des composés phénoliques, des flavonoïdes, des enzymes, des acides gras, des régulateurs de croissance, des nucléotides, des tannins, des stéroïdes, des terpénoïdes, des alcaloïdes, des poly acétylènes et des vitamines (Bertin *et al*, 2003).

**6.5.4 La densité de l'inoculum :** La sévérité de la maladie dépend également de la densité d'inoculum. Ce facteur est rapporté par certains auteurs qui ont observé que l'augmentation de la charge de l'inoculum augmente la sévérité et la rapidité de la maladie, par contre sa diminution supprime l'expression de la maladie (Navas-Cortés *et al*, 2000).

**6.5.5 La sensibilité des cultivars :** l'incidence de la maladie peut être influencé par le génotype du pois chiche cultivé, cette incidence augmente lors de l'utilisation de génotypes sensibles (Navas-Cortés *et al*, 2000).

## 7. Epidémiologie et transmission de *FOC*

L'épidémiologie des champignons de flétrissement est complexe. De nombreux facteurs tels que la densité d'inoculum, le pathotype, l'âge de la plante, la résistance de l'hôte, la densité des plantes, l'humidité du sol, les éléments nutritifs, l'air et la température du sol, peuvent affecter le développement du flétrissement (Haware *et al*. 1990).

La dissémination du champignon peut se produire selon différentes formes: les résidus de plants infectés (racines, tiges, feuilles), le sol et les graines. Les spores peuvent être disséminées par le vent et la pluie (**Cunnington et al, 2009**).

Le *FOC* est fréquemment considéré comme agent de maladies monocycliques gouvernées fortement par la densité et la distribution de l'inoculum primaire. C'est pour cela, le but principal d'une stratégie de contrôle est de réduire la quantité de cet inoculum (**Rekha et al, 2000**).

Les champignons du sol ont, quant à eux, des rayons de disséminations très faibles. Ils évoluent par le développement de leur mycélium, attiré par les sécrétions racinaires des plantes. Ils bénéficient néanmoins d'autres atouts: des formes de conservation performantes qui peuvent rester viables plusieurs années dans le sol et passer ainsi le cap de rotations longues. Ils peuvent en outre être disséminés d'une parcelle à l'autre par le biais du matériel de travail du sol (**Cunnington et al, 2009**).

L'homme est en effet lui aussi un vecteur, notamment par le transport de semences contaminées, ou du fait d'échanges commerciaux de matières premières végétales. Par ces différents vecteurs, les maladies peuvent être transportées sur des grandes distances, d'une parcelle à l'autre mais aussi d'un pays à l'autre (**Gwata et al. 2006**).

## **8. Biologie**

Dans un milieu de culture solide, comme le milieu PDA, les différentes formes spéciales de *F. oxysporum* peuvent varier d'apparence. Généralement, au début de la croissance, le mycélium aérien est blanc et peut ensuite changer vers une grande variété de couleurs (du violet jusqu'au pourpre foncé) selon la souche de *F. oxysporum* (ou forme spéciale) (**Smith et al, 1988**).

Selon **Rahmania (2000)** *Fusarium oxysporum* produit trois types de spores asexuées: microconidies, macroconidies et chlamydospores.

**8.1 Les microconidies** : Hyalines, de formes et de dimensions variables, de 3 à 15µm de long et de 3 à 5 µm de diamètre. Ces structures généralement unicellulaires, sont sphériques au début de leur formation et deviennent peu à peu allongées, elliptiques, droites ou légèrement courbées. Ces conidies se forment à l'extrémité des microphialides.

**8.2 Les macroconidies** : Sont peu nombreuses, leur base est pédiforme et leur extrémité est pointue et courte, elles sont en général tétracellulaires. Elles mesurent 20 à 35 µm de long et

entre 3 et 5 µm de diamètre et elles prennent naissance à partir des macrophialides.

**8.3 Les chlamydospores :** Se forment, soit à partir d'article mycélien, soit à partir d'une cellule de macroconidie. Elles sont caractérisées par une paroi très épaisse et accumulent d'importantes réserves de nature lipidique, ces structures sont toujours arrondies, ayant de 6 à 20 µm de diamètre. Ce sont des spores de résistance produites en grande quantité dans les cultures âgées ou en réponse à des conditions défavorables (température élevée, manque d'oxygène, milieu pauvre en substances nutritives).

Les sclérotés sont de formes plus ou moins sphériques, de couleur sombre (bleu foncé à noir). Ces structures apparaissent dans les conditions d'extrême, pauvreté du milieu de culture. Elles sont considérées comme des organes de résistance capables de s'enkyster durant de longues périodes. **(Rahmania ,2000).**

## **9. Moyens de lutte contre la fusariose du pois chiche**

La protection des plantes contre les maladies représente une part importante des interventions phytosanitaires sur de nombreuses cultures. La plupart des moyens utilisés pour lutter contre les maladies et les ravageurs ne sont pas durables, les moyens de contrôle de *F. oxysporum*, hormis la résistance génétique, sont assez peu efficaces du fait que ce champignon peut survivre de nombreuses années dans le sol en absence d'hôte (au moins 06 ans sous forme de chlamydospores) sans prendre en compte les capacités saprophytiques du champignon qui augmentent ces chances de survie. **(Haware et al, 1996)**, ce qui rend son control difficile, du coup différents moyens de lutte ont été préconisés en vue de réduire les pertes dues à la fusariose du pois chiche.

### **9.1 Pratiques culturales :**

Le contrôle du flétrissement vasculaire du pois chiche peut être atteint par l'ajustement des dates de semis **(Chérif et al, 2007)**, l'avancement de la date de semi du pois chiche du début de printemps vers la fin de l'hiver empêche le développement épidémique du flétrissement et minimise la sévérité de la maladie **(Navas-Cortes et al, 1998)**. Cependant, l'efficacité de ce contrôle est influencée par la sensibilité des cultivars du pois chiche, la nature des races de *FOC* et sa densité d'inoculum **(Navas-Cortes et al, 2000)**.

L'ensoleillement des sols avant le semis pendant 06 semaines semble être efficace pour réduire l'incidence de la fusariose du pois chiche **(Mukerji et al, 2009)**.

## 9.2 Méthodes chimiques :

L'inoculum de *FOC* présent dans les semences peut être éradiqué par l'enrobage des graines à l'aide des fongicides tels que: Benlate -T, Benomyl 30% + Thiram 30% à 1.5% (**Haware et al,1978**), **Kaur et Mukhopadhyay, (1992)** ont signalé que le traitement des graines par les deux fongicides: Vitavax et Ziram réduit l'incidence de la fusariose (**Kaur et Mukhopadhyay, 1992**). Pour lutter contre ce parasite, les fongicides sont souvent d'un emploi facile mais ils présentent des inconvénients: perte rapide d'efficacité, risque de résidus dans les plantes, coût souvent trop élevé et aide à indiscipliner la microflore bénéfique du sol (**Sharma et Muehlbauer, 2007**). En plus, l'utilisation de ces molécules chimiques est souvent remise en cause en raison de ses impacts sur l'environnement et des problèmes de santé humaine qu'elle entraîne (**Ploetz et al, 2003**).

## 9.3 Méthode biologique

La lutte biologique avec les antagonistes est devenue une des plus prometteuses alternatives à la lutte chimique contre les maladies fongiques. Les produits d'origine naturelle, sont plus respectueux de l'environnement et de la santé des utilisateurs et des consommateurs, pourront être introduits dans des programmes classiques pour permettre de diminuer l'apport d'intrants chimiques. Différents microorganismes (Bactéries, champignons) ont été signalés par plusieurs auteurs pour lutter contre la fusariose du pois chiche, telles que les bactéries appartenant aux genres *Bacillus* (**Duijff et al,1999**), *Burkholderia spp.* et *Paenibacillus spp.* (**Duijff et al, 1999**), et des souches de *FOC* non pathogènes (*FOC* avirulent) (**Hervàs et al, 1997**).

## 9.4 Méthode génétique

### 9.4.1 La résistance variétale

Cette résistance est dite soit spécifique soit partielle, selon la présence d'un ou plusieurs gènes de résistance variétale. Le choix variétal peut être intégré au raisonnement de la lutte contre le flétrissement du pois chiche. Certaines variétés sont tolérantes et parfois, dans certaines situations (modes de contamination, semences et/ou sol) témoignent des résistances. Ces dernières peuvent être valorisées en agriculture. L'utilisation des cultivars résistants est une des stratégies les plus pratiques et la moins coûteuse pour le contrôle de la fusariose du pois chiche, mais le déploiement des variétés résistantes n'a pas été extensive à cause des caractères agronomiques parfois indésirables (**Upadhyaya et al, 2007**).

En plus, leur résistance est non durable à cause de la présence des races physiologiques de *FOC* (Sharma et Muehalbauer, 2007) et certains cultivars présentent une sensibilité à d'autres maladies (Sharma *et al*, 2009). Les variétés du pois de chiche cultivées par les agriculteurs ont des niveaux de résistance très différents les uns des autres. Cette résistance est fonction des gènes présents lors de la création de la variété. Deux types de résistance sont mis en évidence au niveau du pois de chiche, la résistance spécifique et la résistance partielle.

**9.4.1.1 La résistance spécifique :** déterminée par des gènes dominants aussi appelés gènes R. Cinq de ces gènes ont été découverts à ce jour (R1 à R5) (Sharma *et al*, 2009), ils déclenchent chez la plante une réaction d'hypersensibilité en présence du parasite, ce qui limite l'extension du parasite aux tissus voisins. Cette voie de résistance permet un retard du début de l'épidémie jusqu'à ce que la plante se trouve en présence d'une race de fusariose possédant les gènes de virulence qui correspondent à ses propres gènes d'hypersensibilité et peut alors se retrouver rapidement détruite (Jimenez-Casco *et al*, 2004).

**9.1.1.2 La résistance partielle :** déterminée par un grand nombre de gènes. Ce type de résistance va agir sur la pénétration, la dissémination du champignon dans les tissus ou encore l'intensité de la sporulation. Cette complexité d'intervention rend difficile les études sur ce type de résistance, mais la faible probabilité de son contournement par le parasite en fait un support intéressant de recherche génétique (Madrid *et al.*, 2008).

**CHAPITRE**  
**II**  
**MATÉRIEL ET MÉTHODES**

## 1. Objectif

Notre étude a été effectuée afin d'identifier les symptômes de la fusariose du pois chiche au champ et déterminer l'importance de la maladie, dans la Wilaya de Ain Témouchent, et plus précisément dans la région de Hammam Bouhadjar, -cultures présentant les symptômes de la maladie ont été prélevées pour être analysées au laboratoire.

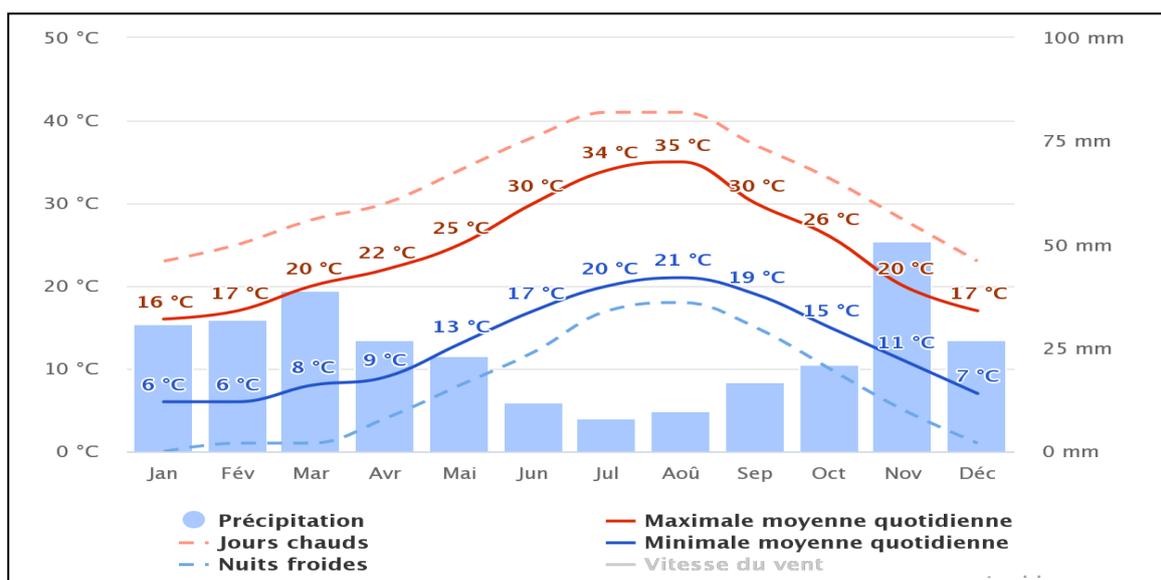
Notre travail de recherche a été réalisé au niveau de laboratoire de la station régionale de la protection des végétaux de Misserghine Wilaya d'Oran.

Le matériel fongique utilisé provient des échantillons de plants de pois chiches infectés, récoltés entre le mois d'avril et mai (Stade près-floraison et floraison). Ces régions ont été choisies en raison de l'importance des superficies cultivées du pois chiche. Ces visites de prospections avaient comme objectif:

- Localiser les foyers du flétrissement du pois chiche.
- Evaluer l'importance de la maladie. et identifier les espèces responsables, pour évaluer ensuite la fréquence de leur répartition.
- Confirmer l'identité de l'agent causal responsable de la fusariose vasculaire du pois chiche sur la base des symptômes de la maladie et des caractéristiques morphologiques des souches isolées à partir des échantillons infectés.
- Enquêter sur la stratégie de lutte contre la maladie menée par les producteurs.

Il est important de savoir que la wilaya d'Ain Temouchent est à vocation essentiellement agricole avec une superficie agricole totale de 203 264 Ha, dont 180 992 Ha sont des terres cultivables (près de 90% de la superficie totale). Le climat est du type semi-aride caractérisé par des précipitations plus ou moins faibles et irrégulières, un été chaud et humide et un hiver relativement froid à doux. Néanmoins, depuis ces dernières années le niveau de pluviométrie s'est avéré insuffisant bien qu'il reste mal réparti dans l'année, ce qui explique la baisse des rendements des cultures particulièrement les grandes cultures. En ce qui concerne les sols de la région, ils présentent des potentialités agronomiques moyennes, de tendance argilo-limoneuse pour la zone des montagnes, limono-argileuse pour les plaines intérieures, et limono-sableuse à sablo-limoneuse pour la zone du littoral.

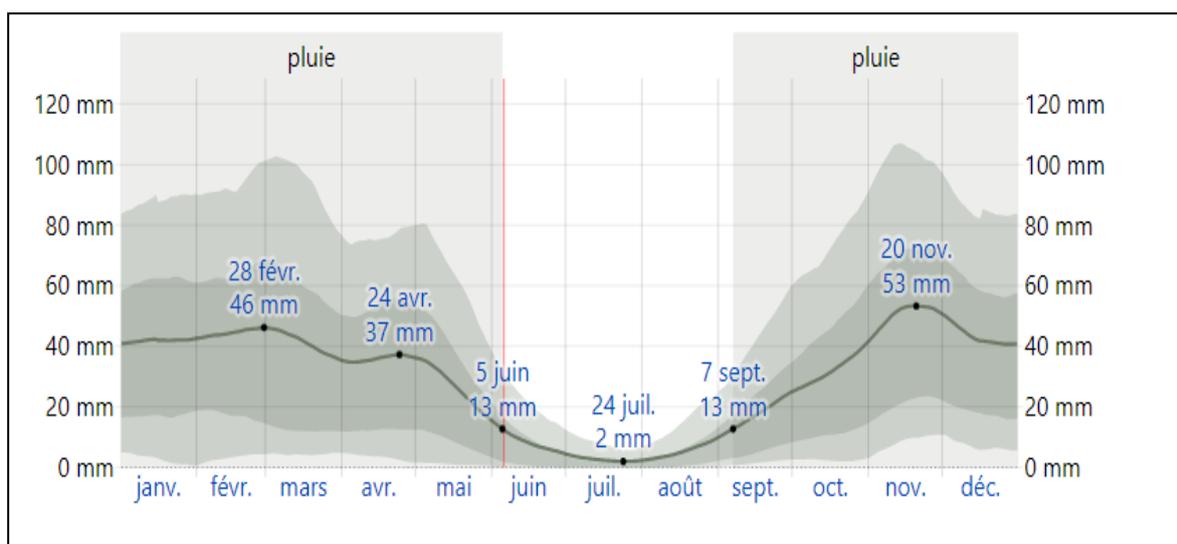
## 2. Températures et précipitations moyennes



**Figure12** : Températures et précipitations moyennes sûr Ain Témouchent des 30 dernières années (Meteoblue, 2022).

La température maximale moyenne quotidienne de chaque mois de la Wilaya est tracée en (ligne rouge continue). De même la moyenne de la température minimale tracée en (ligne bleue continue) dans la figure ci-dessus. Les jours chauds et les nuits froides sont dessinés en (lignes bleues et rouges en pointillé) qui indiquent la moyenne de la plus chaude journée et de la plus froide nuit de chaque mois des 30 dernières années. La vitesse du vent n'est normalement pas affichée, mais peut être ajustée en bas du graphique. (Meteoblue, 2022).

## 3. La pluviométrie



**Figure13** : Pluviométrie mensuelle moyenne à Ain Témouchent (Meteoblue, 2022)

Aïn Temouchent connaît des variations saisonnières considérables en ce qui concerne les précipitations de pluie mensuelles. La période pluvieuse de l'année dure 9 mois, du 7 septembre au 5 juin, avec une chute de pluie d'au moins 13 millimètres sur une période glissante de 31 jours. Le mois le plus pluvieux à Aïn Temouchent est le mois de novembre, avec une chute de pluie moyenne de 53 millimètres.

La période sèche de l'année dure 3 mois, du 5 juin au 7 septembre. Le mois le moins pluvieux à Aïn Temouchent est le mois de juillet, avec une chute de pluie moyenne de 2 millimètres.

#### 4. Prospection de la fusariose du pois chiche :



**Figure14** : Prospection de la maladie de fusariose sur pois chiche

**(Photos originales)**

## 5. Répartition géographique de la maladie :

Les prospections ont été effectuées au niveau des exploitations potentielles dans les 9 communes de la Wilaya à savoir El Amria, Hammam Bouhadjar, Chentouf,, Ain Kihal, Aoubelil , Aghlél , Ain Tolba Ain Temouchent ET Sidi Benadda sont à vacation culture de pois chiches. Cette prospection a été faite grâce à la collaboration des membres du conseil interprofessionnel de la filière de pois chiches de la Wilaya « CWIF », des cadres de la Direction des Services Agricoles de Wilaya d’Ain Temouchent ainsi que les protectionnistes de la Station Régionale de la Protection des Végétaux « SRPV » de Messerguin wilaya d’Oran. Un questionnaire a été établi pour chaque exploitation agricole dont les membres du conseil interprofessionnel de la filière Pois chiches « CWIF Pois chiches», afin de savoir et comprendre comment que les agriculteurs procèdent à l’identification et la mise en place de la stratégie de lutte contre la maladie de fusariose.

## 6. Description de la Zone d’étude



**Figure 15 :** Localisation des communes concernées par la zone d’étude (DSA 2021)

Notre travail de recherche s'est déroulé du mois d'avril jusqu'à la fin du mois de juin au niveau des localités suivantes, Hammam Bouhdjer , El Hdjairia, Sidi Boumediene.

Le choix des échantillons des parcelles de cultures de pois chiches a été fait selon l'apparition des foyers de la fusariose au niveau de la Wilaya. Par ailleurs, nous avons collaboré avec le conseil interprofessionnel de la filière des légumineuses de la Wilaya qui joue le rôle d'observatoire du comportement des cultures de légumineuses et en particulier la culture de pois chiches. Ce conseil nous a informés de l'apparition des foyers d'infestation de la fusariose, qui étaient beaucoup plus présents dans la Daïra de Hammam Bouhadjar.

Au niveau de la commune de Hammam Bouhadjar nous avons pris cinq parcelles de pois chiches. Trois à hammam Bouhadjar et deux à Sidi Boumedien et El Hajairia.

**Tableau : 6** Parcelles prospectées au niveau de la zone d'étude

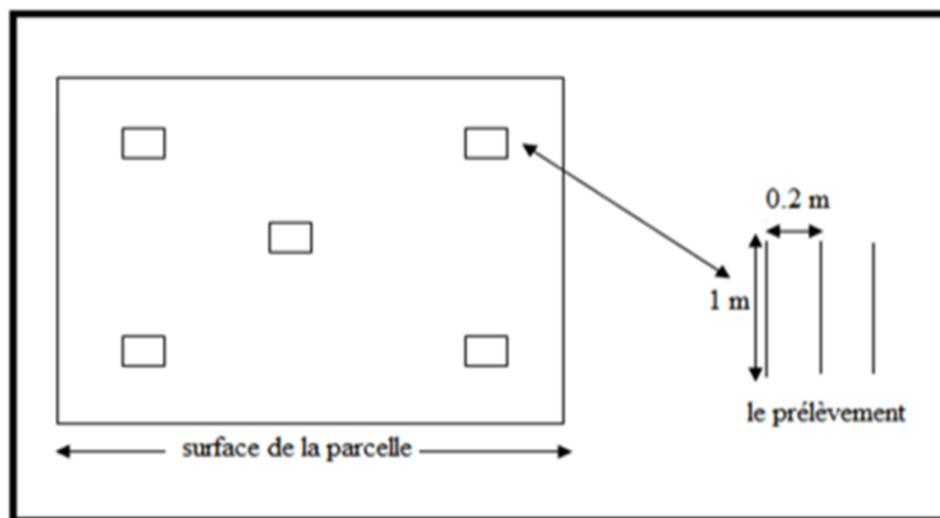
Sites prospectés	Localité	N° de la parcelle	N° de l'isolat	Stade végétatif	Date de prospection
Exploitation agricole ZIANI Laaradj	El hajairria	P1	I1	Près-Floraison	26 Avril 2022
Exploitation agricole RIAZI Mohammed	Sidi Boumediene	P2	I2	Près-Floraison	26 Avril 2022
Exploitation agricole MAKRAOUI	Hammam Bouhdjer	P3	I3	Floraison	15 Mai 2022
Exploitation agricole AGUILI Cheikh	Hammam Bouhdjer	P4	I4	Floraison	15 Mai 2022
Firme de Simitiere Chaber	Hammam Bouhdjer	P5	I5	Floraison	15 Mai 2022

## 7. Estimation de l'incidence et de la gravité de la maladie au champ

L'incidence de la maladie nécessite uniquement le comptage du nombre d'unités malades qui peut être exprimé par un pourcentage du nombre total d'unités. Pour l'évaluation de l'incidence de la fusariose, nous nous sommes basés sur le protocole adopté par **Trapero-Casas, (1983)**. Ce protocole est le suivant: au niveau de chaque parcelle, trois rangées d'environ 10 mètres de long chacune, ont été choisies arbitrairement, les plantes de chaque rangée ont été examinées et le nombre de plantes présentant les symptômes de la maladie a été relevé. L'incidence de la maladie (IC) a été ensuite exprimée par le pourcentage de plantes infectées, comptées dans les trois rangées par rapport au nombre total de plantes qui varie suivant l'espacement entre les plantes adoptées par l'agriculteur (80 à 130 plantes par rangée).

$$IC (\%) = \text{Nombre de plantes malades} / \text{nombre total de plantes} \times 100$$

L'estimation de cet indice a été évaluée selon l'échelle ci-dessous (**Trapero- Casas, 1983**): 0 (nulle), 0.1 à 5% (peu élevée), 5.1 à 20% (moyennement élevée), 20.1 à 50% (élevée), > 50% (très élevée).



**Figure16:** Méthode de l'échantillonnage

La gravité de la maladie a été estimée en se basant sur l'évaluation visuelle de la proportion des parties de la plante atteinte par le flétrissement ou le jaunissement. Sur une superficie de 03 rangées, les plantes affectées ont été examinées et un indice de gravité leur a été attribué en fonction de l'importance des symptômes (**Trapero-Casas, 1983**):

- **0**: pas de symptômes
- **1**: jaunissement ou flétrissement du 1/3 de la plante
- **2** : même symptômes mais affectant les 2/3 de la plante
- **3**: symptômes identiques affectant la plante entière
- **4** : plante morte
- l'indice de la sévérité moyenne (**ISM**) a été calculé pour chaque parcelle à l'aide de l'équation suivante :

$$\text{ISM} = \frac{\sum n_j \cdot x_i}{\sum n_j}$$

- Où  $n_j$  est le nombre de plantes caractérisées par l'indice,  $x_i$  est l'indice de gravité de la maladie attribué aux plantes.

## **8. Isolement et identification de l'agent pathogène**

### **8.1 Prélèvement des échantillons**

L'échantillonnage a été effectué au niveau des parcelles prospectées, après l'évaluation de l'incidence et la gravité de la maladie. Les Plantes, présentant les symptômes de la fusariose ont été mises dans des sachets et conservés au réfrigérateur afin de procéder à l'isolement de l'agent pathogène au laboratoire.

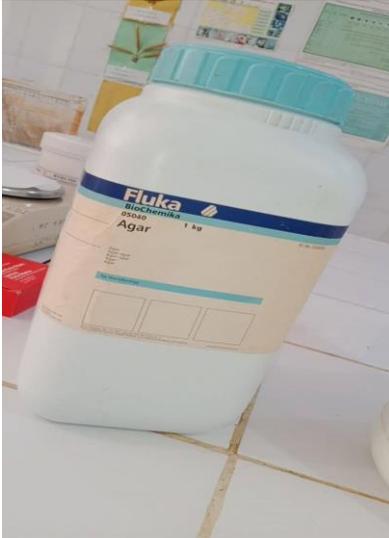
### **8.2 Préparation des milieux de culture**

Milieu Gélose dextrosée à la pomme de terre (PDA) :

- 200g de pomme de terre.
- 20g agar agar.
- 20g de dextrose (Glucose)
- 1000ml de l'eau distillée.

#### **Étapes :**

- couper les 200g de la pomme de terre, cuire, filtrer, puis ajouter (l'agar+ dextrose+ l'eau distillée).
- Autoclaver pendant 20min à 120, afin de stériliser le milieu.
- Laisser refroidir à l'étuve pour éviter la condensation de vapeur dans les flacons. Distribuer dans des boîtes de pétri stériles. (9cm de diamètre) à raison de 20ml par boîte.



**Figure17:** Agar agar (Photo originale)



**Figure18:** Glucose (Photo originale)



**Figure19 :** Autoclave (Photo originale)



**Figure20:** Coulage des milieux de culture (PDA)



**Figure21 :** Incubation (L'étuve) (Photo originale)

### 8.3 Méthode d'isolement

L'isolement a été effectué à partir des feuilles, des tiges et des racines, selon la méthode de **Grewal et Jhooty (1984)** qui est comme suit :

Les plantes sont rincées à l'eau courante afin de les débarrasser de leurs débris de terre.

Après le lavage, les tiges ont été découpées en fragments de 1 à 2 cm sur les fronts d'attaque et désinfectées superficiellement par trempage dans une solution diluée de l'eau de javel à 70% pendant 3 à 5 mn, ensuite, rincées à l'eau distillée stérile 2 fois successives pendant 10 minutes puis séchés entre 2 feuilles de papier filtre stérile.

Une fois séchés, cinq fragments contaminés ont été déposés dans cinq boîtes pour chaque échantillon. Sachant que nous avons utilisé 5 échantillons provenant des cinq parcelles de culture du pois chiche. Ces fragments sont mis dans le milieu de culture PDA, les boîtes de pétrie sont mises en incubation à 22 °C pendant 7 jours. Dès l'apparition des filaments mycéliens autour des petits fragments, nous avons effectué une observation microscopique. Une fois l'identification primaire de *Fusarium oxysporum* fsp *ciceri* a été établie, nous avons procédé au repiquage successif pour obtenir des souches pures. **(Photos originales).**



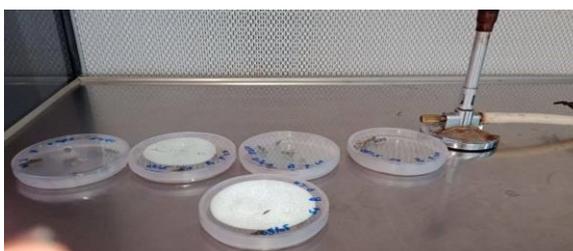
**Figure22** : Premier rinçage



**Figure23** : Deuxième rinçage



**Figure24** : Séchage



**Figure25** : Fragments déposés dans les boîtes de pétrie



**Figure26** : Incubation

## **8.4 Purification et conservation de l'agent pathogène**

Les champignons isolés sont fréquemment contaminés par des germes bactériens ou des espèces fongiques indésirables. Pour éviter les risques de contamination, des repiquages successifs de manière aseptique sont effectués par prélèvement des explants choisis au niveau de la zone périphérique des thalles correspondants à l'espèce *Fusarium oxysporum*. Selon plusieurs auteurs, le genre *Fusarium oxysporum* se distingue nettement des autres champignons par la production des microconidies et des macroconidies (structures caractéristiques de ce champignon). Après purification et obtention des cultures monospores, les isolats obtenus et identifiés selon leur aspect macroscopique et microscopique sont conservés à 4°C dans des tubes à essai stériles contenant du milieu PDA incliné, afin de constituer une collection d'isolats qui devrait servir aux études ultérieures.

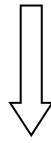
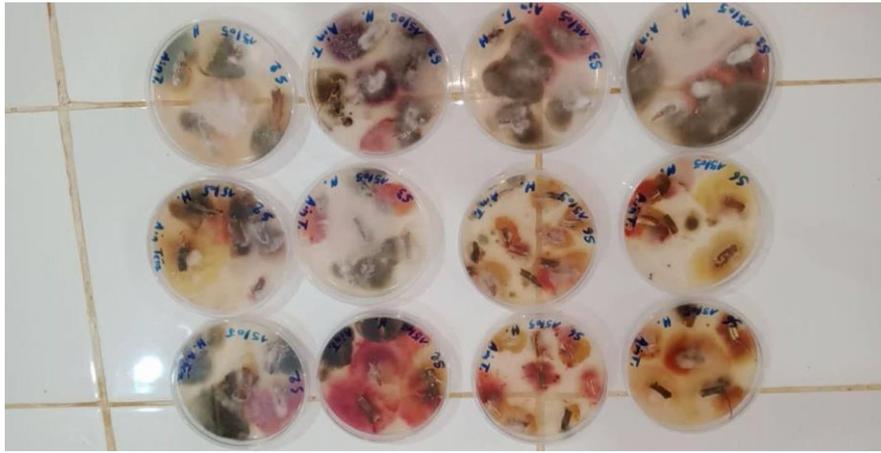
### **8.4.1 L'obtention des souches pures de FOC :**

Le principe de cette méthode est d'obtenir des souches génétiquement homogènes, afin d'éviter toute variation possible des souches.

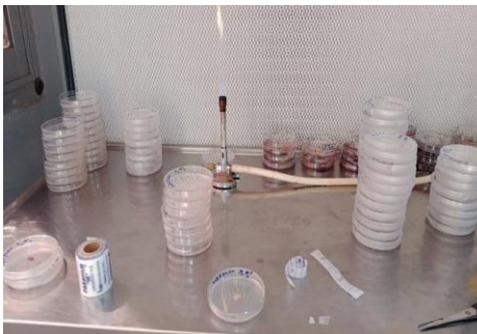
L'obtention des cultures monospores s'effectue par deux techniques, soit à partir d'un apex de jeune mycélium, soit en prélevant une seule spore (**Rappily,1968**). Dans notre cas nous avons utilisé la première méthode, qui consiste à transférer des colonies développées sur les boîtes contenant le milieu de culture PDA (chaque colonie récupérée dans une boîte). Ce dernier se considère comme un milieu favorable de développement (rapide) des champignons, ainsi à la production des spores (**Botton et al., 1990**). Cette méthode est répétée jusqu'à l'obtention des colonies pures.

Les boîtes issues d'isolement comprennent plusieurs colonies d'aspects, de couleurs, et de textures différentes. La technique consiste à prélever une petite bouture mycélienne à la marge du mycélium et à repiquer sous forme d'un carré à l'aide d'une pince stérile.

Dans un premier temps on a transféré des disques sur des nouvelles boîtes de Pétri qui contiennent le milieu de culture PDA. Afin d'obtenir un développement typique du champignon, l'inoculation est réalisée en un seul point de la boîte, puis une incubation dans l'étuve à 22°C pendant 6 jours.



**Figure27 : Les cultures âgées (Photos originales)**



**Figure28 : Les conidies prélevées  
(Photo originale)**



**Figure29 : Incubation à l'étuve  
(Photo originale)**

## 8.4.2 La conservation



**Figure30** : Tubes à essai stériles  
(Photo originale)



**Figure31** : les cultures purifiées  
conservées (photo originale)

## 8.5 Identification des isolats

### 8.5.1 L'identification macroscopique :

L'étude des caractères morphologiques macroscopiques est portée sur tous les groupes des souches isolées. Les caractères étudiés sont :

- Au niveau du mycélium : La couleur et la texture du thalle, la couleur du revers de la colonie, le contour de la colonie et la vitesse de croissance apicale.
- Au niveau des spores : La densité sur le thalle, l'aspect des spores (granuleux, – poudreux), l'uniformité de la couleur des spores, la présence de pigment diffusible et les exsudats (Djossou et al., 2011).

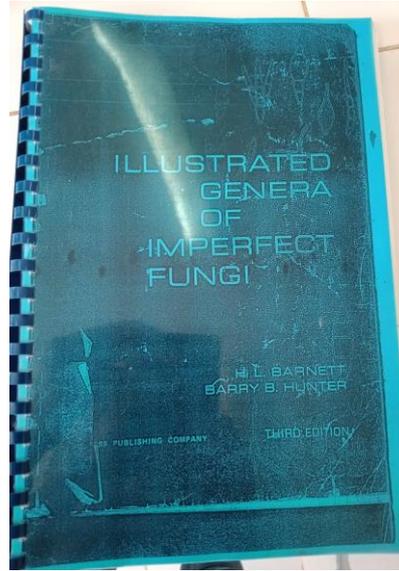
### 8.5.2 L'identification microscopique :

Ce type d'identification est fondé essentiellement sur l'étude morphologique du mycélium (Absence ou présence de cloisons, couleur, mode de ramification, différenciation des thallospores,..) et des spores (forme, couleur, texture des parois, groupement en chaînes, etc...) (Botton et al., 1990).

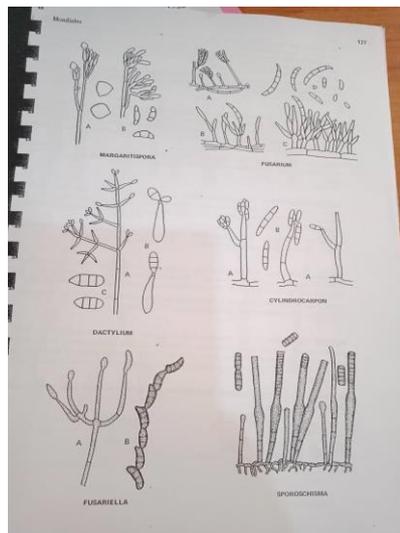
Pour cette étude, nous avons préparé un frottis à partir d'un fragment mycélien âgé de 15 jours, qui a été déposé entre lame et lamelle, puis nous avons ajouté de l'eau distillée, afin d'effectuer l'observation microscopique.



**Figure32** : Identification par microscope  
(Photo originale)



**Figure33** : Indice d'identification des champignons (photo originale)



**Figure34**: Différentes formes des espèces fongiques INPV 2022  
(Photo originale)

## **CHAPITRE III RÉSULTATS ET DISCUSSION**

## Résultats et discussion

### 1. Répartition géographique de la maladie :

Les prospections ont été effectuées sur les cinq exploitations agricoles. La maladie de fusariose du pois chiche a été plus développée dans les exploitations de Sidi Boumedien et El hajairria comparativement aux trois exploitations agricoles de la commune de Hammam Bouhadjar.



**Figure35** : Les différentes parcelles prospectées (**Photos originales**)

- A : Exploitation agricole, Sidi Boumedien
- B : Exploitation agricole, El Hajairria
- C : Exploitation agricole, Hammam Bouhdjer
- D : Exploitation agricole, Hammam Bouhdjer
- E : Exploitation agricole, Hammam Bouhdjer

- Les symptômes observés au niveau des champs de pois chiches correspondent à un relâchement des pétioles, un flétrissement rapide des feuilles avec une couleur vert-terne, suivi du dessèchement de la plante entière. Pour d'autres plantes, les symptômes se sont manifestés sous forme d'un jaunissement vasculaire caractéristique. Le flétrissement du feuillage a atteint tout d'abord les feuilles les plus basses et progressent ensuite vers le haut. Ce dernier cas était le plus fréquent et constaté au niveau des parcelles prospectées.
- Dans les deux manifestations pathologiques, une coupe longitudinale suivant l'axe de la plante avait révélé un brunissement des tissus internes des tiges, témoignant de leur colonisation par l'agent pathogène.
- Le système racinaire des plantes malades présente une réduction des racines secondaires
- Dans les parcelles de Hammam Bouhdjer, la maladie ne s'est déclarée qu'en floraison, la manifestation pathologique observée était du type jaunissement vasculaire.
- Dans les localités de Sidi Boumediene et El Hajairria, nous avons remarqué la présence de jeunes plantules entièrement sèches à stade près-floraison correspondant au flétrissement précoce.
- A l'exception de ces sujets présentant les manifestations épidémiques précitées, dans l'ensemble les cultures étaient saines et indemnes de tous symptômes de maladie.

## 2. L'incidence et la gravité de la maladie

L'évaluation de l'incidence (pourcentage de plantes infestées) et de la gravité (proportion de tissu infesté) a permis l'estimation de la fréquence de la maladie au niveau des 05 sites prospectées, comme le tableau suivant le montre :

**Tableau 7** : Incidence(I) et gravité(S) de FOC dans les parcelles prospectées

Sites	Incidence%	Gravité
Site1	52.5	1.14
Site2	46	0.99
Site3	19.5	0.76
Site4	21.5	0.46
Site5	9.09	0.25

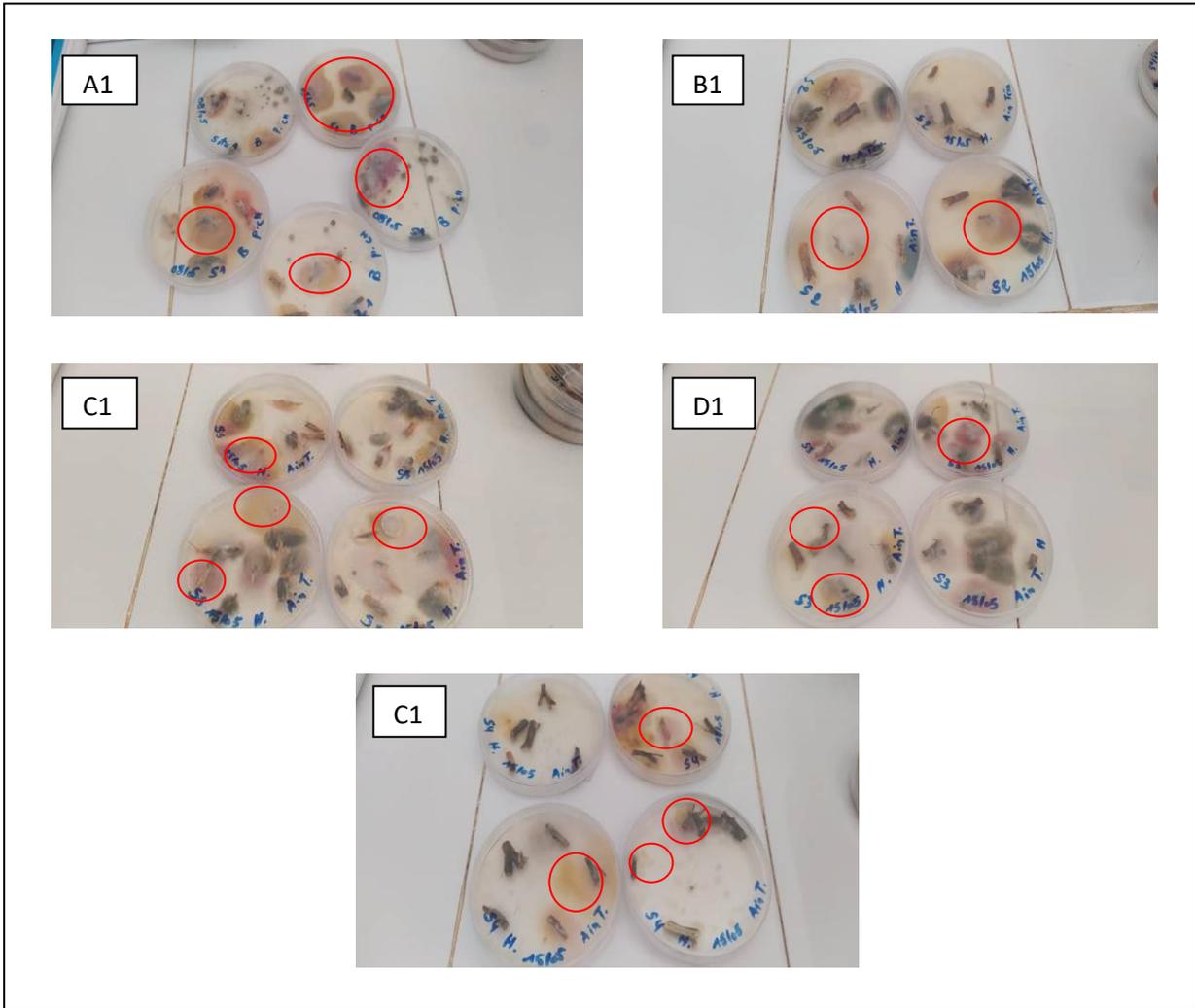
- **Incidence (I):** est exprimée en % ; elle est nulle (0), peu élevée (0-1.5), moyennement élevée (5.1-20), élevée (20.1-50), très élevée (>50).
- **Gravité (S):** la maladie est peu grave ( $0 < S < 1$ ), moyennement grave ( $1 < S < 2$ ), grave ( $2 < S < 3$ ), très grave ( $3 < S < 4$ ).
- L'incidence de la maladie (I) varie entre 9.09 et 52.5, ainsi que pour la gravité (S) qui varie de 0.25 à 1.14 (Tableau 14).
- Les sites 1 et 2 (Sidi Boumedién et El Hajairria), ont montré un pourcentage de plantes malades élevé par rapport aux deux autres sites prospectés, avec une incidence de 52.5 et une gravité de 1.14 pour le premier site, et une incidence de 46 et une gravité de 0.99 pour le deuxième.
- A Hammam Bouhdjer, les 03 parcelles prospectées montrent un pourcentage de plantes infectées moins important par rapport aux deux autres régions (Sidi Boumedién et El Hajairria), dont l'incidence varie de 9.09 à 19.5 et la gravité de 0.29 à 0.79.

### 3. Détection et isolement de l'agent pathogène

#### 3.1 Etude macroscopique

Les analyses réalisées au laboratoire ont révélé la présence régulière de *F. oxysporum*, champignon de la famille des Moliniacées. Suite aux différentes caractéristiques des isolats et en tenant compte de la plante hôte, nous pouvons supposer que cette espèce correspond à la forme spéciale *F. oxysporum ciceri*. Donc, cette dernière est impliquée dans le développement de cette épidémie affectant l'ensemble des régions productrices dans la wilaya d'Ain temouchent.

Les résultats de l'analyse au laboratoire ont permis d'isoler l'agent causal de cette maladie. Les figures A1, B1, C1, D1, E1 représentent les colonies de *F. oxysporum* f. sp. *ciceri* obtenues sur milieu PDA. Le champignon est facilement reconnaissable grâce à son thalle souvent blanchâtre, mais qui peut prendre d'autres couleurs (Rose, violet, jaune) comme la figure 36 le montrent. La détection de ce parasite est donc aisée, même lorsque les fragments sont contaminés par des bactéries, des champignons saprophytes ou parasites de faiblesse comme les *Alternaria*, les *Aspergillus* ou les *Penicillium*. En ce qui concerne l'isolement, c'est-à-dire l'obtention de *F. oxysporum ciceri* en culture pure, il ne pose aucun problème particulier. En effet, la croissance initiale est très rapide et il suffit donc d'opérer les prélèvements aussi tôt que possible. L'aspect de la fusariose du pois chiche s'est révélé assez homogène d'un plant à un autre et d'une région de culture à une autre.



**Figure 36 : Isolats montrant les différents aspects du mycelium (Photos originales)**

- A1 : Groupe d'Isolats 1(Site1)
- B1 : Groupe d'Isolats (Site2)
- C1 : Groupe d'Isolats (Site3)
- D1 : Groupe d'Isolats (Site4)

**Tableau 8 :** Caractéristique macroscopique des isolats de *Fusarium oxysporum fsp ciceri*, sur le milieu de culture PDA avec une température de 20 °C (Culture de 7jours).

Isolats	Couleurs des colonies	Aspect du mycélium	Abondance des pycnides
Isolat N1	Blanc, jaune, rose	Cotonneux	++
Isolat N2	Blanc, jaune	Cotonneux	+
Isolat N3	Blanc, jaune, rose, violet	Cotonneux	++
Isolat N4	Blanc, jaune, rose	Cotonneux	+
Isolat N5	Blanc, jaune, rose, violet	Cotonneux	++

- + peu abondant
- ++ abondant

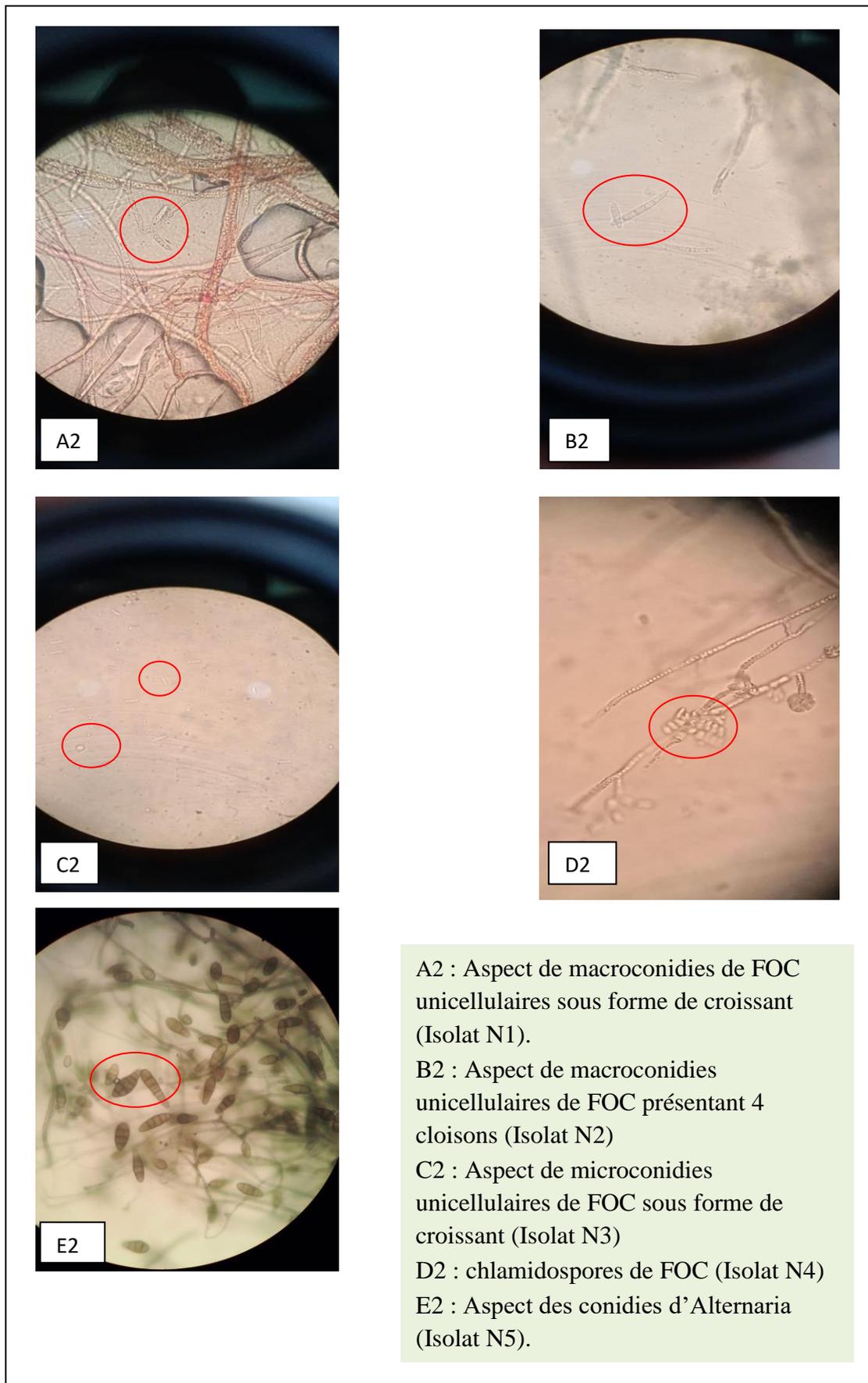
### 3.2 Etude microscopique

L'observation microscopique du milieu PDA du premier essai effectué au microscope optique, nous a permis d'observer les caractéristiques de *Fusarium oxysporum* dans les cinq isolats, une chose qui a été confirmée on se basant sur les clés d'identification de Botton et al. (1990), L'observation microscopique (grossissement x100) a montré :

- des conidies de forme très caractéristiques
- les microconidies et les macroconidies portées par des phialides

Nous avons aussi observé l'*Alternaria* qui est un genre de champignons deutéromycète renfermant un grand nombre d'espèces ou saprophytes ou parasites. Ses caractéristiques microscopiques d'après Chabasse et al., (2002), sont les suivantes :

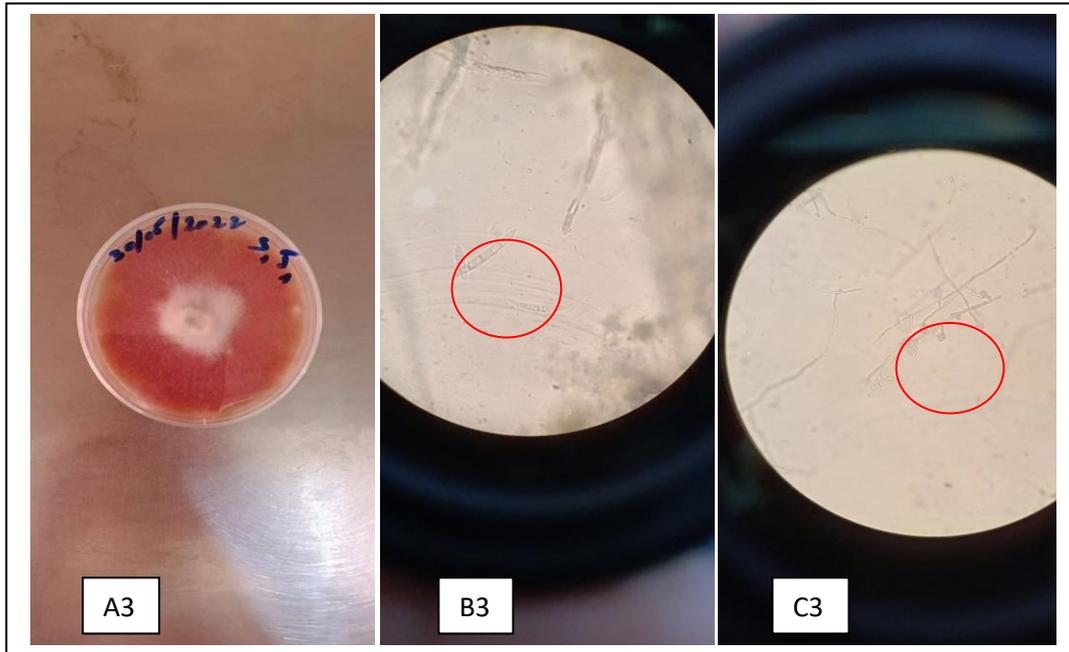
- filaments septés, fins et réguliers bruns foncés à noirs
- conidies pluricellulaires en chaînes brunes irrégulières ; souvent en forme de massue, cloisonnées longitudinalement et transversalement.



**Figure37 : Vue microscopique des différents aspects du mycélium (Photos originales)**

#### 4. Purification et conservation de l'agent pathogène *Fusarium oxysporum f.sp. ciceri*

Après une incubation de 7 jours à 22°C, nous avons pu avoir des souches pures du genre *Fusarium oxysporum f.sp.ciceri* (figure 38).



**Figure38** : Colonie de FOC purifiée ; aspect macroscopique et microscopique

(Photos originale)

- A3 : Aspect macroscopique d'une colonie de FOC purifiée
- B3 : Macroconidies unicellulaires de FOC présentant 4 cloisons (aspect microscopique x100)
- C3 : Chlamydospores de FOC (aspect microscopique x100)



**Figure 39** : Le *Fusarium oxysporum f.sp. ciceri* conservé après 7 jours d'incubation  
(photo originale)

## DISCUSSION

- L'étude de l'identification de la maladie de fusariose nous a permis de dégager quelques données qui permettent d'élargir les connaissances sur l'agent causal «*Fusarium oxysporum*».
- Selon **Benbalkacem et al. (1996)** et **Andrabi et al. (2001)**, les facteurs climatiques (humidité et température) ont des actions déterminantes dans la transmission et l'évolution de la maladie. Les périodes humides prolongées avec des températures d'environ 20 °C sont très favorables à la propagation de la maladie. Globalement les conditions climatiques dans les régions prospectées ont été caractérisées par une pluviométrie dépassant guère 350 mm et des températures relativement élevées à la moyenne de 15 °C.
- La fusariose s'est manifestée principalement par un jaunissement de la culture de pois chiches. Toutefois la comparaison des résultats de la présente étude a montré, que les niveaux d'attaque étaient beaucoup plus élevés (Incidence >40%) dans les parcelles de production du pois chiche printanier à Sidi Boumedién et El Hajairria. On peut estimer à ces niveaux d'attaque, que les rendements seront considérablement réduits par cette maladie.
- L'évaluation de l'incidence (pourcentage de plantes infestées) et de la gravité (proportion de tissu infesté) habituellement employée dans l'étude des maladies causées par les agents pathogènes telluriques (**Campbell et Powel, 1990**), a permis l'estimation de la fréquence de la maladie au niveau des 05 régions prospectées. Les résultats de l'incidence et la gravité obtenus par cette étude sont en accord avec d'autres recherches réalisées dans le nord ouest de l'Algérie. **Ben Freha et al., (2010)** ont permis d'identifier une incidence de la maladie de la fusariose du pois chiche allant de 37.7 à 100% et une gravité entre 1 et 2.79. Selon **Mehrez et al., (2010)** la moyenne de l'incidence est d'environ 63.77%, avec une gravité avoisinant 2.97%. Cette situation peut être la conséquence de certains facteurs qui possèdent une très grande influence sur la croissance de l'espèce fongique et principalement sur les possibilités de réalisation de l'interaction hôte – parasite, pour expliquer cette situation, plusieurs facteurs entrent en jeu. Parmi ces facteurs on distingue : les conditions d'aménagement des parcelles, leur histoire, et surtout les conditions environnementales: certains auteurs ont rapporté que la température joue un rôle clé dans le processus d'infection (**Landa et al., 2006**).
- Plusieurs auteurs ont rapporté que la température affecte le processus métabolique, la virulence et le développement de la plante, une température entre 15 et 20°C est favorable pour le développement de cette maladie (**Sharma et Muehlbauer, 2007**). Ce qui est le cas

dans ces régions étant donné que la température avoisine les 20°C pendant cette saison (printemps).

- L'incidence de la maladie peut être aussi influencée par le génotype du pois chiche cultivé, cette incidence augmente lors de l'utilisation de génotypes ou semences sensibles (**Shah et al., 2009**)
- La sévérité élevée de la maladie à Sidi Boumedién, et El Hajairria peut être due probablement au système des monocultures. L'incidence peut être affectée aussi par les sols infestés par les nématodes du genre *Meloidogyne spp.*. Les blessures provoquées par certains nématodes prédisposent les racines de pois chiche à l'attaque par le *FOC* (**Castillo et al., 1998**).
- Les semences infectées fournissent un moyen de transport de l'agent pathogène d'une région à une autre ou entre les pays (**Weltzien et Kaark, 1984 ; Kaiser, 1997**). C'est le cas des agriculteurs de la région de Hammam Bouhadjar qui ne font pas du traitement de semence avant semis.
- Cette étude nous a conduits à la caractérisation culturelle et microscopique de l'agent causal *FOC*. Au niveau culturel, les colonies sont caractérisées par un mycélium aérien blanc grisâtre assez lâche ont l'aspect d'un cône cotonneux en raison d'un mycélium beaucoup plus développé dans la partie proche du fragment végétal qu'au niveau de la zone frontale de la colonie. Le pourtour de la culture est caractérisé par un mycélium ras en forme de mèches. La pigmentation du mycélium au contact du milieu de culture est, la plupart du temps, blanchâtre pendant les 15 premiers jours qui suivent l'isolement, puis se pigmente, souvent de façon diffuse, dans la zone centrale, d'une couleur lie de vin.
- Nous avons constaté que le *Fusarium oxysporum* est caractérisé par la présence abondante de microconidies, et de macroconidies de taille variable. Ses spores sont regroupées sous forme de fausses têtes sèches à l'extrémité de microconidiophores allongés, dispersés sur le mycélium aérien. Après 3 semaines de culture, de nombreuses chlamydospores intercalaires apparaissent sur le mycélium.
- Sur le milieu, PDA, les caractéristiques décrites précédemment sont plus accusées, notamment en ce qui concerne sa pigmentation au contact du milieu de culture. Toutes les souches isolées appartiennent au type « cotonneux » décrit par **MESSIAEN & CASSINI (1968)**. La croissance de *F. oxysporum* sur ces milieux de culture, à 21 °C est comprise entre 7 et 7,4 mm par jour. en outre, et en comparant avec les résultats obtenus par **MECHTA Narimane et al., 2015**, il s'est avéré que le glucose est la meilleure source de carbone pour une bonne croissance mycélienne.

- En ce qui concerne les résultats de l'enquête relative à la stratégie de lutte contre la maladie de Fusariose de pois chiches ont été obtenus sur la base d'un questionnaire semi guidé.

L'enquête s'est déroulée auprès des producteurs des cinq « 05 » exploitations agricoles touchées par la maladie de la fusariose sises au niveau des communes de Hammam Bouhadjar (Sidi Said), El Hdjarria et Sidi Boumediene.

- Nous avons poursuivi notre enquête par des entretiens directs avec les membres du conseil interprofessionnel de la Wilaya Filière légumineuses qui sont à la fois producteurs de légumineuses mais aussi des portes paroles des producteurs de pois chiches qui sont en nombre de 10.
- Ainsi, les 05 exploitations infectées par la fusariose du pois-chiche dont 3 exploitations situées à Hammam Bouhadjar et 2 exploitations à Sidi Boumediene et El Hdjarria qui s'étalent sur une superficie totale de 40 ha, dont 10 ha sont emblavés par la culture du pois chiche, soit 30% de la superficie totale. La superficie emblavée par cette culture varie entre 3 à 4 ha pour chaque producteur.

L'ensemble des agriculteurs questionnés sont de sexe masculin, plus de 50% dépassent la cinquantaine. Du point de vue niveau d'instruction, 50% des agriculteurs ayant des niveaux secondaire et 20% ayant un niveau supérieur et 30% sont analphabètes. Ils ont pratiqué la culture du pois chiche dans l'assolement, dont 70% des agriculteurs considèrent que la culture du pois chiche est suffisamment rentable grâce au coût élevé des rendements.

Par contre, 30% de cette population confirment l'inverse à cause des faibles rendements provoqués par la sécheresse due aux changements climatiques et la mauvaise gestion de la culture d'une part, et d'autre part par l'apparition des maladies qui menacent la culture durant le cycle végétatif.

- Le labour à disque automnal est le plus pratiqué à une profondeur allant de 20 à 40 cm.
- L'espacement entre les lignes effectué par les agriculteurs est variable entre 40 et 50 cm et entre les graines est variable de 5 à 10 cm.
- La majorité des agriculteurs ont pratiqués les semis de printemps entre le mois janvier et février 2022. Ils ont utilisé la variété locale -Flip de type Kabuli issue de la coopérative des céréales et des légumes secs (CCLS) de Hammam Bouhadjer ou Gualbanssa gros calibre.
- Quant à la densité de semis est de 20 à 35 g/m<sup>2</sup> soit 70 à 80kg /Ha.

- En ce qui concerne l'utilisation des traitements phytosanitaires et l'irrigation dans ces exploitations est quasiment inexistantes.
- La fertilisation ne constitue qu'un facteur supplémentaire pour l'ensemble des exploitations. Ainsi, un apport équilibré et adéquat de nutriments augmente la capacité de la culture à tolérer des stress biotiques et abiotiques et à améliorer la résistance physiologique (**Gan et al., 2006**).
- L'enquête a montré que la totalité des agriculteurs pratique la rotation biennale, céréales sur légumineuses dont la culture de pois chiche est indispensable dans cette rotation. Les cultures placées dans cette rotation sont essentiellement les céréales, les légumineuses (petit pois, fève, pois chiche, etc....) sont pratiquées par 60% des agriculteurs. Cependant, 40% des agriculteurs appliquent une culture de pois chiche sur la jachère non travaillée dans le système de rotation.
- Les résultats de notre enquête s'accordent avec la théorie de (**Changetal.,2008**) qui révèle que la présence des plantes non hôtes arrêtent le cycle de maladie et réduisent les champignons des structure de population du pathogène. Selon (**Kaiser,1997**) ,qui signale qu'il faut pratiquer la rotation chaque 3ans puisque le champignon a la capacité de rester dans les débris de pois chiche peut infecter le sol depuis 3 à 4ans.

Selon les agriculteurs, la maladie la plus connue et répondue de la culture de pois chiche est l'antracnose. Cette maladie a été déjà déclarée par les agriculteurs et surtout par le Conseil

Interprofessionnel de la filière de légumineuse « CWIF » il y a plus de 2 ans. En revanche la maladie de fusariose n'a été pas citée par les agriculteurs parc qu'ils ne la connaissent pas. Bien que les agriculteurs aient signalé les symptômes de la maladie apparus au stade plantules pour certaines exploitations et stade floraison pour l'ensemble des exploitations agricoles. Ainsi, le flétrissement et dessèchement totale des plants de pois chiches.

- Ces symptômes sont analogues à ceux décrits par **Bouznad et al., (1996)**; **Labdi et al.(1996)** **Sayoud et al, (1999)**; **Bekkar, (2007)** en Algérie, au Maroc les même symptômes sont décrites par **El Hadi et al., (1996)** ; **El Aouafir, (2001)**, en Inde (**Nene et Reddy, 1987**)(**Haware, 1988**), en Californie (**Westerlund et al., 1974**), en Espagne par **Jiminez- Diaz et Trapéro-**

**Casas, (1988)**. Néanmoins, l'incidence et la sévérité de la maladie varient d'une parcelle à une autre dans chaque site.

- Les résultats de l'enquête ont révélé l'apparition de la maladie dans les différents stades de développement (végétatif et productif), avec une sensibilité dans le stade de floraison et remplissage des gousses. Cette sensibilité est due aux conditions climatiques qui deviennent très favorables pour le développement de la maladie. En outre, peu d'agriculteurs puissent identifier la maladie de fusariose, qui est confondue à la maladie de l'antracnose.
- Quant à la question portant sur la lutte chimique contre la maladie en question peu d'agriculteurs traitent chimiquement la culture de pois chiches sauf pour les multiplicateurs de semences ainsi que les producteurs chercheurs partenaires avec les instituts techniques et de recherche sous la tutelle ministère de l'agriculture et du développement rural afin d'effectuer des sites de démonstration sur les essais variétales sous leur responsabilité. Ces agriculteurs utilisent fréquemment les fongicide à base de la matière active « azoxystrobine ». D'après **(Goodwin,2008)**, Les matières chimiques qui aide à réduire les dégâts de *Ascochyta rabiei* : « carbathine, bascalide ;fludioxinile ;thaibendazole ;carbathine ;pyraclostrobine, azoxystrobine et chlorothalonit »
- Il est important de signaler que la majorité des agriculteurs ne font pas le traitement des semences avant semis d'une part. D'autre part les agriculteurs font l'échange de semences entre eux sous forme de« troc » qui concorde avec les résultats de **Akhtar Ayyub, (2001)** et **Besri, (2006)** que les graines de pois chiche constituent un sérieux problème de transmission du FOC .De même, **Trapero-Casas, (1999)**, suggère que les semences porteuses de pathogène sont principalement l'élément de transmission de la maladie à partir des régions contaminées vers d'autres régions indemnes.

# **CONCLUSION**

## CONCLUSION

En Algérie, la culture du pois chiche occupe une place importante parmi les légumineuses alimentaires. En plus de son utilisation comme source de protéines, le pois chiche participe à l'amélioration de la fertilisation du sol grâce à sa capacité à fixer l'azote atmosphérique. Cependant, cette culture est exposée aux infections naturelles pouvant conduire rapidement à la dégradation de la qualité sanitaire originelle.

La Wilaya de Ain Temouchent est à vocation agricole. Il est important de signaler que 25% de la production de pois chiches de la Wilaya approvisionne le marché national. Parmi les pathogènes les plus redoutables et qui méritent donc une attention particulière, le flétrissement vasculaire du pois chiche, qui constitue une énorme contrainte pour la culture, cela dans de nombreuses régions où elle est pratiquée. Cette maladie est causée par un agent pathogène appelé *F. oxysporum* f.sp. *ciceri*. Elle constitue une menace autant plus grave que l'antracnose, pour la culture du pois chiche, en raison de son développement rapide et les dégâts qu'il occasionne.

Au cours des prospections effectuées dans la région d'Ain Temouchent, nous avons constaté que les attaques du flétrissement du pois chiche dûs à l'agent causal *FOC* peuvent prendre une grande ampleur durant certaines saisons lorsque l'apparition de la maladie est précoce et les conditions climatiques sont favorables. Les symptômes du flétrissement vasculaire manifestés au champ sont similaires à ceux rapportés dans d'autres pays, il s'agit soit d'un flétrissement précoce entraînant la mort de la plante avant le stade de la floraison, soit d'un jaunissement vasculaire progressif accompagné d'un brunissement vasculaire qui a été le plus répandu.

La fusariose du pois chiche reste une maladie grave en attaque précoce et le rendement peut être fortement diminué. En attaque tardive, c'est la qualité de la récolte qui est mise en cause. Au terme de cette étude, les différents essais mis en place ont permis de dégager les constatations suivantes: le *Fusarium oxysporum* est le genre le plus dominant des isollements effectués à partir des fragments de tiges et de racines des plantes infectées. Ce constat, nous a permis de confirmer que le *FOC*, est l'agent responsable du flétrissement observé sur la culture du pois chiche dans les régions prospectées

Au cours de ce travail, nous avons maîtrisé la technique d'isolement, d'identification, et de purification de l'agent causal, nous avons ainsi obtenu une collection de 71 isolats de *FOC*. Cette étude a permis une meilleure connaissance de la dynamique de population de *F. oxysporum ciceri* et a mis en évidence la présence de plusieurs morphotypes de l'agent

causal.

Nous avons constaté également que le facteur milieu de culture joue un rôle important sur le développement de l'agent pathogène recherché et notamment sur d'autres agents pathogènes. Le cultivar de pois chiches peut être l'hôte de diverses maladies, comme nous l'avons constaté lorsqu'on est arrivé à identifier l'*Alternaria* dans l'un des isolats.

Cette étude a été réalisée afin de mieux connaître le champignon, de savoir l'identifier, pour arriver ensuite à éliminer ou prévenir la maladie.

En fin, ce travail nous a également aidé à comprendre la stratégie de lutte utilisée par les agriculteurs afin de protéger la culture de pois chiches contre cette maladie.

Suite aux résultats de l'enquête menée auprès des producteurs de pois chiches et des membres du conseil interprofessionnel de la filière de légumineuse de la Wilaya « CWIF » portant la stratégie de lutte et les moyens employés pour lutter contre la fusariose. Nous avons noté qu'il existe de nombreuses luttés contre le *Fusarium oxysporum fsp.ciceri*, notamment la lutte culturale, autrement dit la rotation culturale reste la lutte la plus pratiquée par les producteurs contrairement à la lutte chimique qui demeure toujours faible et ce à cause de la cherté des produits phytosanitaires tels que les fongicides sur le marché national. Quant aux autres luttés comme biologique, génétique, biotechnologie sont quasiment rares voire absentes.

# ***RECOMMENDATIONS***

## Recommandations

A la fin de ce travail, il nous paraît important de mettre en relief certaines recommandations nécessaires à la lutte contre la fusariose.

- Le producteur doit faire face à de nouvelles races du flétrissement dont l'agressivité semble plus forte. Cette évolution de l'agressivité est d'ailleurs démontrée par diverses études.
- Nos observations laissent apparaître qu'il est indispensable de sensibiliser les agriculteurs sur l'étiologie de cette maladie cryptogamique pour qu'ils appliquent les mesures prophylactiques au moment opportun et d'encourager les études sur la dynamique des populations de ce pathogène ainsi que sa relation avec la plante-hôte
- Il faut poursuivre les recherches afin de mettre au point de nouvelles variétés du pois chiche possédant une résistance au champignon
- Compte tenu de l'évolution des populations de l'agent pathogène et des systèmes de production agricole, il faut poursuivre les recherches afin de mettre au point de nouvelles variétés du pois chiche possédant une résistance au champignon. Cette résistance est importante pour les producteurs de cette culture. L'évaluation du niveau de risque et le choix de mesures de prévention appropriées sont tributaires d'une information précise et actuelle sur les lieux où le pathogène est présent. De plus, pour pouvoir empêcher la propagation du pathogène, il faut poursuivre la recherche sur le dépistage de ces organes de résistance dans le sol et dans les tissus végétaux. Enfin, une meilleure connaissance des populations de *FOC* permettrait de mieux évaluer le risque du flétrissement, de choisir des mesures de prévention judicieuses et de réduire au minimum l'usage de fongicides chimiques.
- Pour limiter les problèmes de flétrissement, il faut éviter les implantations de culture du pois chiche en conditions limites.
- Du fait des capacités de conservation de *F. oxysporum ciceri* et de son survie dans le sol (chlamydospores en particulier), il existe différentes sources potentielles de contamination. Or, la pratique d'une rotation ne peut malheureusement pas être le garant de l'absence de la maladie. Face à des moyens de protection chimique assez peu efficaces, il apparaît important de connaître le niveau de risques des parcelles afin, d'éviter d'utiliser des variétés sensibles, si possible d'employer des variétés résistantes ou tolérantes. Il est important d'éviter d'introduire ce pathogène dans les sols encore indemnes. Un point important pour les plantations est l'utilisation de plants sains. Compte tenu de son caractère

épidémique, il est souhaitable de ne jamais laisser ce parasite pénétrer dans les parcelles.

Des mesures prophylactiques s'imposent pour réduire l'inoculum primaire présent dans le sol:

- Réduire au maximum les sources d'infection primaire en détruisant les débris végétaux, ces mesures prophylactiques sont essentielles.
- Adopter une gestion correcte des déchets et des débris végétaux: aucun déchets ou débris végétaux et même les résidus de cultures ne doit se trouver à proximité de la parcelle cultivée, car ces résidus se présentent comme une source majeure d'inoculum.
- Utiliser des plants du pois chiche sains.
- Veiller à réaliser une implantation correcte et éviter de planter dans des parcelles historiquement connues par la maladie.

**RÉFÉRENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

- Abdelguerfi L. M., Bouzid L., Zine F., Hamdi N., Bouzid H. et Zidouni F., 2001.**
- Abdelguerfi L.M., Zine F., Bouzid L., Laib M. et Kadri A., 2000.** Caractérisation préliminaire de quelques cultivars locaux de *Cicer arietinum* collectés dans la région de Tizi-Ouzou. Recherche agronomique., 7:51-65.
- Aboul-Soud M. A. M., Yun B-W., Harrier L. A. and Loake G. J., 2004.** Transformation of *Fusarium oxysporum* by particle bombardment and characterization of the resulting transformants expressing a GFP. Mycopathologia., 158:475-482.
- Agrios G. N., 2005.** Plant Pathology, 5<sup>ème</sup> édition. Department of Plant Pathology University of Florida; Elsevier Academic Press.pp.948.
- Akhtar Ayyub M., 2001.** Evaluation of chickpea germplasm , fangitoxicant , organic and inorganic material for the management of wilt *fusarium oxysporum f. sp. Ciceris*. thèse de doctorat .University of agriculture ,Faisalabad, Pakistan, 132p.
- Allali H , Boussouar K., 2007.** Etude des besoins en eau de la culture de pois chiche (*Cicer arietinum*) dans la région de Sidi Bel Abbés mémoire de fin d'études de Biologie et physiologie végétale. Reproduction
- Alli, 2015** <https://espaceagro.com/membres/esajtannonce.asp>
- Andrabi M., Vaid A. and Razdan V.K., 2001.** Evaluation of different measures to control wilt causing pathogens in chickpea. plant protection research 51 Journal of (1): 5559.
- Arroyo-Garcia R., Cenis J.L., Tello J., Martinez-Zapater JM. and Cifuentes D., 2003.** Genetic relationships among seven specialized forms and AFLPs. Spanish Journal of Agricultural Research., 3:55-63.
- Ayadi A., 1986.** Analyse agronomique de différents types de pois chiche : Influence de la date de semis. D.A.A.agronomique méditerranéenne. E.N.S.A., Montpellier, 72p.
- Aykroyd W. et Doughty J., 1982.** Les graines de légumineuses dans l'alimentation humaine. 2<sup>ème</sup> édition, n°20 F.A.O Rome.17p.tableau
- Babar B. M., Shah T. M., Abbas G. and Ahsanul haq M., 2009.** Genotype X environment interaction for seed yield in Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes developed through mutation breeding. Pakistan Journal of Botany., 4:1883-1890. Interet agro
- Bekkar, A. A., 2007.** Variabilité de la morphologie et du pouvoir pathogène chez *Fusarium oxysporum* Schelcht. Emend. Snyder & Hans. f. sp. *ciceri* (Padwick), agent de flétrissement vasculaire du pois chiche (*Cicer arietinum* L). Mémoire de Magister. CUM Mascara. 92p.
- Ben Freha F., Benyeless M. et Merzoug A., 2010.** La fusariose vasculaire du pois chiche (*Cicer arietinum* L) dans le nord ouest algérien: extension et dégâts. 1<sup>er</sup> séminaire National sur la protection des plantes cultivées, Centre Universitaire de Khemis Miliana, Institut des Sciences de la Nature et de la terre. p.62.

**Ben Freha F., Benyeless M. et Merzoug A., 2010.** La fusariose vasculaire du pois chiche (*Cicer arietinum* L) dans le nord ouest algérien: extension et dégâts. 1<sup>er</sup> séminaire National sur la protection des plantes cultivées, Centre Universitaire de Khemis Miliana, Institut des Sciences de la Nature et de la terre. p.62.

**Ben Mbarek K., Boujelben A., Boubaker M. et Hannachi C., 2009.** Criblage et performances agronomiques de 45 génotypes de pois chiche (*Cicer arietinum* L.) soumis à un régime hydrique limité. Biotechnologies Agronomique et Sciences Environnementales., **3**:381-393.

**Benbelkacem A. et Merabet L., 1996.** Influence de la date de semis sur l'antracnose (*Ascochyta rabiei*) du pois chiche. In : Ezzahiri B., Lyamany A., Farih A. et El Lyamany M. Symposium régional sur les maladies des céréales et des légumineuses alimentaires IMP, El Maarif Al Djadida, Rabat, Maroc : 383-390

**Benzohra I. E., 2009.** Contribution à l'étude d'*Ascochyta rabiei*(Pass.) Labr., agent causal de l'antracnose du pois chiche (*Cicer arietinum* L.): Caractérisation morphologique et étude du pouvoir pathogène. Thèse de Doctorat.

**Bertin C., Yang X. and Weston L. A., 2003.** The role of root exudates and allelochemicals in the rhizosphere. *Plant and Soil.*, 256:67-83.

**Besri, M., Bentata, F., et Rh'rib, A., 2006.** Transmission de *Fusarium oxysporum f.sp.ciceri* par les semences et les gousses de pois chiche.

**Booth C., 1971.** The genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England., 237 p.

**Botton B., Breton A., Fèvre M., Gauthier S., Guy P., Larpent J.P., Reymond P., Sanglier J.J., Vayssier Y., Veau P., (1990),** Moisissures utiles et nuisibles, Importance industrielle, Ed. Masson, Paris

**Bousslama M., 1980.** Chickpea improvement in Tunisia. In : Proceeding Workshop Chickpea improvement, ICRISAT, Hyderabad, India, PP. 277-280.

**Bouzerzour H., Abbas K., Benmahammed A., 2003.** Les céréales, les légumineuses alimentaires, les plantes fourragères et Pastorales. Recueil des Communications Atelier N°3 «Biodiversité Importante pour l'Agriculture» MATE- GEF/PNUD Projet ALG/97/G31,pp.79.

**Bouznad Z., 1989.** Contribution à la connaissance du genre *Ascochyta* chez les légumineuses en Algérie. Etude biologique, ultrastructure et cytochimie des relations hôte-pathogène chez le couple *Ascochyta pisi/Pisium sativum*. Thèse de doctorat en Sciences naturelles; Université Pierre Marie Curie, 190 p.

**Bouznad, Z., Maatougui, M. E. H., et Labdi, M., 1996.** Importance et distribution géographique des maladies fongiques des légumineuses alimentaire en Algérie. 13-19p, in

Ezzahiri, B., Lyamany, A., Farih, A., et El Lyamany, M. Symposium régional sur les maladies des céréales et des légumineuses alimentaires IMP El Maarif Al Djadida Rabat. 390p

**Braun P., Planquaert P. et Wery J., 1988.** Le pois chiche : Utilisation. Ed. ITCF, Montpellier, France ; 11 p./tige

**Campbell C. L. and Powell N. T., 1990.** Progression of diseases induced by soilborne pathogens: Tobacco Black Shank. *Protection and Ecology.*, **2**:177-182.

**Carbera de la Colina J., Trapero-Casas A. and Jimenez-Diaz R. M., 1985.** Races of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri* in Andalucia, Southern Spain. *International chickpea Newsletter.*, **13**: 34-26.

**Castillo P., Mora-Rodriguez Ma. P., Navas-Cortes J.A. and Jimenez-Diaz R. M., 1998.** Interactions between *Pratylenchus thornei* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* on chickpea. *Phytopathology.*, **88**: 836-844.

**Chérif M., Arfaoui A. and Rhaim A., 2007.** Phenolic compounds and their rol in Bio-control and resistance of chickpea to fungal pathogenic attacks. *Tunisian Journal of Plant protection.*, **2**:7-12.

**Chérif M., Arfaoui A. and Rhaim A., 2007.** Phenolic compounds and their rol in Bio-control and resistance of chickpea to fungal pathogenic attacks. *Tunisian Journal of Plant protection.*, **2**:7-12.

**Cunnington J., Lindbeck K., Rodney H. and Jones., 2009.** Diagnostic methods for *Fusariumwilt* of chickpea (*Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*) Padil. *Plant Biosecurity Toolbox* page 1-22.

**Cunnington J., Lindbeck K., Rodney H. and Jones., 2009.** Diagnostic methods for *Fusariumwilt* of chickpea (*Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*) Padil. *Plant Biosecurity Toolbox* page 1-22.

**Curl E. A. and Truelove B., 1986.** The rhizosphere. Springer-Verlag. Berlin., 288pp. **Da Silva J. C. and Bettiol W., 2005.** Potential of Non-Pathogenic *Fusarium oxysporum* isolates for control of *Fusariumwilt* of Tomato. *Fitopatologia bras.*, **30**(4):409-412.

**Delgado-jarana J., Martinez-Rocha A. L., Roldan-Rodriguez R., Roncero M. I.**

**Djossou O., Perraud-Gaime I., Lakhal Mirleau F., Rodriguez-Serrano G., Karou G., Niamke S., Ouzari I., Boudabous A and Roussos S. (2011).** Robusta coffee beans post harvest microflora: *Lactobacillus plantarum* sp. as potential antagonist of *Aspergillus carbonarius*. *Anaerobe*: 1-6

[dreamstime.com/usine-pois-chiche-des-racines-d-isolement-fond-blanc-image116209815/figure4](http://dreamstime.com/usine-pois-chiche-des-racines-d-isolement-fond-blanc-image116209815/figure4)

**DSA 2021** (Rapport du bilan de secteur de la campagne 2021 de la direction des services agricoles de la wilaya de Ain Temouchent)

**Dubey S. C. and Singh B., 2004.** Reaction of chickpea genotypes against *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri* causing vascular wilt. Indian Phytopathology., **57**: 233.

**Duijff B. J., Recorbet G., Bakker P. A. H. M., Loper J. E., and Lemanceau P., 1999.** Microbial antagonism at the root level is involved in the suppression of *Fusarium* wilt by the combination of non pathogenic *Fusarium oxysporum* Fo47 and *Pseudomonas putida* WCS358. Phytopathology., **89**:1073-1079.

**El Aoufir, A., 2001.** Étude du flétrissement vasculaire du pois chiche (*Cicer arietinum*) causé par le *Fusarium oxysporum* f. sp. *Ciceri*. évaluation de la fiabilité de l'analyse iso enzymatique et de la compatibilité végétative pour la caractérisation des races physiologiques. Thèse de doctorat, Université Laval, P 161.

**El-Aoufir A., 2001.** Etude du flétrissement vasculaire du pois chiche (*Cicer arietinum*) cause par le *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri*. Evaluation de la fiabilité de l'analyse iso enzymatique et de la compatibilité végétative pour la caractérisation des races physiologiques. Thèse de Doctorat, Université Laval, P161. Evaluation de quelques cultivars locaux de pois chiche dans la région de Bejaia. Institut nationale de la recherche Agronomique d'Algérie., **9**:31-42.

**Fahim N. M., Osman A. R., El-Attar A. H. and Mabrouk M. S. M., 1987.** Root rot of common bean. Egyptian Journal of Phytopathology., **19**:71-83.

**FAOSTAT data., 2010.** Food and Agriculture Organisation of The United Nation, [http://faostat.fao.org/site/567/Desktop\\_default.aspx](http://faostat.fao.org/site/567/Desktop_default.aspx).

**Farooq S., Iqbal S. H. M. and Abdul Rauf C. H. 2005.** Physiological studies of *Fusarium oxysporum* f. sp. *Ciceri*. International journal of Agriculture and Biology., 275-277.

**Flandez-Galvez H., Ford R., Pang E. C. K. and Taylor P. W. J., 2003.** An interspecific linkage map of the chickpea (*Cicer arietinum* L.) genome based on sequence tagged microsatellite site and resistance gene analog markers. Theoretical Applied in Genetics., 1447-1456.

**G. and Di-Pietro A., 2005.** *Fusarium oxysporum* G-protein B subunit Fgb1 regulates

**Gan Y.T., Siddique K.H.M., Macleod W.J. and Jayakumar P., 2006.** Management options for minimizing the damage by *Ascochyta* blight (*Ascochyta rabiei*) in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Field Crops Research, 97, 121–134.

**Ghosh, Sumanti, Auth, Basu, Debabrata, Supervisor., 2009.** AN APPROACH TOWARDS UNDERSTANDING OF RESISTANCE IN CHICKPEA [*Cicer arietinum* L.] AGAINST *Fusarium oxysporum* f. sp. *Ciceris*. Thesis submitted for the degree of Doctorate of Philosophy (Science) Jadavpur University Kolkata, India, SUMANTIGUPTA, MSc. 289p.

**Goodwin M., 2008.** Profil de la culture de pois chiche au Canada. Centre pour la lutte antiparasitaire Programme de réduction des risques liés aux pesticides Agriculture et Agroalimentaire Canada 960, avenue Carling, immeuble 57 Ottawa (Ontario) KIA0C6 CANADA.

**Grewal J. S., 1982.** Control of important seed borne pathogens of chickpeas. Indian Journal of Genetics and Plant Breeding., **42** :393-398.

**Grewal R.K. and Jhoo J.S.,1984.** Rating of gram Cicer arietinum blight in fungicidal trials. Crop. Improve., 11 (1): 71-72.

**Gwata E. T., Silim S. N. and Mgonja M., 2006.** Impact of a New Source of Resistance to *Fusarium* Wilt in Pigeonpea. Journal of Phytopathology., **154**: 62–64

**Halila H. M., Grindley H. E. and Houdiard P., 1984.** Sources of resistance to *Fusarium* wilt in *Kbuli* chickpeas. International Chickpea Newsletter., **10**:13-14.

**Hassan F., 2006.** Heterologous expression of a recombinant chitinase from *Streptomyces olivaceoviridis* ATCC 11238 in Transgenic Pea (*Pisum sativum* L.) Doctorat thesis, University of Damas, Syria, pp.150./ internet

**Haware M P.,1990.** *Fusarium* wilt and other important diseases of chickpea in the Mediterranean area. Options Mediterr. Ser. Semin. 9:163–166.

**Haware M. P. and Nene Y. L., 1982.** Races of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri*. Plant Diseases., **66**:809-810.

**Haware M. P., Nene Y. L. and Mathur S. B., 1986.** Seed borne diseases of chickpea. Technical Bulletin from the Danish government institute of Seed Pathology for Developing Countries, Copenhagen Denmark.,**1**: 14.

**Haware M. P., Nene Y. L. and Rajeshwari R., 1978.** Eradication of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri* transmitted in chickpea seed. Phytopathology., **68**:1364-1367.

**Haware, M. P., 1988.** *Fusarium* wilt and other important disease of chickpea in the Mediterranean area. Proceedings of International Workshop on Present Status and Future prospects on Chickpea Crop Production and improvement in the Mediterranean Countries. CIHEAM/EEC, AGRIMED/CADRA. 1 1-1 3, Zaragoza, Spain.

**Hervas A., Landa B. and Jimenez-Diaz R. M., 1997.** Influence of chickpea genotype and *Bacillus* sp. on protection from *Fusarium* wilt by seed treatment with nonpathogenic *Fusarium oxysporum*. European Journal of Plant Pathology., **103**:631- 642.

<https://agrichem.dz/culture/41/pois-chiche/> : figure 2 pois chiche à la culture

<https://www.biotech-ecolo.net/date-palm-fusarium.htm/> photo synthèse

**Ikramul H. and Farhat F. J., 1992.** Screening of chickpea lines in the wilt sick plot and effect of environmental temperature on wilt incidence. Proceedings of COMSTECH-NIAB , International Workshop on Agroclimatology, pests and diseases and their control, Faisalabad, Pakistan., 21-26.

INPV 2022 , referentielle de l'identification de l'institut regional de la protection des vegetaux.

INPV( Referentielle de l'identification de l'institut régional de la protection des vegetaux)

**ITGC (Institut Technique des Grandes Cultures) ,2003 .**«Céréaliculture» revue de l'Institut Technique des Grandes Cultures N°40. Periode veg.

**Jiménez-Díaz, R. M. et Trapero-Casas A., 1988.** Improvement of chickpea resistance to wilt and root rots diseases. In: Proceeding on Present status and Future Prospects of Chickpea Crop production and Improvement in the Mediterranean Countries, 11-13 Jul, Zagarozza, Spain

**Jimenez-Gasco M. D. M., Milgroom M. G. and Jimenez-Diaz R. M., 2004.** Stepwise evolution of races in *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* inferred from fingerprinting with repetitive DNA sequences. Phytopathology., **94**:228-235.

**Jimenez-Gasco M. D. M., Milgroom M. G. and Jimenez-Diaz R. M., 2004.** Stepwise evolution of races in *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* inferred from fingerprinting with repetitive DNA sequences. Phytopathology., **94**:228-235.

Julie TOUSSAINT 2017 emencesdeprovence.com/photo/graines-de-pois-chiche-type-kabuli figure6

**Kainer W. J. and Hannan R. M., 1983.** Etiology and control of seed decay and preemergence damping-off of chickpea by *Pythium ultimum*. Plant Diseases.,**67** :77- 81.

**Kaiser W. J et Küsmenoglu L., 1997.** Distribution of mating types and the teleomorphe of *Ascochyta rabiei* on chickpea in Turkey. Plant Disease, 81(11): 1284-1287.

**Kaiser W.J., 1997a.** Inter and intra-national spread of *ascochyta* pathogen of chickpea, faba, bean and lentil. Can. J. plant pathol. 19: 215-224.

**Kaur N. P. and Mukhopadhyay A. N., 1992.** Integrated control of chickpea wilt complex by *Trichoderma spp.* and chemical methods in India. Tropical Pest Management., **38**:372-375.

**Keating J D H, Cooper P J M., 1983 .**Kabuli chickpea as a winter sown crop in northern Syria : moisture relations and crop productivity. J. Agric. Sci. Cambridge, Vol. 100,p.667-680.

**Kechache K., 2005.**Contribution à l'étude de l'effet de la fertilisation phosphatée à base des engrais SSP 20% et TSP46% sur le pois chiche. mémoire de fin d'études. Levée

**Khan H., Zeb A., Ali Z. and Shah S. M., 2009.** Impact of five insecticides on chickpea (*Cicer arietinum* L.) nodulation, yield and nitrogen fixing rhizospheric bacteria. Soil and environment., **1**: 56-59.

**Labdi M., 1991.** Perspectives de développement des légumineuses annuelles dans les systèmes céréaliers des zones semi-arides. Céréaliculture. Vol. 25, p.12-20. Conditions de culture

**Labdi, M., Oufroukh, A., Sellami, S., Adim. D., Agad, H., Kaouani, A., et Boudieb, M., 1996.** Enquête sur les maladies des légumineuses alimentaires en Algérie. 27-35, in Labdi, M., Maatougui, E. H., Bouznad, Z., Benabdelli, k., et Benssedik, K. Les légumineuses alimentaires en Algérie: situation actuelle et perspectives. ITGC Editions El-Harrach – ALGER. 296p.

**Ladizinsky G., 1987.** Pulse domestication before cultivation. Econ. Bot., 41: 60-65. 61/fruit

**Landa B. B., Navas-Cortes J. A., Hervas A. and Jimenez-diaz M. R., 2001.** Influence of temperature and inoculum density of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* on suppression of *Fusarium* wilt of chickpea by Rhizosphere bacteria. Biological control ., **8**: 807-816.

**Landa B. B., Navas-Cortes J. a., Jimenez-Gasco M. M., Retig B. and Jimenez- Diaz., 2006.** Temperature response of chickpea cultivars to races of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*, causal agent of *Fusarium* Wilt. The American Phytopathological Society., **90**:365-374.

[lavoixdunord.fr/607259/article/2019-07-01/bientot-des-champs-de-pois-chiches-en-hauts-de-France](http://lavoixdunord.fr/607259/article/2019-07-01/bientot-des-champs-de-pois-chiches-en-hauts-de-France) : figure1 pois chiche plante

**Leport L., Turner N.C., Davies S.L. and Siddique K. H. M., 2006.** Variation in pod production and abortion among chickpea cultivars under terminal drought. Europ. J. Agronomy, 24: 236-246/fleurs

**Leslie J. F. and Summerell B. A., 2006.** The *Fusarium* Laboratory workshop: a recent history. Mycotoxin Research., **22**:73-74.

**Ling L. Y. and Robinson R. J., 1976.** Extracting and fractionating lipids from chickpea. Cereals Food World, **21**: 424.

**Madrid E., Rubiales D., Moral A., Moreno M. T., Millan T., Gil J. and Rubio J., 2008.** Mechanism and molecular markers associated with rust resistance in a chickpea interspecific cross (*Cicer arietinum* x *Cicer reticulatum*). European Journal of Plant Pathology., **121**:43-53.

**Malhotra R. S., Erskine W., Ergashev N., Beniwal S. P. S. and Shevtsov., 2000.** Chickpea: present status and future prospects in central Asia and the Caucasus. Grain legumes n°29.

**Mani A. and Sethy C. L., 1984.** Plant growth of chickpea as influenced by initial inoculum levels of *Meloidogyne incognita*. Indian Journal of Nematology., **14**:41- 44.

**Matuo T. and Ishigami K., 1958.** On the wilt of *Solanum melongena* L. and its causal fungus *Fusarium oxysporum* f. sp. *melongenense* n. f. *Annals of Phytopathology Society JPN.*, 23:189-192.

**Mazur S., Nawrocki J. and Kucmierz J., 2004.** Disease symptoms on chickpea (*Cicer arietinum* L.) and their causal agents. *Folia Horticulturae Ann.*, 16: 47-53.

**MECHTA Narimane, AZOUAOUI-AIT KETTOUT Tassadit et RAHMANIA Fatma**  
Laboratoire de Recherche sur les Zones Arides, Faculté des Sciences Biologiques Université de Sciences et de la Technologie Houari Boumediene (USTHB), Alger, Algérie

**Mehrez K., Belabid L. et Ben Freha F., 2010.** Détermination de races et recherché des génotypes de pois chiche (*Cicer arietinum*) résistant a *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri* (agent de flétrissement vasculaire du pois chiche. 1<sup>er</sup> séminaire National sur la protection des plantes cultivées, Centre Universitaire de Khemis Miliana, Institut des Sciences de la Nature et de la terre. p.62.

**Mehrez K., Belabid L. et Ben Freha F., 2010.** Détermination de races et recherché des génotypes de pois chiche (*Cicer arietinum*) résistant a *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri* (agent de flétrissement vasculaire du pois chiche. 1<sup>er</sup> séminaire National sur la protection des plantes cultivées, Centre Universitaire de Khemis Miliana, Institut des Sciences de la Nature et de la terre. p.62.

**Merzoug A., Ben Freha F. et Taleb M., 2009.** Les principales maladies fongiques du petit pois (*Pisum sativum*) et Pois chiche (*Cicer arietinum*) dans le nord ouest algérien. Colloque International : Gestion des risques phytosanitaires, Marrakech, Maroc/ tableau

**Messiaen C. M., Cassini R., 1968.** Recherche sur les Fusarioses. IV - La systématique des *Fusarium*. *Ann. Epiphyties*, 19, 387-454

**Messiaen, C. M. & Cassini, R. 1968.** Systématique des *Fusarium*. *Annales de Phytopathologie* 3: 386-454.

**Mukerji K. G., Rajev H., Upadhyay O B., Chamola P. and Dubey P., 2009.** Integrated Pest and diseases management. Publishing corporation 4435-36/7, Ansar Road, Darya Ganj, New Delhi-110002, 710 pages. Printed at Balaji offset Navis Shahdara, Delhi, 32.

**Navas Cortes J. A., Alcalá-Jiménez A. R., Hau B. and Jiménez-Díaz R. M., 2000.** Influence of inoculum density of races 0 and 5 of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* on development of *Fusarium* wilt in chickpea cultivars. *European Journal of Plant Pathology.*, 106:135-146.

**Navas-Cortes J. A., Hau B. and Jiménez-Díaz R. M., 1998.** Effect of sowing date, host cultivar, and race of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* on development of *Fusarium* wilt of chickpea. *Phytopathology.*, 88: 1338-1346.

**Navas-Cortes J. A., Hau B. and Jimenez-Diaz R. M., 1998.** Effect of sowing date, host cultivar, and race of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* on development of *Fusarium* wilt of chickpea. *Phytopathology*, **88**: 1338-1346.

**Nelson P. E., Toussoun T. A. and Marasas W. F. O., 1983.** *Fusarium* species: An illustrated manual for identification. The Pennsylvania State University Press, University Park., 193pp.

**Nene Y. L. et Reddy M. V., 1987.** Chickpea diseases and their control. Pages 233- 370 In : The chickpea Saxena M. C and Singh K. B. red. Walking Ford Oxfordshire, UK: CAB International.

**Nene Y. L. et Reddy M. V., 1987.** Chickpea diseases and their control. Pages 233-370 In: The Chickpea Saxena M. C. and Singh. K. B. reds. Walking Ford Oxfordshire, UK: CAB International.

**Nene Y. L., Haware M. P. and Reddy M. V., 1981.** Chickpea diseases: resistance screening techniques. Information Bulletin n°, 10, International Crop Research Institute for the semi Arid Tropics, Patancheru, pp.1-10.

**Nene Y. L., Reddy M. V., Haware M. P., Ghanekar A. M. and Amin K. S., 1991.** Field diagnosis of chickpea diseases and their control. In: Information Bulletin n0.28, ed. By International Crops Research Institute for the semi Arid Tropics, Patancheru, India.

**Nene Y. L., Sheila V. K. and Sharma S. B., 1996.** A world list of chickpea and pigeon pea pathogens. ICRISAT, India.

**Padwick G. W., 1940.** The genus *Fusarium* study of the fungus causing wilt of gram (*Cicer arietinum* L.) and of the related species of the subsection *Orthocera*, with special relation to the variability of key characteristics. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 10.

**Pande S., Narayana R. J. and Sharma M., 2007.** Establishment of the chickpea wilt pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* in the soil through seed transmission. *Plant Pathol. J.*, **1**: 3-6.

**Pande, S., Narayana Rao, J., and Sharma, M., 2007.** Establishment of the Chickpea Wilt Pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *Ciceris* in the Soil through Seed Transmission. *Plant Pathol. J.* 23(1) : 3-6 .

**Ploetz, R. C., 2003.** *Diseases of Tropical Fruit Crops.* ed. CAB International, Wallingford, Oxon, UK.

**Poitier G.A., (1981).** *Flore de la Tunisie ; (2 tomes), 1190 pages.* Poorter, H., et J.R./ morphologie

**Quentin LAMBERT 19 mars 2019** <https://www.terresinovia.fr/-/maladies-du-pois-chiche-la-fusariose-photo-fusariose/> l'agronomie en mouvement

- Rahmania F., 2000.** Contribution à la connaissance des relations hyto-cytophysiologique entre le Palmier Dattier, *Phoenix Dact ylifera L.* et l'agent causal du Bayoud, *Fusarium oxysporum f.sp.albedinis* (Killian et Maire) Gordon. Thèse doctorat d'état, USTHB, Alger, 156p.
- Raju S., Jayalakshmi S. K. and Sreeramulu K., 2008.** Comparative study on the induction of defense related enzymes in two different cultivars of chickpea (*Cicer arietinum L.*) genotypes by Salicylic acid, spermine and *Fusarium oxysporum f. sp. ciceri*. Australienne Journal of Crop Science.,**3** :121-140.
- Rapilly F., 1968.** Les techniques de mycologie en pathologie végétale. Annueles des Epiphytes, vol. 19. Institut National de la recherche Agronomique, Paris, 102pp.
- Rekha K. T. and Thiruvengadam M., 2009.** An efficient Micropropagation of chickpea (*Cicer arietinum L.*). Phillip Agriculture Scientist., **3**: 320-326.interet nutritionnel
- Rekha Y., Shtienberg D. and Katan J., 2000.** Disease development following infection of tomato in basil foliage by airborne conidia of the soilborne pathogens, *Fusarium oxysporum f. sp. radidis-lycopersicy* and *F. oxysporum f. sp. basili*. Phytopathology **90**:1322-1329.
- Roberts E.H., Summerfield R. J., Minchin F. R. et Haley P., 1980.** Phenology of chickpea (*Cicer arietinum L.*) in contrasting aerial environments. Experimental Agriculture,**16**: 343-360/fleurs
- Rouibah M., 1989.** The contribution to the study of the wilting of the chickpeas in Algeria. Institut National Agronomique El-Harrach.Algérie, 51p.
- Saxena K B ,Faris D G, Mazumdar S., 1987.** Vegetable pigeonpea: a promising crop for India. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, p.13.
- Saxena N.P., (1984).** Adaptation of Chickpea and pigeonpea to abiotic sresses.
- Saxena N.P., 1984.** Chickpea. In : Goldsworthy P.R., Fisher N.M. The Physiology of/ morphologie feuilles
- Shah T. S., Babar M. A., Iqbal J. M. and Ahsanul M. H., 2009.** Screening of chickpea (*Cicer arietinum*) ibduced mutants against *Fusarium*Wilt. Pakistan Journal of Botany., **4**: 1945-1955.
- Shah T. S., Babar M. A., Iqbal J. M. and Ahsanul M. H., 2009.** Screening of chickpea (*Cicer arietinum*) ibduced mutants against *Fusarium*Wilt. Pakistan Journal of Botany., **4**: 1945-1955.
- Sharma D. K. and Muehlbauer F. J., 2007.** *Fusarium*wilt of chickpea: physiological specialization, genetics of resistance and resistance gene tagging. Euphytica., **157**:1-14.
- Sharma D. K. and Muehlbauer F. J., 2007.** *Fusarium*wilt of chickpea: physiological specialization, genetics of resistance and resistance gene tagging. Euphytica., **157**:1-14.

- Sharma M., Kumar R. V., Narayan R. J., Kannan S., Holsington D. and Pande S., 2009.** Genetic diversity in India isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri*, chickpea wilt pathogen. *African Journal of Biotechnology.*, 6: 1016-1023.
- Sharma P. C. and Gupta P. K., 1983.** Cytological studies in the genus *Cicer* L. In: Proceedings of the XV International Congress of Genetics, New Delhi, 12-21 Dec.1983. Oxford and IBH Publishing Company, New Delhi, India, Abstract n°1257.
- Si-Hassen A., 1990.** Contribution à l'étude du flétrissement du pois chiche (*cicer arietinum* L.) en Algérie. Mémoire Ingenieur en agronomie. INA El-Harrach, Algérie., 60pp.
- Singh F. and Diwakar B., 1995.** Chickpea Botany and production Practices. Skill Development series ICRISAT India., 16 : 502-324./ figure3
- Singh K. B. and Dahya B. S., 1973.** Breeding for wilt resistance in chickpea. Pages 13-14 In: Symposium on wilt problem and breeding for wilt resistance in Bengal gram, India, Agricultural resources Institute, (New Delhi).
- Singh K. B., 1987.** Chickpea breeding. In: Saxena M. C. and Singh K. B. (eds) the chickpea. CAB International Publisher, UK, pp127-162.
- Singh K. B., 1990.** Prospects of developping new genetic material and breeding methodologies for chickpea improvement. *Options méditerranéennes, série séminaires.*, 9:43-50.
- Singh K. B., Malhotra., Halila M. H., Knights E. J. and Verma M. M.,1994.** Current status and future strategy in breeding chickpea for resistance to biotic and abiotic stresses. *Euphytica.*, 73:137-149.
- Singh K. B., Malhotra., Halila M. H., Knights E. J. and Verma M. M.,1994.** Current status and future strategy in breeding chickpea for resistance to biotic and abiotic stresses. *Euphytica.*, 73:137-149.
- Singh K. B., Ocampo B. and Robertson L. D., 1998.** Diversity for abiotic and biotic stress . *Ressources and Crop Evolution* 45:9-17.
- Singh O. P. Raghavendra K., Nanda N., Mittal P. K. and Subbarao S. K., 2002.** Pyrethroid resistance in *An. Culicifacies* in surat district, Gujarat, West India. *Current Science.*, 82:547-550.
- Singh O. P. Raghavendra K., Nanda N., Mittal P. K. and Subbarao S. K., 2002.** Pyrethroid resistance in *An. Culicifacies* in surat district, Gujarat, West India. *Current Science.*, 82:547-550.
- Singh P. J., Mehrotra R. S., 1980.** Biological control of *Rhizoctonia bataticola* on gram by coating seed with *Bacillus* and *Streptomyces* spp. and their influence on plant growth. *Plant and soil.*, 56:475-483.

**Singh U. and Singh B., 1992.** Tropical grain legumes as important human foods. Economic botany., **46**:310-321.

**Singh U., 1985.** Nutritional quality of chickpea (*Cicer arietinum* L.): Current status and future research needs. Quality plant foods Human Nutrition., **35**: 339-351.

**Slama F., 1998.** Cultures industrielles et légumineuses à graines. Ed. Centre de diffusion Universitaire Tunisie, en Arabe ; 300 p./ morphologie syst racinaire

**Smith I M, Dunez J ,Phillips D H, Lelliott R A, Archer S A.,1988** .European handbook of plant diseases. Blackwell Scientific Publications ,Oxford, 583pp.

**Souad, 2016** Agrifind [wiki.tripleperformance.fr/wiki/Fusariose\\_sur\\_pois\\_chiche](http://wiki.tripleperformance.fr/wiki/Fusariose_sur_pois_chiche) article issu de agrifind

**Susanne D. Wolfgang B., 1990.** Elicitor-induced metabolic changes in cell cultures of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars resistant and susceptible to *Ascochyta rabiei*.Planta.,**182** :279-286.

[toriginelle.wixsite.com/originelle/product-page/pois-chiches-desi-bio](http://toriginelle.wixsite.com/originelle/product-page/pois-chiches-desi-bio) figure7

**Trapero-Casas A. and Jimenez-Diaz R. M., 1985.** Fungal wilt and root rot diseases of chickpea in southern Spain. Phytopathology **75**:1146-1151.

**Trapero-Casas A. and Jimenez-Diaz R. M., 1985.** Fungal wilt and root rot diseases of chickpea in southern Spain. Phytopathology **75**:1146-1151.

**Trapero-Casas A., 1983.** Wilt and root rot of chickpea in the Guadalquivir valley: importance, distribution, etiology, epidemiology and control. Ph. D. Thesis, University Cordoba ; 295 p.

**Trapero-Casas A., Kaiser W. J. and Ingram D. M., 1990.** Control of *Pythium* seed rot and preemergence damping-off of chickpea in the U. S. Pacific Northwest and Spain. Plant Diseases., **74**:563-569.

**Trapero-Casas, A., 1999.**Diseases of chickpea in the Mediterranean region.Special report chickpea in Europe.Grain legumes No.25.

**Upadhyaya H. D., Dwivedi S. L., Gowda C. L. L. and Singh S., 2007.** Identification of diverse germplasm lines for agronomique traits in a chickpea (*Cicer aritinum* L.) core colletion for use in crop improvement. Field Crops Research., **100**: 153-158.

**Van Der Maesan L. J. G., 1972.** *Cicer* L. a monograph on the genus with special references to the chickpea (*Cicer arietinum* L.), its ecology and cultivation. Thesis, Agricultural University Wageningen Medad Landbouwhogeschool,Wageningen., 72- 10.

**Weltzien H.C. and Kaack J., 1984.** Epidemiological aspects of chickpea *Ascochyta* blight. In Saxena M.C. and Singh K.B. *Ascochyta* Blight and Winter Sowing of Chickpeas. Ed. Martinus Nijhoff / Dr W. Junk. Publishers: 35-44.

**Weltzien H.C. and Kaack J., 1984.** Epidemiological aspects of chickpea Ascochyta blight. In Saxena M.C. and Singh K.B. Ascochyta Blight and Winter Sowing of Chickpeas. Ed. Martinus Nijhoff / Dr W. Junk. Publishers: 35-44.

**Westerlund J., R. N. Campbell et K. A. Kimble., 1974.** Fungal root rots and wilt of chickpea in California. *Phytopathology* 64: 432-436.

## **ANNEXES**







## **Annexe 2**

Le protocole utilisé pour les milieux de culture :

Le milieu PDA :

- Pomme de terre.....200g
- Agar agar.....20g
- Dextrose.....20g
- Eau distillée.....1000ml