

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



جامعة عبد الحميد بن باديس  
مستغانم  
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

N°...../S

## MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

**ALI SLIMANE Sara**

Pour l'obtention du diplôme de

**MASTER EN AGRONOMIE**

**Spécialité: Protection des cultures**

THÈME

Réaction de quelques lignées de pois chiche (*Cicer arietinum* L.)  
vis-à-vis des pathotypes I et III de *Ascochyta rabiei* (Pass.) Labr.,  
agent causal de l'antracnose et effet du parasite sur la teneur en  
flavonols, en azote et en chlorophylle.

Soutenue publiquement le ...../...../2017

DEVANT LE JURY :

Président	M <sup>r</sup> . YUCEF BEN KADA Mokhtar	Pr.	Univ. Mostaganem
Promoteur	M <sup>r</sup> . MAHIOUT Djamel	M.A.A.	Univ. Mostaganem
Examinatrice	M <sup>me</sup> . GALFOT Amina	M.A.A.	Univ. Mostaganem

Thème réalisé au niveau  
du Laboratoire de Protection des Végétaux - Université de Mostaganem



## Remerciements

Au terme de ce travail, toute ma reconnaissance et mes remerciements vont à monsieur **MAHIOUT Djamel**, maitre assistant à l'université de Mostaganem, pour ses orientations, ses précieux conseils et sa foi dans l'action.

Je remercie spécialement **Mr. Bouzouina** pour son aide et ces conseils.

Mes vifs remerciements vont également à monsieur **YOUCEF BEN KADA Mokhtar** d'avoir accepté de présider ce jury et madame **GALFOT Amina** pour l'intérêt qu'elle porte à mon travail en acceptant de l'examiner.

J'exprime toute ma reconnaissance et gratitude à l'ensemble du corps enseignants de l'Université de Mostaganem, tout particulièrement les enseignants de ma spécialité protection des cultures, pour leurs efforts à nous garantir la continuité et l'aboutissement de ce programme de Master.

Je tiens à remercier les membres du laboratoire de protection des végétaux.

Je remercie très chaleureusement Mohamed pour son amitié, et l'aide précieuse qu'il m'a apporté tout au long de ce travail.

Enfin, je remercie tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réussite de ce travail.

## **Dédicace**

C'est avec ma profonde gratitude que je dédie ce modeste travail à mes très chers parents qui ont sacrifiés leurs vies pour ma réussite, à mes grands parents, mes frères Arezki, Belaid et ma tante Safia.

Je dédie aussi ce travail à ma deuxième famille, Habib, exceptionnellement ma mère et mes sœurs Lydia, Farida, Taoues et sabrine.

Mes dédicaces vont à toute la famille Bessadi, mes tentes et ma grand-mère.

Je tien à témoigner ma reconnaissance, mon affection pour vous mes chers amis, Mohamed, Mehdi, Aziz.

A la mémoire de mon grand frère Said qui souhaitait toujours ma réussite.

## Liste des figures

- Figure 01:** Description botanique du pois chiche
- Figure 02 :** types de pois chiche.
- Figure 03 :** production du pois chiche en Algérie (1999-2009).
- Figure 04:** Aspect macroscopique d'*Ascochyta rabiei*.
- Figure 05:** Pycnide d'*Ascochyta rabiei*.
- Figure 06 :** les asques d'*Ascochyta rabiei*.
- Figure 07 :** symptôme d'*A. rabiei* sur folioles.
- Figure 08 :** nécrose sur tige due *A. rabiei*.
- Figure 09 :** symptôme d'*A. rabiei* sur gousse.
- Figure 10 :** cycle de l'antracnose du pois chiche causé par *A. rabiei*.
- Figure11 :** pré-germination des graines.
- Figure 12 :** Dispositif expérimental.
- Figure 13:** dépôt de gouttelettes d'inoculum sur folioles de pois chiche.
- Figure 14:** Appareil DUALEX Scientific.
- Figure 15 :** principe de fluorescence et d'absorbance.
- Figure 16 :** différence de transmission dans le proche infrarouge.
- Figure 17 :** cassure des tiges du pois chiche causées par *A. rabiei*
- Figure 18 :** Symptômes de l'antracnose sur Flip 9393 C, Flip 09-320 C, Flip 09-430C, Flip 09-387 C inoculées par l'isolat A1.
- Figure 19 :** Symptômes de l'antracnose sur Flip 9393 C, Flip 09-320 C, Flip 09-430 C, Flip 09-387 C inoculées par l'isolat S1.
- Figure 20 :** Evolution des symptômes chez les lignées de pois chiche inoculées par l'isolat S1.
- Figure 21:** Evolution des symptômes chez les lignées de pois chiche inoculées par l'isolat A1.
- Figure 22 :** folioles inoculées par *A. rabiei*.
- Figure 23 :** Témoin inoculé par de l'eau distillée stérile.
- Figure 24 :** Evolution de l'indice d'attaque de la maladie chez les plantules des lignées de pois chiche inoculées par l'isolat A1.
- Figure 25 :** Evolution de l'indice d'attaque de la maladie chez les plantules des lignées inoculées par l'isolat S1.
- Figure 26 :** symptômes provoqués par l'isolat A1 sur les folioles de quatre lignées.

**Figure 27** : symptômes provoqués par l'isolat A1 sur les folioles de quatre lignées.

**Figure 28** : pycnides d'*A. rabiei* observées sous loupe binoculaire.

**Figure 29** : Fréquence relative des pycnides sur folioles inoculées par l'isolat A1.

**Figure 30** : Fréquence relative des pycnides sur folioles inoculées par l'isolat S1.

**Figure 31** : L'évolution du taux d'azote sur folioles de pois chiche inoculées par *A. rabiei*.

**Figure 32** : Evolution de la chlorophylle sur folioles de pois chiche inoculées par *A. rabiei*

**Figure 33** : évolution des flavonols sur folioles de pois chiche inoculées par *A. rabiei*.

**Liste des abréviations**

CSMDA : Chickpea Seed-Meal Dextrose Agar.

FAO : Food Organisation Agricultural.

ITCG : Institut Technique des Grandes Cultures.

AAC : Agriculture et Agroalimentaire Contrôle.

Dpi : Day- post-inoculation (jour après inoculation).

NBI : Nitrogen Balance Index.

ICRISAT : International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.

°C : Degré Celcius.

Qx : Quintaux.

ha : hectare.

## Liste des tableaux

**Tableau 1** : classification botanique du pois chiche.

**Tableau 2** : composition biochimique du pois chiche pour 100 graines.

**Tableau 3** : les variétés de pois chiches cultivés en Algérie.

**Tableau 4** : Principaux pays producteurs de pois chiche dans le monde.

**Tableau 5** : Evolution des superficies, des productions et des rendements de pois chiche en Algérie.

**Tableau 6** : principales maladies fongiques du pois chiche.

**Tableau 7** : Perte quantitatives causées par *Ascochyta rabiei* dans certains pays (Nene et Sheila, 1992).

**Tableau 8** : Echelle de la maladie selon Singh et *al.* (1981).

**Tableau 09** : Echelle de notation (Dolar, 1994).

**Tableau 10** : Réaction des lignées de pois chiche inoculées par *A. rabiei*.

**Tableau 11** : intensité de maladie sur les différentes lignées.

# Table des matières

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Résumé	
Abstract	
Introduction Générale	
<b>Partie bibliographique</b>	
<b>Chapitre I : La plante hôte <i>Cicer arietinum</i> L.</b>	
1. Généralités sur la culture de pois chiche.....	1
1.1. Origine de la culture.....	1
1.2. Répartition géographique.....	1
2. Taxonomie.....	1
3. Description botanique.....	2
4. Importance du pois chiche.....	2
4.1. Importance agronomique.....	2
4.2. Importance économique.....	4
4.3. Valeurs nutritionnelle.....	4
5. Biologie de la plante.....	5
5.1. Cycle et saison de la plante.....	5
5.2. Les exigences édapho-climatique.....	5
5.2.1. La température.....	5
5.2.2. Eau.....	5
5.2.3. La lumière et l'intensité lumineuse.....	5
5.2.4. Sol.....	6
6. La place du pois chiche dans la rotation/assolement.....	6
7. Préparation et fertilisation du sol.....	6
7.1. Préparation du sol.....	6
7.2. Fertilisation.....	6
8. Les principales variétés de pois chiche cultivées en Algérie.....	7
8.1. Les différents types de cultivars.....	7
8.1.1. Type Kabuli.....	7
8.1.2. Type Gulabi ou intermédiaire.....	7
8.1.3. Type Desi.....	7

9. Production et commerce du pois chiche.....	8
9.1. Dans le monde.....	8
9.2. En Algérie.....	9
10. Les maladies du pois chiche.....	10
10.1. Les maladies fongiques.....	10
10.2. Les maladies bactériennes.....	11
10.3. Les maladies virales.....	11
10.4. Les mycoplasmes.....	11
10.5. Les mauvaises herbes.....	11

## **Chapitre II: L'antracnose du pois chiche**

1. Répartition géographique et importance économique de la maladie.....	12
2. Position systématique d' <i>A. rabiei</i> .....	13
3. Caractères morphologiques.....	13
3.1. Description macroscopique.....	13
3.2. Description microscopique.....	14
4. Symptomatologie.....	15
4.1. Folioles.....	15
4.2. Tiges et pétioles.....	15
4.3. Gousses.....	15
4.4. Graines.....	16
5. Biologie et épidémiologie de l'agent pathogène.....	16
5.1. Conservation et contamination primaire.....	16
5.2. Contamination secondaire.....	16
5.3. Influence des facteurs de l'environnement sur le développement d' <i>A. rabiei</i> .....	17
5.3.1. Température.....	17
5.3.2. Humidité relative.....	17
5.3.3. Lumière.....	17
5.3.4. Nutrition.....	17
5.3.5. Le pH.....	19
5.4. Facteurs de dissémination.....	19
6. La lutte contre l'antracnose.....	19

## Partie expérimentale

### Chapitre I: Matériels et méthodes

1. Matériels.....	20
1.1. Matériel fongique.....	20
1.2. Milieu de culture.....	20
1.3. Matériel végétal.....	20
1.3.1. Lignées de pois chiche.....	20
1.3.2. Pré-germination des graines.....	20
1.3.3. Semis des graines.....	21
2. Méthodes.....	21
2.1. Test de pathogénicité sur plantules entières.....	21
2.1.1. Préparation de l'inoculum.....	21
2.1.2. Inoculation des plantules.....	21
2.1.3. Notation des symptômes.....	22
2.2. Test de pathogénicité sur feuilles détachées.....	23
2.2.1. Préparation de l'inoculum.....	23
2.2.2. Inoculation des feuilles détachées.....	23
2.2.3. Notation des symptômes.....	23
2.3. Calcul de l'AUDPC.....	24
2.4. Estimation du nombre de pycnides.....	24
3. Mesure de la teneur en azote, chlorophylle et en flavonols chez les plantules inoculées par <i>A. rabiei</i> ..	25
3.1. Inoculation des plantules.....	25
3.2. Notation des mesures.....	25
3.3. Principes de mesure avec le DUALEX Scientific.....	26

### Chapitre II: Résultats et discussion

#### I: Résultats

1. Test de pathogénicité sur plantules entières.....	28
2. Test de pathogénicité sur feuilles détachées.....	31
2.2. Calcul de l'AUDPC.....	34
2.3. Estimation du nombre des pycnides.....	34
3. Mesure de la teneur en azote, chlorophylle et en flavonols.....	37
3.1. Azote.....	37
3.2. Chlorophylle.....	38
3.3. Flavonols.....	39

II: Discussion.....	40
---------------------	----

**Conclusion générale et perspective.....43**  
**Références bibliographiques.....44**  
**Annexes.....49**



## Résumé

Le travail présenté dans ce mémoire contribue à l'étude de l'antracnose du pois chiche (*Cicer arietinum* L.), maladie causée par *Ascochyta rabiei*, présente en Algérie et dans plusieurs pays du monde.

La réaction de quatre lignées de pois chiche appartenant à l'ICRISAT (Flip 09-320C, Flip 09-387C, Flip 09-430C, Flip 9393C) est étudiée vis-à-vis de deux pathotypes d'*A. rabiei*, le pathotype I (faiblement agressif) et le pathotype III (hautement agressif). Deux techniques sont utilisées : technique d'inoculation de plantules entières et technique de feuilles détachées.

Les résultats obtenus confirment l'existence d'une variabilité pathogénique chez *Ascochyta rabiei* et une différence de sensibilité chez les lignées de pois chiche inoculées, que ce soit la technique utilisant des plantules entières ou des feuilles détachées. La technique d'inoculation des plantules entières montre que toutes les lignées testées sont très sensibles au pathotype III (indice d'attaque égal à 9, sur l'échelle de notation de Singh et *al.*, 1981), en revanche deux lignées sont sensibles (Flip 09-320C et Flip 09-387C) et deux résistantes ( Flip 9393C et Flip 09-430C) au pathotype I.

La technique des feuilles détachées ne montre pas de différence entre les lignées inoculées par le pathotype I, en revanche elle confirme les résultats obtenus par la technique des plantules entières, c'est-à-dire, la sensibilité de toutes les lignées au pathotype III.

Après inoculation des plantules âgées de deux semaines avec un isolat du pathotype III, des mesures de trois paramètres (azote, chlorophylle et flavonols) sont effectuées sur la face ventrale et la face dorsale d'une foliole par plantule, selon une cinétique dans le temps (5, 7 et 9 dpi). L'analyse de variance montre une différence hautement significative entre les deux faces de la foliole pour tous les paramètres étudiés et les notations effectuées dans le temps. Une différence hautement significative est notée entre les lignées pour les paramètres chlorophylle et flavonols. Il existe aussi une différence hautement significative entre le témoin et l'inoculé pour le paramètre azote. Le taux d'azote diminue chez l'inoculé de façon hautement significative par rapport au témoin.

**Mots clés :** *Ascochyta rabiei*, *Cicer arietinum*, pathotypes, réaction des lignées de pois chiche, azote, chlorophylle et flavonols.

## Introduction générale

---

### Introduction

Le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) répond à plusieurs besoins : la consommation humaine, l'alimentation animale et la fertilisation des sols. De point de vue nutritionnel, sa richesse 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.

Le pois chiche est largement cultivé à travers le monde et occupe la troisième position chez les légumineuses alimentaires en termes de surface cultivées (11,97 millions ha ; FAOSTAT-Agriculture, 2013). L'Algérie, comme beaucoup de pays en voie de développement, attribue une place de choix à cette culture dotée d'une bonne valeur nutritive.

Malgré les efforts déployés, la production nationale reste très insuffisante. Cette dernière est liée à l'accroissement démographique, aux facteurs abiotiques (sécheresse, salinité) et aux problèmes phytosanitaires. L'antracnose causée par *Ascochyta rabiei* représente la principale maladie fongique dévastatrice du pois chiche. Elle peut affecter toutes les parties aériennes de la plante et entraîner sa mort, ainsi, dans certaines conditions de température et d'humidité favorables au développement du champignon, une perte totale de la récolte peut être observée.

La lutte chimique reste le moyen le plus utilisé contre cette maladie, mais reste préjudiciable pour l'homme et l'environnement, et la lutte culturale doit s'insérer dans un programme de lutte intégrée associant la lutte génétique orientée vers la sélection de cultivars résistants, capables de surmonter la virulence du champignon.

Nous nous sommes donc proposés d'étudier la réaction de quatre lignées de pois chiche appartenant à l'ICRISAT (Flip 9393C, Flip 09-387C, Flip 09-430C, Flip 09-320C) vis-à-vis des deux pathotypes I (faiblement agressif) et III (hautement agressif) d'*A. rabiei*. Pour comprendre les mécanismes d'action du champignon, nous avons étudié l'effet d'*A. rabiei* sur différents paramètres chez la plante de pois chiche (azote, chlorophylle et flavonols).

Ce mémoire est présenté en deux parties :

- La première partie est une synthèse bibliographique comportant une présentation de la plante hôte (*Cicer arietinum* L.) et l'antracnose du pois chiche.

## **Introduction générale**

---

- La deuxième partie est une partie expérimentale consacrée à la présentation des matériels et méthodes ainsi les résultats obtenus sur l'étude du comportement et la réaction d'une gamme de lignées de pois chiche confrontées à deux pathotypes.

## 1. Généralités sur la culture du pois chiche

### 1.1. Origine de la culture

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). Duschak, (1871) a signalé que l'origine du mot Cicer est Hébreu « Kirkes », ou le mot « Kikar » désigne rond. Le mot « arietinum » est aussi latin, traduit du mot grec « Krios », une allusion à la forme des graines qui ressemblent à la tête de bélier (Vander Maesen, 1987).

### 1.2. Répartition géographique

La culture du pois chiche est répandue au niveau mondial dans 4 grandes régions :

- Le sud du continent indien où il assure plus de 85% de la production mondiale.
- Le bassin méditerranéen.
- L'Amérique latine.
- L'Afrique de l'Est (Jodha et *al.*, 1987).

## 2- Taxonomie

**Tableau 01** : classification botanique du pois chiche (Davies et *al.*, 2007)

Règne	Plantae
Embranchement	<i>Spermatophytes</i>
Classe	<i>Dicotylédones</i>
Sous classe	<i>Rosidae</i>
Ordre	<i>Fabales</i>
Famille	<i>Fabaceae</i>
Sous famille	<i>Papilionacées</i>
Genre	<i>Cicer</i>
Espèce	<i>Cicer arietinum</i> L.
Noms vernaculaire	Pois chiche (Français) Gerbenzo (espagnol)

### 3. Description botanique

Le pois chiche est une plante herbacée annuelle, autogame, diploïde ( $2n=16$  chromosomes), atteignant 20 à 40 cm de haut dont les caractéristiques morphologiques sont :

- **Tiges** : Dressés, simple ou ramifiée dès la base et velue-glanduleuse.
- **Feuilles** : alternes, présentent un nombre de folioles impaires. Chacune d'elles compte de 7 à 17 folioles ovales et dentées (Ayadi, 1986).
- **Fleurs** : Bisexuées, papilionacées, pédicelle de 3 à 12 mm de long. Parfois il ya 2 ou 3 fleurs sur le même nœud. Elles sont de couleur rose, blanche ou bleue.
- **Fruit** : Ce sont des gousses renflées ayant 1 à 2 graines, rarement 4 graines. Les graines globuleuses à anguleuses ovoïdes, à rainure médiane et à bec bien distinct supérieur au hile, de crème à brune, verte ou noire, surface lisse ou ridée (Singh et *al.*, 1995 ; Bock, 2008) (Fig. 01).
- **Racines** : le système racinaire est de type pivotant avec 3 ou 4 racines latérales dont la plupart sont étalées à 15 à 30 cm de profondeur dans sol. Les racines atteignent 1,5 à 2,0 m de profondeur. La fixation de l'azote se fait grâce à des bactéries spécifiques du pois chiche (*Rhizobium ciceri*) (Tillard, 1988).

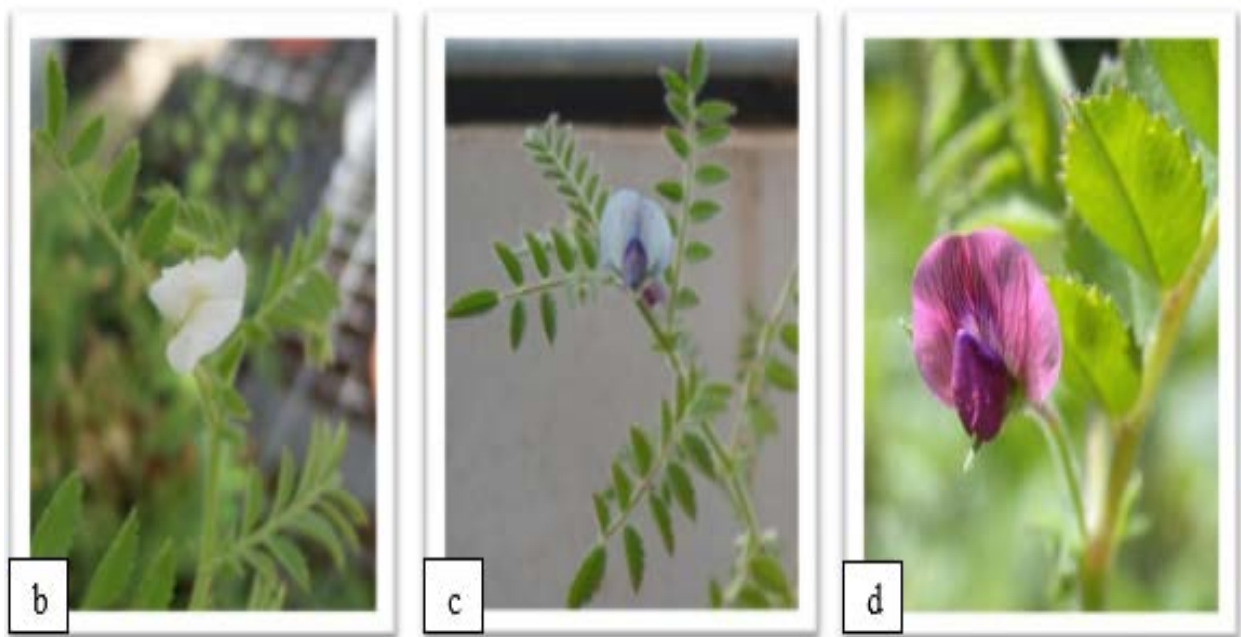
### 4. Importance du pois chiche

#### 4.1. Importance agronomique

Le pois chiche est capable de fixer l'azote atmosphérique grâce à une relation symbiotique avec *Rhizobium ciceri*. Il participe ainsi à fertiliser les sols pauvres, particulièrement dans les zones arides (Saxena, 1990).

Selon Tawaha et *al.* (2005), les besoins de la plante en phosphate ne sont pas importants, ce qui lui permet de croître sur les sols calcaires très répandus dans les pays méditerranéens. La réduction des apports d'engrais chimiques dans les cultures permet la préservation de l'environnement (David et Khan, 2001).

La culture du pois chiche est pratiquée en rotation avec le maïs ou le blé, surtout dans les zones arides et semi-arides (Winch, 2006).



**Figure 01:** Description botanique du pois chiche (Chekroun, 2011).

**a** : port herbacés de *Cicer arietinum* ; **b** : fleur blanche de *Cicer arietinum* ;  
**c** : fleur bleue de *Cicer arietinum* ; **d** : fleur rose de *Cicer arietinum*.

#### 4.2. Importance économique

Le pois chiche est la troisième légumineuse la plus importante au monde après les haricots (*Phaseous vulgaris L.*) et les pois (*Pisum sativum L.*). L'Inde fournit 75% de la production mondiale. Les principaux pays producteurs sont l'Inde, la Turquie, le Pakistan et l'Iran. Le pois chiche occupe une place importante dans l'agriculture du bassin méditerranéen. La Turquie fournit 50% de la production totale de la région. En Algérie, en dépit de l'incitation des services agricoles, la production est insuffisante. L'importation s'estime à 55 537 tonnes alors que la production est seulement 15 000 tonnes (FAO, 2007).

#### 4.3. Valeurs nutritionnelle

Le pois chiche contient 20% de matières azotées, 7% de lipides et plusieurs vitamines et minéraux (Tab. 02) (Baumgartner, 1998). C'est une excellente source de manganèse. Celui-ci est nécessaire à l'action de nombreuses enzymes impliquées dans différents processus métaboliques dont certaines participent aux mécanismes de résistance des cellules au stress oxydatif.

Le pois chiche est favorable à la santé cardiovasculaire, notamment en diminuant le taux de mauvais cholestérol sanguin. Il favorise l'augmentation des bifidobactéries présentes dans le gros intestin, ce qui est bénéfique à l'ensemble de la flore intestinale.

**Tableau 02** : composition biochimique du pois chiche pour 100 graines (Baumgartner, 1998)

Composition	Quantité
Energie (Kcal)	275
Eau (g)	10.4
Protéines (g)	20.0
Graisse (g)	4.4
Glucides (g)	48
Fibres alimentaires (g)	15
Sodium (mg)	30
Potassium (mg)	700
Calcium (mg)	140

## **5. Biologie de la plante**

### **5.1. Cycle et saison du pois chiche**

Dans le bassin méditerranéen, le pois chiche est considéré comme une culture de printemps, la plante se développe vigoureusement et complète son cycle évolutif en 4 mois (El-Aoufir, 2001). La pollinisation chez le pois chiche est complétée pendant le stade de formation des bourgeons à fleur, avant qu'elles ne soient visitées par les abeilles dans les champs (Van Der Maesen, 1972). Certains cultivars de pois chiche à maturité précoce peuvent compléter leur cycle de vie dans 65 jours. Cependant les cultivars à maturité tardée demandent environ 120 jours. Les variétés du pois chiche en hiver peuvent étaler leurs cycles végétatifs jusqu'à 180 jours (Muehlbauer et Rajesh, 2008).

### **5.2. Les exigences édapho-climatique**

#### **5.2.1. La température**

Le pois chiche est une plante rustique qui tolère les fortes températures avec un optimum situé entre 21 et 29 °C pendant le jour et 15 et 21 °C pendant la nuit. Les basses températures, inférieures à 5 °C, inhibent la formation des gousses. Cette culture ne tolère pas le froid, excepté quelques variétés qui peuvent supporter des températures allant jusqu'à 8 °C.

Les chaleurs excessives, en période de floraison, provoquent la coulure des fleurs et l'échaudage des grains.

#### **5.2.2. Eau**

Le pois chiche est une légumineuse qui présente une meilleure résistance à la sécheresse. Grâce à son enracinement profond, il peut extraire l'eau à partir des couches profondes allant jusqu'à 1,50 m. Ses besoins physiologiques se situent entre 300 et 400 mm. Les stress hydriques sont défavorables pendant la période de floraison. Le pois chiche est sensible à l'excès d'eau, car il provoque le prolongement du cycle de la culture et la rend plus sensible aux maladies.

#### **5.2.3. La lumière et l'intensité lumineuse**

La lumière et la température ont des effets complémentaires sur l'initiation florale. Une longue photopériode compense une faible température et inversement, une température élevée compense un manque de lumière pour le déclenchement de la floraison. En Algérie, la lumière n'est pas un facteur limitant.

#### 5.2.4. Sol

Le pois chiche peut être cultivé sur différents types de sol, mais il préfère les sols lourds, bien drainés, de texture limoneuse et argilo-siliceuse. Il redoute les sols calcaires, qui prédisposent la plante à donner des graines à mauvaise cuisson. Il se comporte bien à un pH du sol allant de 6 à 9. Il est sensible à une mauvaise aération du sol et tolère la salinité.

#### 6. La place du pois chiche dans la rotation/assolement

Le pois chiche, en tête d'assolement, constitue un excellent précédent cultural pour les céréales, car il permet le nettoyage du sol et la fixation d'azote. Il est recommandé de pratiquer les assolements suivants :

- Biennale : pois chiche-céréales.
- Triennal : pois chiche-céréales-jachère.
- Quadriennal : pois chiche-orge-jachère-blé dur.

#### 7. Préparation du sol et fertilisation

##### 7.1. Préparation du sol

Le sol doit être bien préparé, pour cela les opérations culturales suivantes sont nécessaires :

- Un déchaumage dès la récolte du précédent cultural.
- Un labour profond (30 à 40 cm), suivi d'un deuxième labour croisé plus léger à exécuter avant le semis. Une fois ces opérations réalisées, il faudrait suivre la préparation du sol par un désherbage chimique, car il est préférable d'exécuter ce dernier avant le semis.

##### 7.2. Fertilisation

Les trois éléments N, P, K ne sont valorisés que si :

- Le sol est bien préparé.
- Les adventices sont bien maîtrisées.

Les apports phospho-potassiques sont raisonnés en fonction des réserves du sol en ces éléments, cependant, en culture intensive, les doses préconisées sont :

- **Phosphore** : 46 à 92 unités/ha selon les potentialités de la zone.
- **Potasse** : 50 unités/ha.
- **Azote** : 20 unité/ha au stade 3 feuilles. L'azote est apporté dans le but de favoriser le départ en végétation, surtout dans les zones froides.

## 8. Les principales variétés de pois chiches cultivées en Algérie

**Tableau 03** : les variétés de pois chiches cultivés en Algérie ITGC (2013).

Variété	Types	Caractéristiques
Ain Témouchent, Sebdou, Rabat 9	Kabuli	Origine locale, port étalé, semi précoce, sensible à l'antracnose et au flétrissement, faible productivité, à semer au printemps.
Chetoui 1 (ILC 3279)	Gulabi	Origine russe, introduite de Syrie, port très érigé, hauteur élevée, tardive, tolérante à l'antracnose, sensible au flétrissement, bonne productivité, à semer en hiver.
Chetoui 2 (ILC 482)	Gulabi	Origine Turque, introduite de Syrie, port semi-prostré, hauteur moyenne, sensible à l'antracnose et au flétrissement, bonne productivité, à semer en hiver.
FLIP 84.92C	Kabuli	Originaire de l'ICARDA (Syrie), port semi-érigé, semi-tardive, tolérante à l'antracnose, à semer en hiver.

### 8.1. Les différents types de cultivars

Les graines du pois chiches développées à travers le monde sont subdivisées selon certains caractères morphologiques, en 3 grands groupes :

#### 8.1.1. Type Kabuli

Il se caractérise par des graines rondes, de couleur crème et de dimension variables selon 3 catégories décrites dans le monde (Singh et *al.*, 1987) (Fig. 02).

- Petites graines dont le poids de 100 graines est inférieur à 25g.
- Graine de taille moyenne dont le poids de 100 graines est compris entre 25g et 40g.
- Grosse graines dont le poids de 100 graines est supérieur à 40g.

Les variétés Rabat 9, Sebdou, Ain Témouchent appartiennent à cette dernière catégorie.

#### 8.1.2. Type Gulabi ou intermédiaire

Ce type se distingue par des graines lisses, de couleur crème et d'un poids de 100 graines compris entre 15 et 25g. Il est utilisé dans de nombreux croisements avec le type Kabuli.

#### 8.1.3. Type de Desi

Il se distingue par de petites graines de couleur foncées angulaires et ridées, dont le poids de 100 graines est compris entre 11 et 18 g (Fig. 02).

Ce type est résistant au complexe de flétrissement et de pourriture racinaires, mais reste sensible à l'antracnose (*Ascochyta rabiei*).



**Figure 02** : types de pois chiche

a : type Kabuli ; b : type Desi

## 9. Production et commerce du pois chiche

### 9.1. Dans le monde

A travers le monde, le pois chiche (*Cicer arietinum L.*) occupe la troisième position (FAO 2015) après le petit pois et le haricot. Sa superficie atteint 13 ,6 millions d'hectares (13570375,16 Ha) à travers le monde avec une production annuelle estimée à plus de 13 millions de tonnes (13118698,83 tonnes) et un rendement moyen de 966,72 kg/ha (FAO 2015). L'Inde et le Pakistan représentent en sont les premiers pays producteurs (tableau 01). Le continent Asiatique est le plus important producteur de pois chiche avec un taux de 91% (Upadhyaya et *al.*, 2001) (Tab. 04).

**Tableau 04** : Principaux pays producteurs de pois chiche dans le monde (Compagne ,2011).

Pays	Production (tonnes)	Surface cultivée (Ha)	Rendement (Qx/Ha)
Inde	8220000	9210000	8,925
Pakistan	496000	1053800	4,707
Turquie	487477	446413	10,920
Australie	513338	653142	7,860
Iran	290243	562375	5,161
Yémen	466738	331549	14,078
Canada	90800	49700	18,270
Ethiopie	322839	208389	15 ,492
Mexique	72143	48067	15,009
Algérie	29000	32000	9,063
Iraq	870	9570	0,909

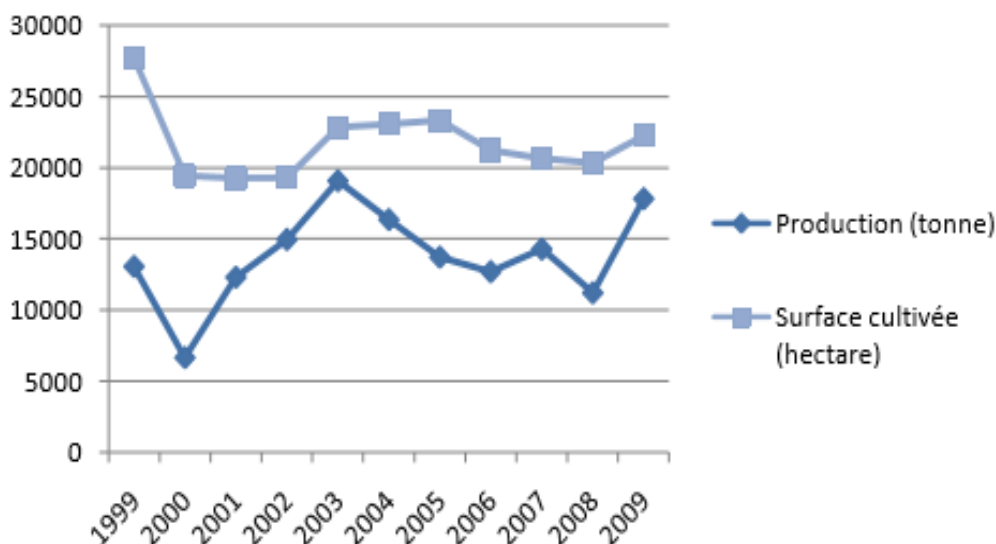
## 9.2 .En Algérie

En Algérie, le pois chiche est la seconde légumineuse alimentaire produite après les fèves. Sa culture a connu, durant la décennie 1980-90, une certaine évolution progressive sur le plan des superficies, de la consommation et une évolution régressive en terme de productivité (Anonyme, 1994). Les causes de la faiblesse des rendements sont souvent d'ordres agro-techniques liés aux conditions de semis (période, modes de semis, qualité de la semence) et à l'infestation par les adventices (Hamadache et Ait Abdallah, 1998).

La situation actuelle du pois chiche n'est pas encourageante par rapport aux fluctuations des superficies cultivées (Tab. 05). En effet, on constate que la production de pois chiche en Algérie a évolué différemment d'une année à l'autre. Elle a connue une augmentation de rendement remarquable durant les années 2011, 2012 et 2013 avec une production respectivement de 24051, 27675et 34980 tonnes.

**Tableau 05** : Evolution des superficies, des productions et des rendements de pois chiche en Algérie (FAO, 2015).

Année	Sup. (Ha)	Pro. (Tonnes)	Rdt. (Qx/Ha)
2004	23079	16367	7,09
2005	23348	13727	5,88
2006	21252	12706	5,98
2007	20681	14294	6,91
2008	20361	11211	5,51
2009	22274	17840	8,01
2010	25525	23474	9,20
2011	27734	24051	8,67
2012	30562	27675	9,06
2013	29320	34980	11,93



**Figure 03** : production du pois chiche en Algérie (1999-2009) (FAO, 2009).

## 10. Les maladies du pois chiche

Selon Pande et *al.*, (2010) le pois chiche peut être attaqué par 172 pathogènes dont 67 espèces fongiques, 3 bactériennes, 22 virus et mycoplasmes et 80 nématodes, mais seulement quelques une causent des dégâts importants :

### 10.1. Les maladies fongiques

Les maladies fongiques de pois chiche sont divisées en deux groupes, les maladies de la tige et des racines et les maladies foliaires (Tab. 06).

**Tableau 06:** principales maladies fongiques du pois chiche.

Pathogène	Maladie
<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>ciceri</i>	Fusariose (Ayadi, 1986).
<i>Fusarium solani</i> (Mart) Sacc.	Pourriture noire des racines. (Nene et <i>al.</i> , 1991).
<i>Botrytis cinera</i> Pers.	Pourriture Grise (Haddi, 1986).
<i>Verticillium albo-atrum</i>	flétrissements (Nene et Reddy, 1987).
<i>Rizoctonia Solani</i> kuhm.	Pourriture humide des racines (Nene et <i>al.</i> , 1991).
<i>Ascochyta rabiei</i> (Pass.) Lab.	L'antracnose : (Porta-puglia, 1990). Cette maladie est l'objet de notre étude

### 10.2. Les maladies bactériennes

- Parmi les maladies bactériennes, on peut citer l'antracnose bactérienne causée par *Xanthomonas campestris pv.cassiae*.
- *Pseudomonas andropogonis* (Nene et al., 1996).

### 10.3. Les maladies virales

- La maladie virale la plus dévastatrice est causée par le virus CCDV (Chickpea Chlorotic Dwarf Virus) du rapetissement chlorotique du pois chiche.
- Le virus de l'enroulement des feuilles du pois chiches (P. L. R. V) est considéré comme l'agent principal du rabougrissement du pois chiche, ses symptômes au champ se traduisent par des taches jaunes, oranges ou brunes, des tiges brunes et des folioles courtes.
- Le virus de la mosaïque d'alfalfa.

### 10.4. Les mycoplasmes

- La prolifération des feuilles ou phyllodie (Djedjai, 2011).

### 10.5. Les mauvaises herbes

Les mauvaises herbes posent un grand problème pour la culture de pois chiche en Algérie. Parmi les espèces les plus importantes qui se trouvent presque sur tous champs de pois chiche, on peut citer :

- Le liseron des champs (*Convolvulus arvensis*).
- Le mouron des oiseaux (*Polygonum aviculare*).
- Le chardon (*Carduus sp.*).
- La moutarde des champs (*Sinapis arvensis*).

(Labdi, 1990 ; Melakhessou, 2008).

### 1. Répartition géographique et importance économique de la maladie

L'anthracnose est considérée comme une des maladies les plus dévastatrices qui affectent le pois chiche en provoquant des lésions nécrotiques sur toutes les parties aériennes (Champion, 1997 ; Zerroug et *al.*, 2007). L'agent causal *Ascochyta rabiei* (Téleomorphe *Didymella rabiei*) est un champignon imparfait qui regroupe dans son cycle biologique deux stades de reproduction.

La maladie est décrite pour la première fois en 1911, par Butler au Pakistan (Nene, 1981 ; Nene et Reddy, 1987). Elle s'étend dans l'ouest de l'Asie, de l'Afrique du Nord et l'Europe du Sud (Nene, 1982). Elle a été aussi signalée en Amérique latine et Bulgarie (Kaiser et *al.*, 2000). Elle se trouve maintenant dans 35 pays producteurs de cette culture (Kaiser et *al.*, 2000). Elle a été signalée dans tous les pays producteur de pois chiche, dans les zones à humidité élevées et à pluviométrie supérieure ou égale à 150 mm avec des températures comprise entre 15 et 20 °C (Jan et Weisse, 1991; Wiese, 1995).

Cette maladie n'est pas récente en Algérie, elle a déjà suscité une étude par Laumont et Chevaussus en 1956 concernant la sélection de lignées résistantes.

Les pertes occasionnées par ce pathogène sont différentes d'un pays à un autre, pouvant atteindre jusqu'à 100 % (Singh et *al.*, 1998 ; Singh et Reddy, 1990). Au Maroc, celles-ci ont atteint 97% en 1972, avec un rendement moyen de 0.2 qx/ha, alors que dans les conditions normales, le rendement est estimé à 6.5 qx/ha. En Tunisie, cette maladie cause des chutes de rendement de l'ordre de 40% (Djerbi et *al.*, 1978).

**Tableau 07** : Perte quantitatives causées par *Ascochyta rabiei* dans certains pays

Pays	Années	Pertes	Références
Bulgarie	1936	20-50% de rendement	Kovachevski, 1936
Maroc	1971	10 millions	Kamal, 1981
Pakistan	1920-1930	50% (1 million roupies par an)	Malik et Tufail, 1981
	1980-1981	48% de rendement plus de 15% de rendement	
Syrie	1982	35% de rendement	ICARDA, 1983
Tunisie	1981	1 million	ICARDA, 1983
Usa	1987		ICARDA, 1983

Source : Nene et Sheila (1992)

## 2. Position systématique d'*Ascochyta rabiei*

Division :	<i>Eumycètes</i>
Subdivision :	<i>Deuteromycètes</i>
Classe :	<i>Coelomycètes</i>
Ordre :	<i>Sphaeropsidales</i>
Genre :	<i>Ascochyta</i>
Espèce :	<i>A. rabiei</i>

(Agrios, 1988)

La découverte du stade téléomorphe : *Didymella rabiei* (*Mycosphaerella rabiei*) a permis de l'intégrer le champignon au sein de la taxonomie des *Ascomycètes* ce qui engendre une double nomenclature pour cette espèce.

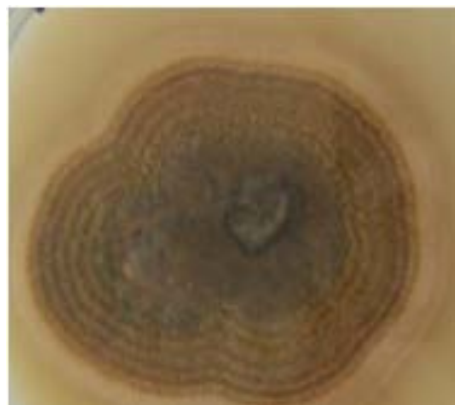
Division :	<i>Eumycètes</i>
Subdivision :	<i>Ascomycètes</i>
Classe :	<i>Loculoascomycètes</i>
Ordre :	<i>Dothideales</i>
Genre :	<i>Didymella</i>
Espèce :	<i>D. rabiei</i>

(Agrios, 1988)

## 3. Caractères morphologiques

### 3.1. Description macroscopique

*A. rabiei* peut croître sur le milieu pois chiche dextrose agar et sur milieu pomme de terre dextrose agar. Son aspect macroscopique montre une alternance de cercles concentriques clairs et foncés (Fig.3). Le mycélium est généralement brun-clair. La production de cirrhes peut être observée sur certaines colonies.

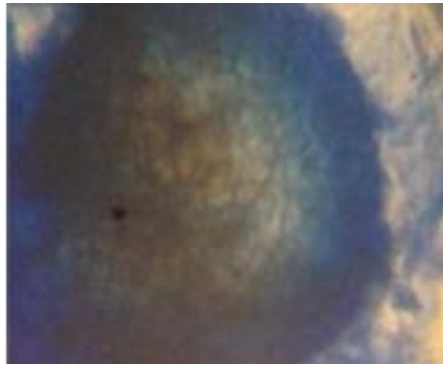


**Figure 04:** Aspect macroscopique d'*Ascochyta rabiei* (Original, 2017).

### 3.2. Description microscopique :

La forme imparfaite du champignon est caractérisée par :

- Un mycélium hyalin et septé
- Des pycnides à paroi fine, densément agrégées, de couleur marron clair à brun foncé. Elles ont une forme aplatie ou lentiforme de 90-150  $\mu\text{m}$  de diamètre et s'ouvrent par un pore circulaire de 25  $\mu\text{m}$  de diamètre appelé ostiole (Nene, 1984) (Fig. 05).



**Figure 05:** Pycnide d'*Ascochyta rabiei* (Originale, 2017)

- Les pycnidiospores sont à 90% unicellulaire et font 8-15  $\mu\text{m}$  de long sur 4-6  $\mu\text{m}$  de large. Elles sont hyalines, oviforme ou allongées, cylindriques ou hélicoïdales et parfois légèrement étroites vers une extrémité, mais pour la plus part, les côtés sont arrondis. A faible pourcentage, les conidies peuvent être bicellulaires avec un septum excentrique.

La forme *Didymella rabiei* est caractérisée par des :

- Périthèces ou pseudothèces de couleur noir ou brun, contenant des asques parallèles.
- Asques cylindriques étroites, contenant linéairement 8 ascospores divisées en 2 cellules inégales par une constriction très claire ou septa (Rhaiem et *al.*, 2006).
- Les ascospores sont ovoïdes 12.5-9 x 6.7-7.6  $\mu\text{m}$  (Champion, 1997).



**Figure 06:** Asques d'*Ascochyta rabiei* (Rhaiem et *al.*, 2006).

#### 4. Symptomatologie

L'origine étymologique du terme «Anthraxose» vient du grec : anthrax signifiant ulcère et ose qui signifie maladie, c'est une altération nécrotique des parties aériennes de la plante.

Les symptômes suivent une évolution qui peut être divisée en plusieurs étapes :

##### 4.1. Foliolles

Les premiers symptômes correspondent à l'apparition de taches vert clair sur les folioles de la plante. Les taches sont circulaires. Des pycnides apparaissent ensuite en cercles concentriques sur la foliole qui brunit, se dessèche et finit par tomber.



**Figure 07** : symptôme d'*A. rabiei* sur folioles (Chekroun, 2001).

##### 4.2. Tiges et pétioles

Sur les tiges et pétioles, les lésions sont brunes et allongées.



**Figure 08** : nécrose sur tige due à *A. rabiei* (Chekroun, 2001).

##### 4.3. Gousses

Sur les gousses apparaissent des tâches concaves de dimension variables. Elles sont brunes et ont une bordure sombre et parfois une lisière rouge.



**Figure 09** : symptôme d'*A. rabiei* sur gousse (Chekroun, 2001).

#### 4.4. Graines

Les graines en formation, d'apparence saine, peuvent porter à maturité des lésions de la maladie: présence de tache brunes avec ou sans pycnides visibles.

Une attaque sévère sur la plante provoque la formation de graines déformées.

### 5. Biologie et épidémiologie de l'agent pathogène

#### 5.1. Conservation et contamination primaire

Le champignon peut survivre pendant deux ans ou plus dans les tissus infectés et les débris de récolte, et plus de 5 ans au niveau de semences infectées (Iqbal et *al.*, 2002). *A. rabiei* survit donc en saprophyte sur les débris de culture et peut même s'y reproduire. Cette conservation est un moyen de contamination des cultures de pois chiche.

Les graines infectées constituent donc la source principale d'infection primaire (Kimber et *al.*, 2006).

En effet, l'emploi de telles semences constitue un facteur favorable à l'installation du pathogène dans la culture, cependant, l'apparition de la maladie reste dépendante des conditions climatiques. Quant aux résidus de cultures, ils assurent la conservation du pathogène en vie, sous forme de pycnides (forme asexuée) ou de pseudothèces (forme sexuée) (Milgroom et Peever, 2003).

#### 5.2. Contamination secondaire

Les contaminations secondaires et par conséquent l'évolution de la maladie sont déterminées par la température et la pluviométrie.

Elles sont favorisées par le stade conidien et ont lieu au printemps, quand les conditions climatiques deviennent favorables.

### 5.3. Influence des facteurs de l'environnement sur le développement d'*A. rabiei*

Les conditions de développement de la maladie dépendent, du niveau de l'infection primaire, de la pluviométrie et de la température qui permettent la germination des conidies. La lumière et les éléments nutritifs sont également des facteurs qui affectent la croissance, la sporulation et la survie du champignon (Trapero-Casas et Kaiser, 1992).

#### 5.3.1. Température

La température présente un effet sur le cycle de vie d'*A. rabiei*, le processus d'infection et le développement de la maladie. La température optimale pour l'infection et le développement de *A. rabiei* est 20 °C (Kimber et al., 2006).

Les asques et les ascospores ne se développent qu'à une température de 5 à 10 °C. La plupart des ascomycètes ont besoin d'une température basse et d'une longue durée d'incubation.

Les températures faibles (5 °C) et élevée (30 °C) limitent l'infection d'*Ascochyta rabiei*.

La sévérité de la maladie est maximale à une température de 20 °C, alors qu'elle est limitée à des températures variant entre 25 et 30 °C. Au-dessus de 25 °C, la sporulation et la croissance mycélienne diminuent, une température de 32 °C peut les stopper.

#### 5.3.2. Humidité relative

Plusieurs auteurs admettent que le développement et la prolifération du pathogène sont favorisées par une humidité saturante proche de 100%. Weiltzien et Kaack (1981) ont noté que l'infection peut être réalisée par une incubation de 10 heures à l'humidité saturante et à une température comprise entre 9 et 21 °C.

#### 5.3.3. Lumière

La lumière joue un rôle important sur la croissance mycélienne et la sporulation (Kaiser, 1972). Reddy (1986) considère que la sporulation est stimulée par des radiations proches des UV.

#### 5.3.4. Nutrition

La quantité et la qualité des éléments composants le milieu de culture interviennent dans le comportement d'un champignon.

Dans l'étude de la biologie des souches d'*Ascochyta rabiei*, il a été démontré que les sources carbonées et azotées ainsi que leurs combinaisons affectaient la croissance mycélienne et la sporulation (Ameziane, 1979).

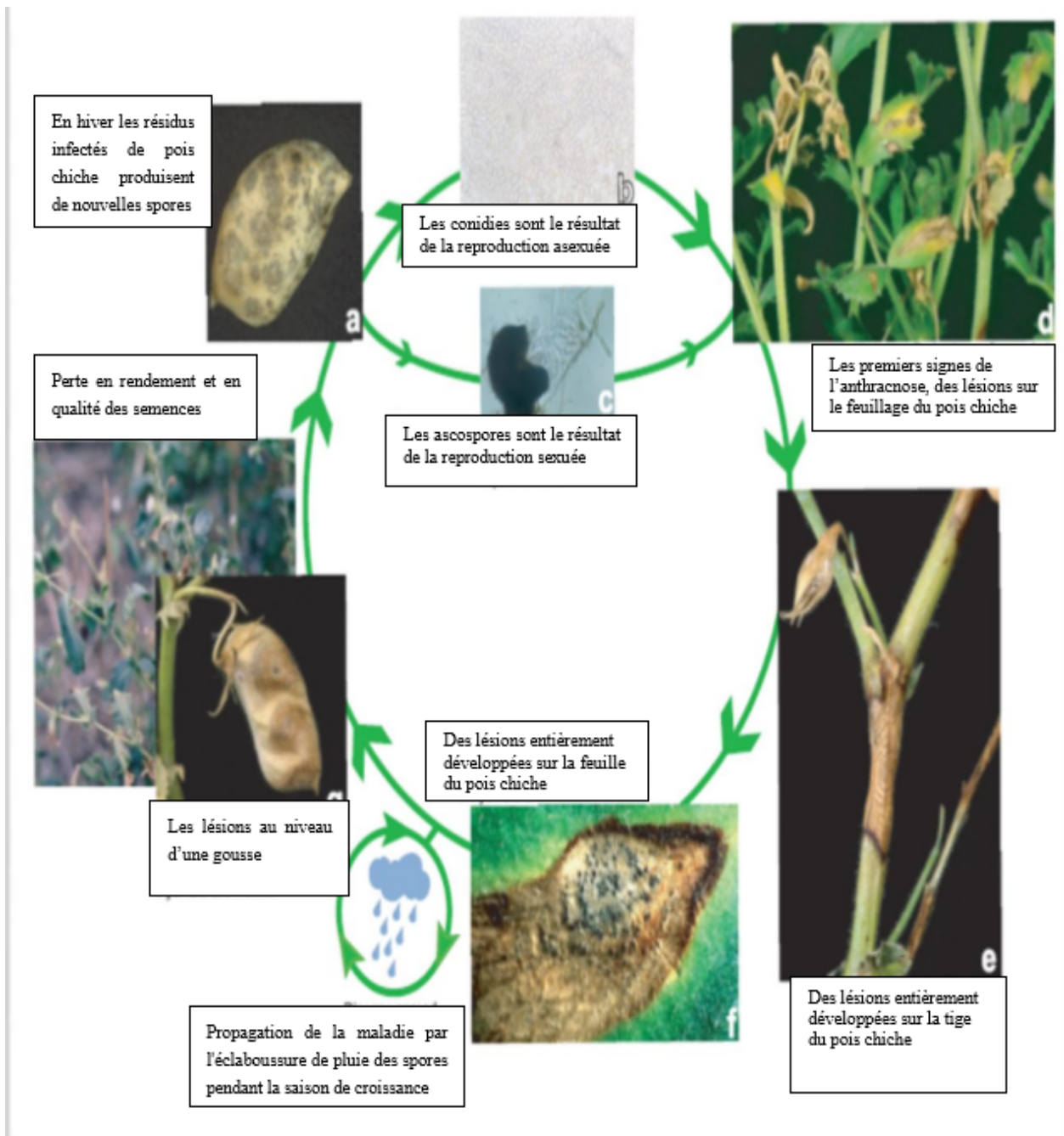


Figure 10 : Cycle de l'antracnose du pois chiche causé par *A. rabiei* (Paerse et al., 2005).

### 5.3.5. Le pH

Le pH influence l'initiation de la sporulation. Les pH entre 5 et 6 favorisent une bonne sporulation, alors que les pH très acides ou très basiques inhibent la sporulation (Ameziane, 1979).

### 5.4. Facteurs de dissémination

La pluie et le vent sont des facteurs majeurs de la dispersion de la maladie (Trapero-Casas et Kaiser, 1992). Après l'infection, les conidies produites sont dispersées par le vent ou les gouttelettes d'eau véhiculée par les courants d'air, c'est la contamination secondaire (Pande *et al.*, 2010).

## 6. La lutte contre l'anthracnose

La meilleure prévention contre l'anthracnose est l'utilisation des semences indemnes de maladies et traitées (AAC, 2009). Aussi, il est recommandé de ne pas cultiver du pois chiche sur une même parcelle pendant au moins 5 ans (Reddy et Singh, 1986).

L'enfouissement des débris de culture infectée à une profondeur supérieure à 10 cm s'avère efficace pour limiter la maladie (Nene, 1981; Reddy *et al.*, 1986). Il est également préconisé de détruire les plantes malades après la récolte. Halila *et al.* (1989) précisent que dans les régions méditerranéennes, la maladie peut être contrôlée en différant les dates de semis de décembre à mars, afin d'éviter les périodes à humidité excessive et aux conditions climatiques froides.

Concernant le traitement de semence plusieurs fongicides ont été proposés, le Thiram, Thiabendazole et Manabe (Gan *et al.*, 2006 et Kiven *et al.*, 2013). Cependant, en pleine végétation, le Clorothalonil et le Mancozeb sont les plus efficaces (Gan *et al.*, 2006 et Kiven *et al.*, 2013). Enfin, une lutte intégrée, basée sur des pratiques culturales adéquates associant l'utilisation de fongicides et de cultivars résistants, est à envisager (Bouznad *et al.*, 1991).

## I. Résultats

### 1. Test de pathogénicité sur plantules entières

Les symptômes sont observés sur toutes les parties aériennes des plantules. Ils apparaissent d'abord sous forme de petites nécroses, de quelques millimètres de diamètre, de couleur brun foncé. Ces dernières s'élargissent, notamment sur les tiges provoquant ainsi leur cassure (Fig.17).



**Figure 17** : cassure des tiges du pois chiche causées par *A. rabiei*.

Les figures 18-19 montrent les symptômes de la maladie chez les plantules de différentes lignées de pois chiche inoculées avec *A. rabiei*.

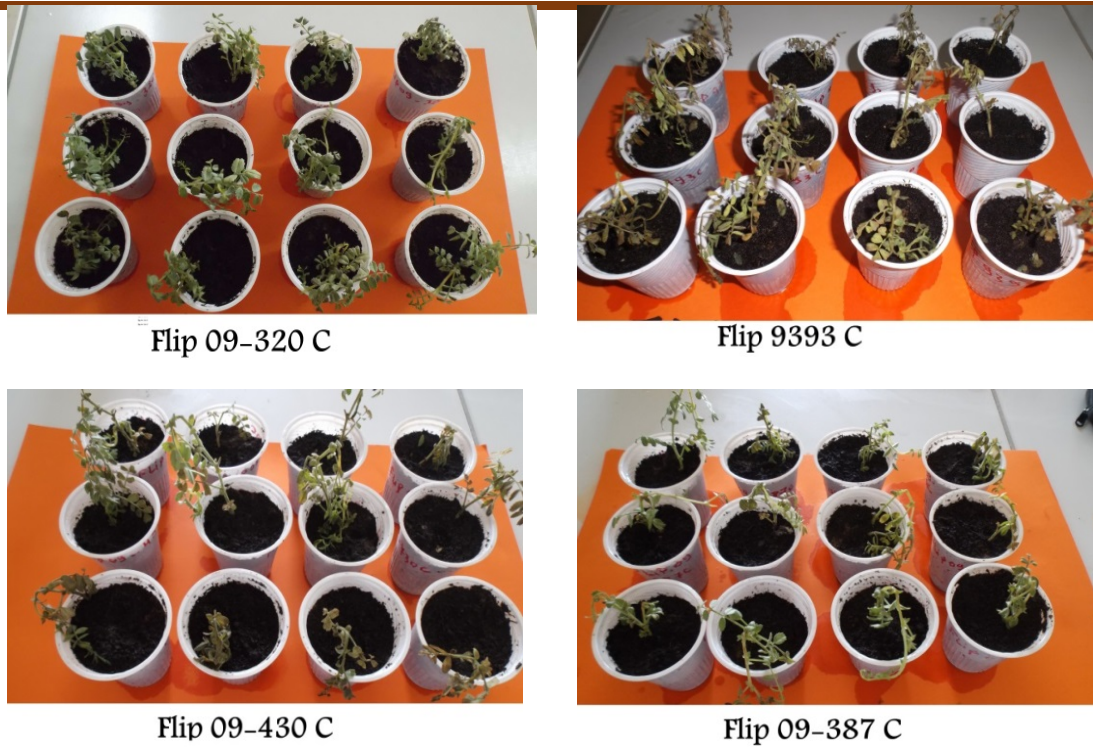
Trois jours après l'inoculation (3 dpi), nous avons noté un indice de maladie de 7 (IM=7) sur l'échelle de Singh et *al.*, (1981) pour la Flip 9393 C et la Flip 09-430 C. Les lésions sont visibles sur la plupart des plantules, en revanche la Flip 09-320 C et la Flip 09-387 C montrent un niveau d'attaque faible (IM =3).

A 4 dpi, l'indice de la maladie ne change pas pour la Flip 9393 C et la Flip 09-430 C, en revanche on note une évolution des symptômes de la maladie (IM = 5) chez la Flip 09-387C et la Flip 09-420 C (Fig. 20).

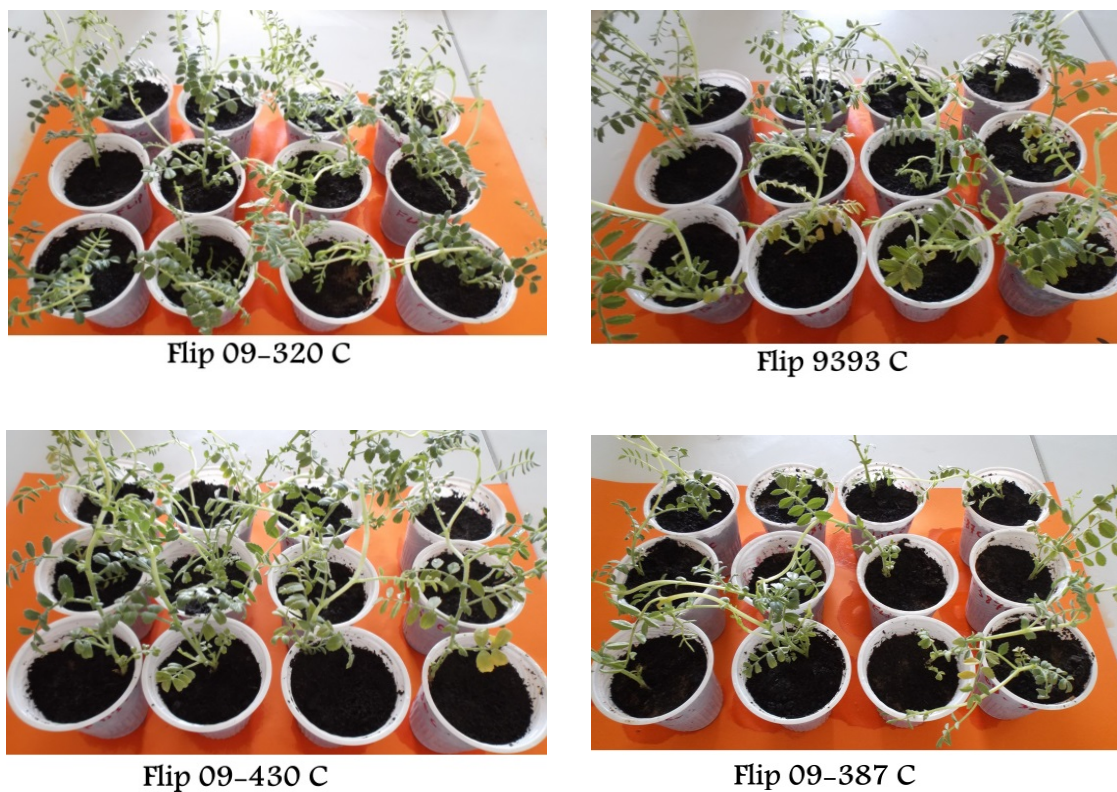
A 5 dpi, aucune des lignées ne survit à l'attaque du parasite (isolat A1) (IM=9). L'isolat.

Pour l'isolat S1 (Fig. 21) l'apparition des symptômes est retardée pour la Flip 9393 C, la Flip 09-320 C et la Flip 09-387 C). Ils apparaissent à 5 dpi. En revanche, leur apparition est précoce chez Flip 09-430 C (3 dpi).

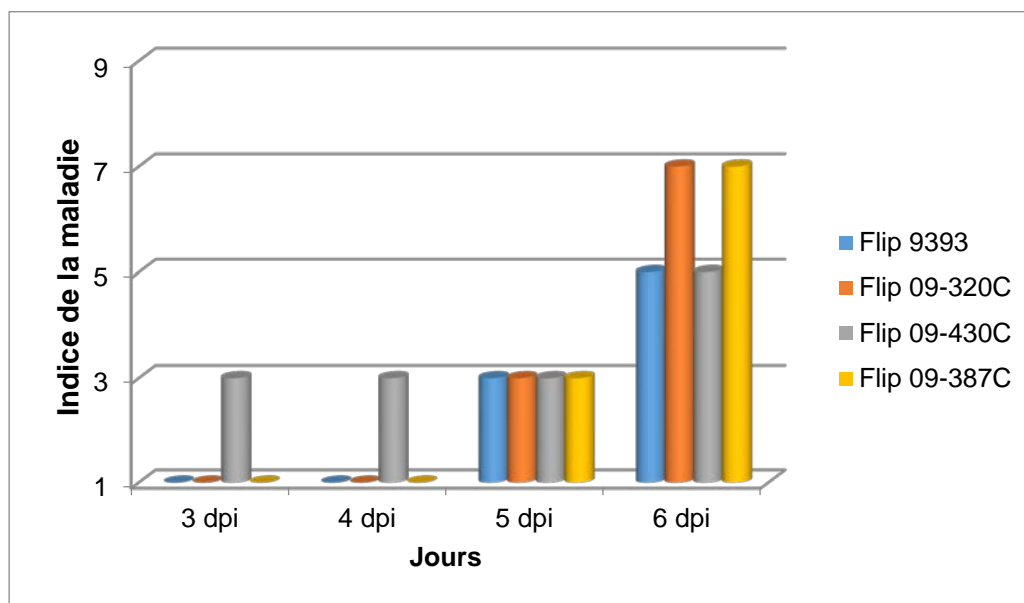
Le temps d'incubation est différent selon que l'on considère la Flip 9393 C, la Flip 09-320 C ou la Flip 09-387 C (5 jours) ou la Flip 09-430 C (3 jours).



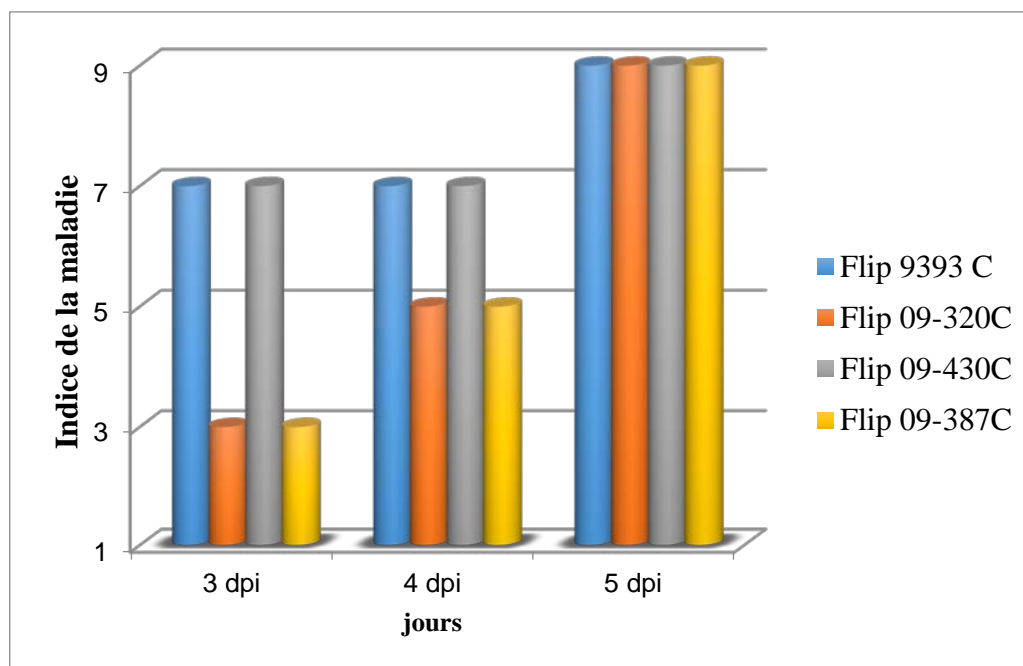
**Figure 18** : Symptômes de l'antracnose sur Flip 9393 C, Flip 09-320 C, Flip 09-430 C, Flip 09-387 C inoculées par l'isolat A1.



**Figure 19** : Symptômes de l'antracnose sur Flip 9393 C, Flip 09-320 C, Flip 09-430 C, Flip 09-387 C inoculées par l'isolat S1.



**Figure 20** : Evolution des symptômes chez les lignées de pois chiche inoculées par l'isolat S1.



**Figure 21**: Evolution des symptômes chez les lignées de pois chiche inoculées par l'isolat A1.

A la fin de l'expérience, soit à 6 dpi, deux lignées montrent un indice d'attaque de 7 (Flip 09-320 C et Flip 09-387 C), les deux autres (Flip 9393 C et Flip 09-430 C) montrent un indice plus faible (IM=5).

Toutes les lignées sont sensibles à l'isolat A1. Pour l'isolat S1, nous avons noté la sensibilité chez deux lignées et la résistance chez les deux autres (Tab. 10).

**Tableau 10:** Réaction des lignées de pois chiche inoculées par *A. rabiei*

		Lignées			
		Flip 9393C	Flip 09-320C	Flip 09-387C	Flip 09-430C
Isolats	S1	R	S	S	R
	A1	S	S	S	S

## 2. Test de pathogénicité sur feuilles détachées

Les folioles inoculées par *A. rabiei* montrent des nécroses brunes (Fig. 22). Les folioles témoins inoculées à l'eau distillée stérile ne montrent aucun symptôme (Fig. 23).



**Figure 22 :** folioles inoculées par *A. rabiei*

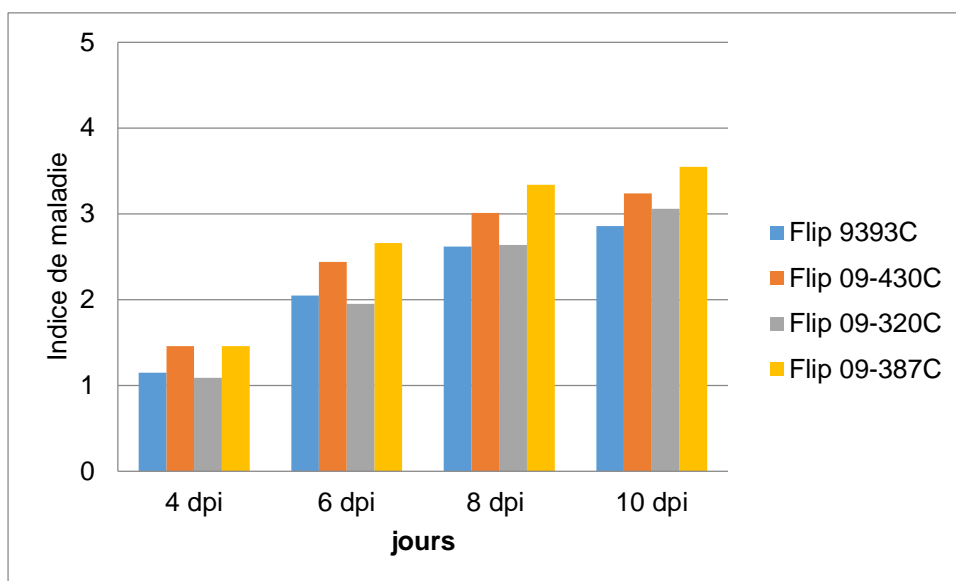


**Figure 23 :** Témoin inoculé par de l'eau distillée stérile

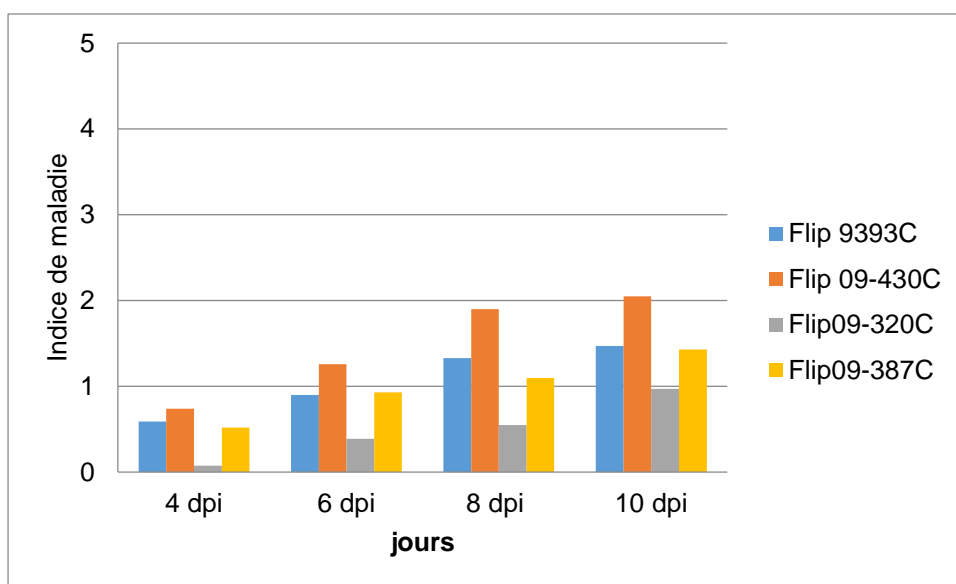
Il existe une différence d'agressivité entre l'isolat A1 et l'isolat S1. Les indices d'attaques les plus élevés sont notés chez A1 qui se montre ainsi plus agressif que S1.

Les premiers symptômes sont visibles sur les plantules au quatrième jour suivant l'inoculation, correspondant ainsi au temps d'incubation du pathogène (A1). Ils évoluent progressivement pour atteindre, à 10 dpi, un indice de 3,55 ; 3,24 ; 3,06 et 2,86 respectivement pour la Flip 09-387C, la Flip 09-430C, la Flip 09-320C et la Flip 9393C (Fig. 24).

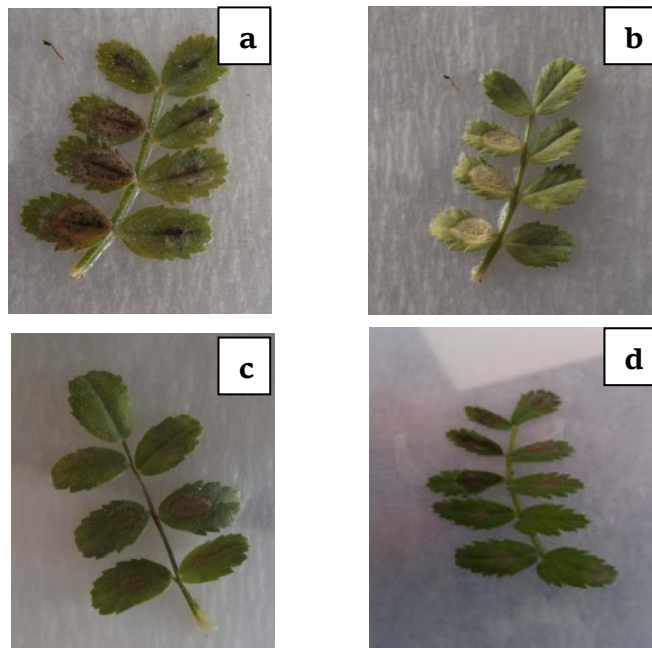
Pour l'isolat S1, les premiers symptômes, visibles à 4 dpi, sont présents chez toutes les lignées. Ils évoluent dans le temps pour atteindre un indice de 2,05, 1,47, 1,43 et 0,97, respectivement pour la Flip 09-430C, la Flip 9393C, Flip 09-387C, la Flip 09-320C (Fig. 25).



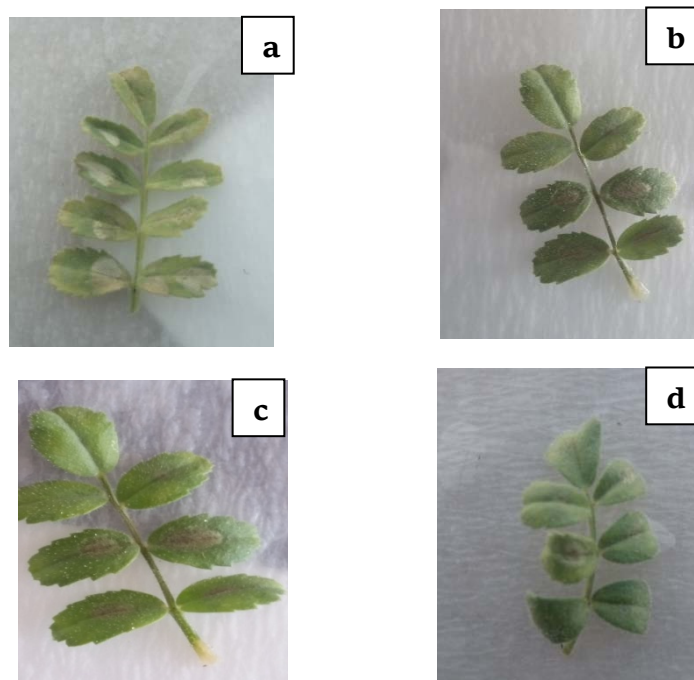
**Figure 24** : Evolution de l'indice d'attaque de la maladie chez les plantules des lignées de pois chiche inoculées par l'isolat A1. Les données correspondent aux indices d'attaque obtenus sur 12 feuilles de pois chiche contenant chacune entre 5 et 11 folioles.



**Figure 25** : Evolution de l'indice d'attaque de la maladie chez les plantules des lignées inoculées par l'isolat S1. Les données correspondent aux indices d'attaque obtenus sur 12 feuilles de pois chiche contenant chacune entre 5 et 11 folioles.



**Figure 26** : symptômes provoqués par l'isolat A1 sur les folioles de quatre lignées à 8 dpi :  
a : Flip 09-387C ; b : Flip 09-487C ; c : Flip 09-320C ; d : Flip 9393C



**Figure 27**: symptômes provoqués par l'isolat A1 sur les folioles de quatre lignées à 8 dpi :  
a: Flip 09-387C ; b : Flip 09-320C ; c : Flip 09-430C ; d : Flip 9393C

## 2.2. Calcul de l'AUDPC

L'AUDPC est utilisée pour quantifier l'intensité de la maladie (Madden *et al.*, 2007), elle révèle différents degrés de sévérité chez les quatre lignées dans le test de pathogénicité sur feuilles détachées, ce qui nous mène à dire que les différentes lignées réagissent d'une manière différentes vis-à-vis des isolats A1 et S1 (Tab. 11).

**Tableau 11:** intensité de maladie sur les différentes lignées.

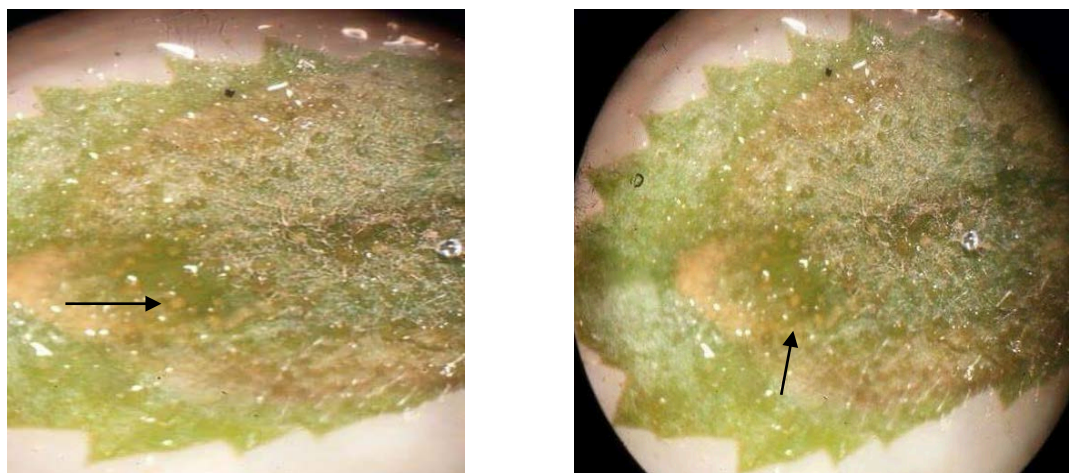
Lignée \ isolat	A1	S1
Flip 9393C	14,48	7,38
Flip 09-430C	17,05	9,85
Flip 09- 387C	18,46	6,35
Flip 09-320C	14,3	2,95

On ne peut choisir au hasard n'importe quel pathotype pour classer les lignées, ni n'importe quelle lignée pour classer les pathotypes. Le pathotypes A1 et S1 ne peuvent servir à distinguer la résistance de la Flip 09-387C (Tab. 11).

## 2.3. Estimation du nombre de pycnides

Les pycnides sont observées sous une loupe binoculaire, sur la face supérieure des folioles, de couleur marron claire, arrondies, avec un aspect huileux (Fig. 28).

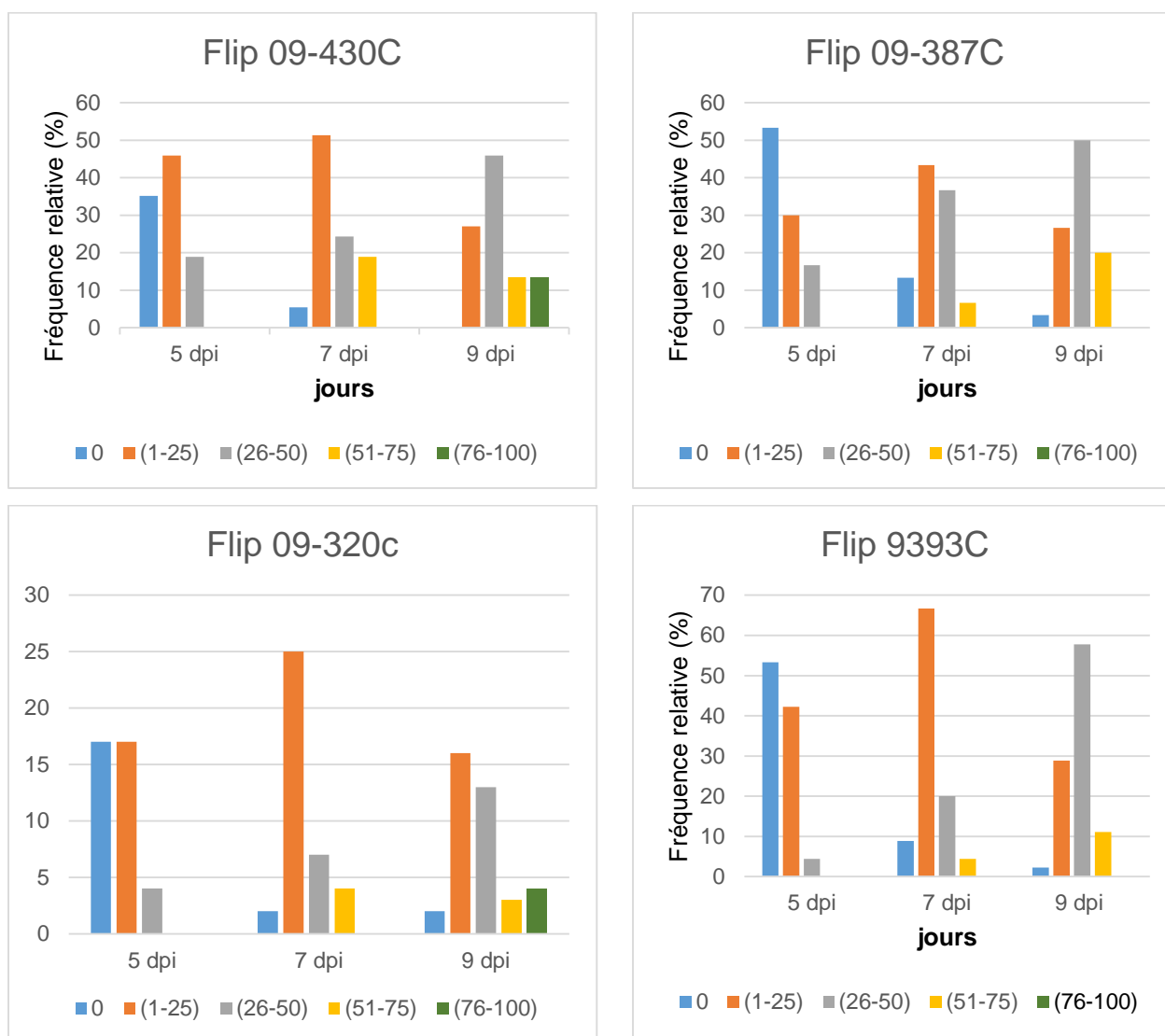
Le nombre de pycnides est noté régulièrement, un jour sur deux, à partir du 5<sup>ème</sup> jour suivant l'inoculation (5 dpi) correspondant au temps de latence.



**Figure 28:** Pycnides d'*A. rabiei* observées sous loupe binoculaire (Originale, 2017).

La figure 29 montre une évolution du nombre de pycnides au cours du temps sur les folioles inoculées par l'isolat A1.

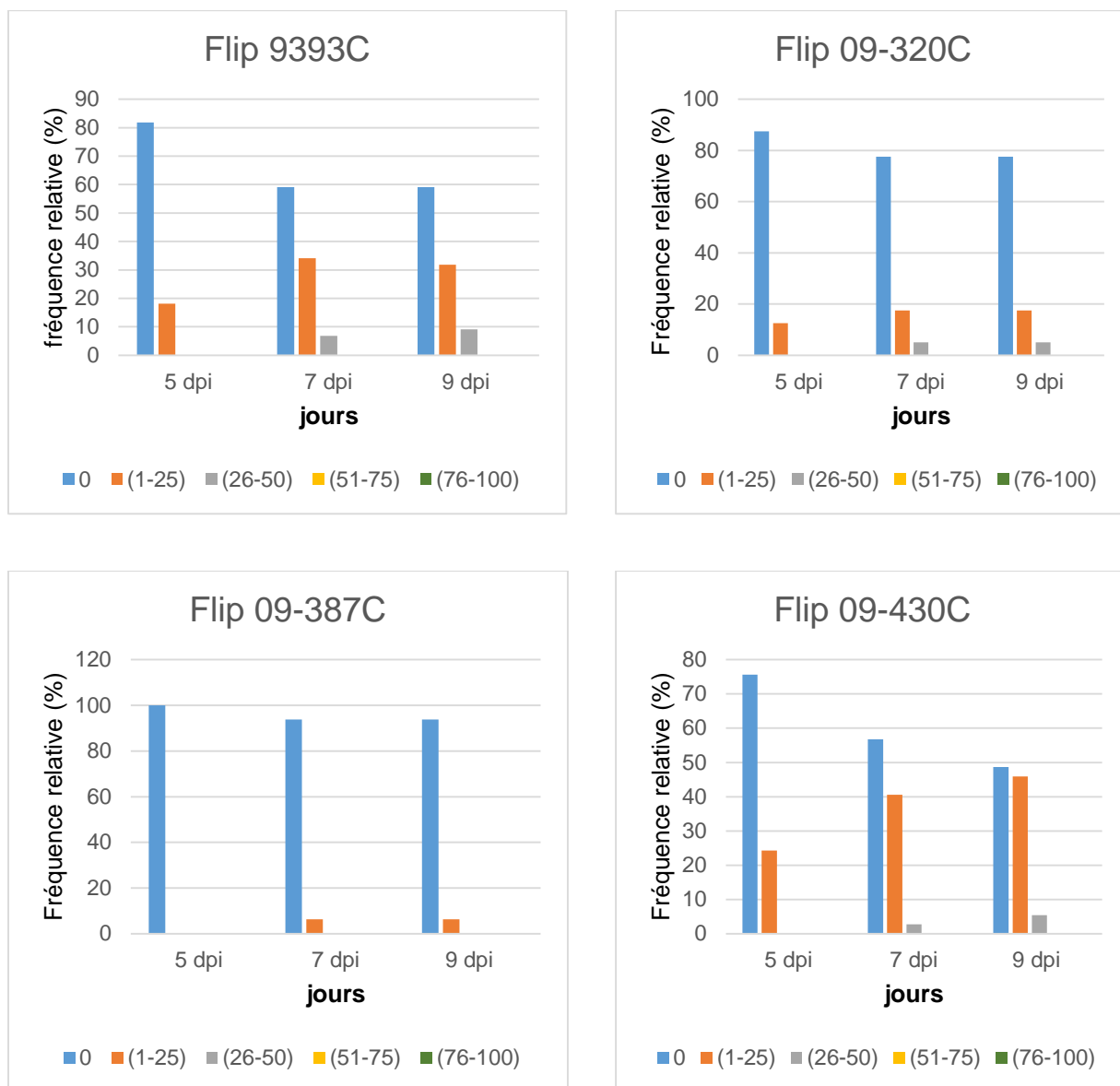
La classe la plus élevée (76-100) apparait chez deux lignées (Flip 09-430C et Flip 09-320C), chez la Flip 9393C et la Flip 09-387C, la classe maximale (51-75) atteint respectivement une fréquence relative de 11,11 et 20 %.



**Figure 29** : Fréquence relative des pycnides sur folioles inoculées par l'isolat A1.

La figure 30 montre une faible évolution du nombre de pycnides au cours du temps sur les folioles inoculées par l'isolat S1.

La classe la plus élevée (25-50) apparaît chez la Flip 09-430C, la Flip 09-320C et la Flip 9393C avec des fréquences relatives respectivement de 5,4 ; 5 et 9,09 %. Chez et la Flip 09-387C, la classe maximale (1-25) atteint une fréquence relative de 6,25%.

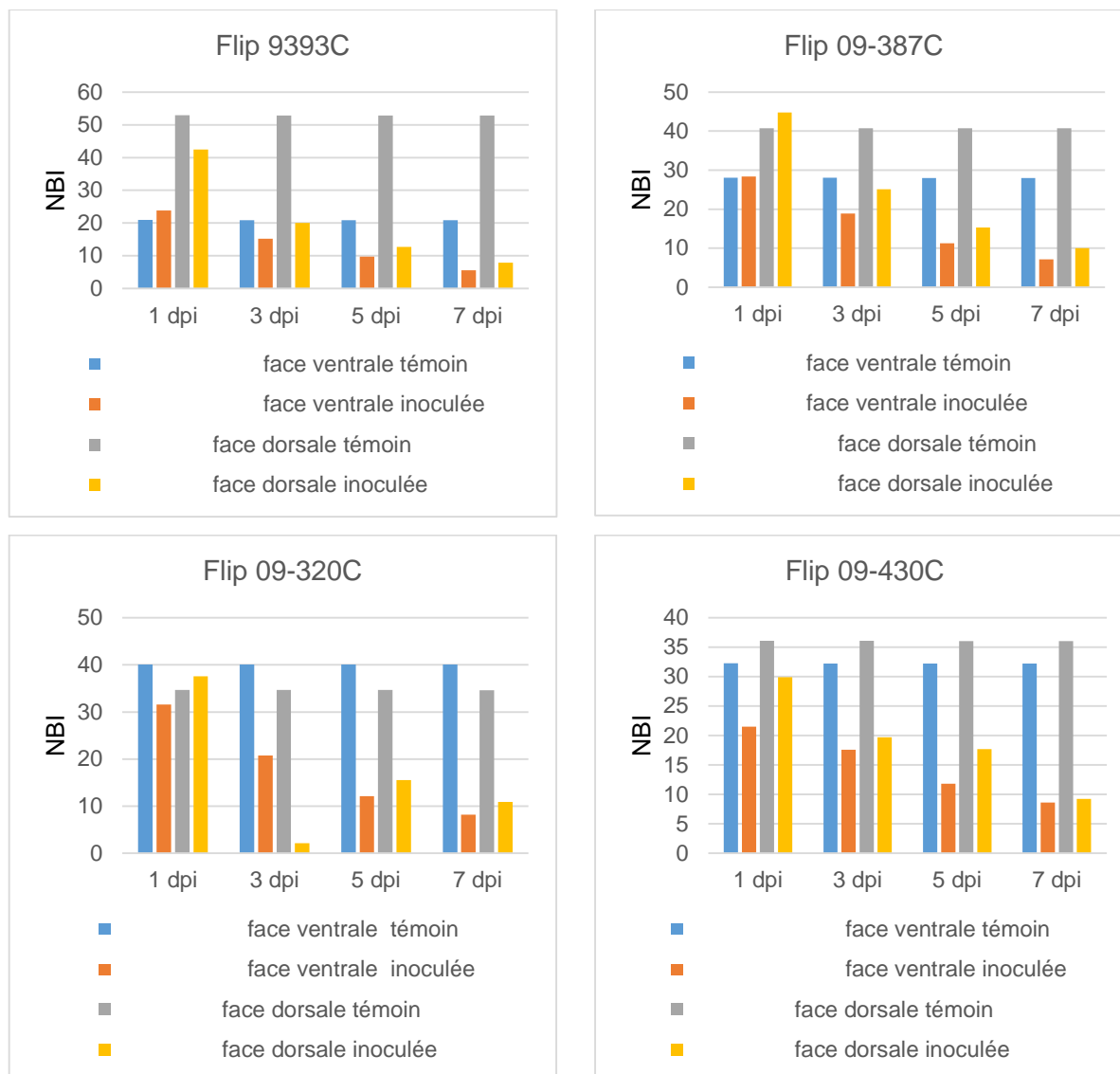


**Figure 30:** Fréquence relative des pycnides sur folioles inoculées par l'isolat S1.

### 3. Mesures de la teneur en azote, chlorophylle et en flavonols

#### 3.1. Azote

La figure 31 montre l'évolution dans le temps du taux d'azote dans la face ventrale et la face dorsale des folioles des quatre lignées de pois chiche inoculées par un isolat du pathotype III.



**Figure 31:** L'évolution du taux d'azote sur folioles de pois chiche inoculées par *A. rabiei*.

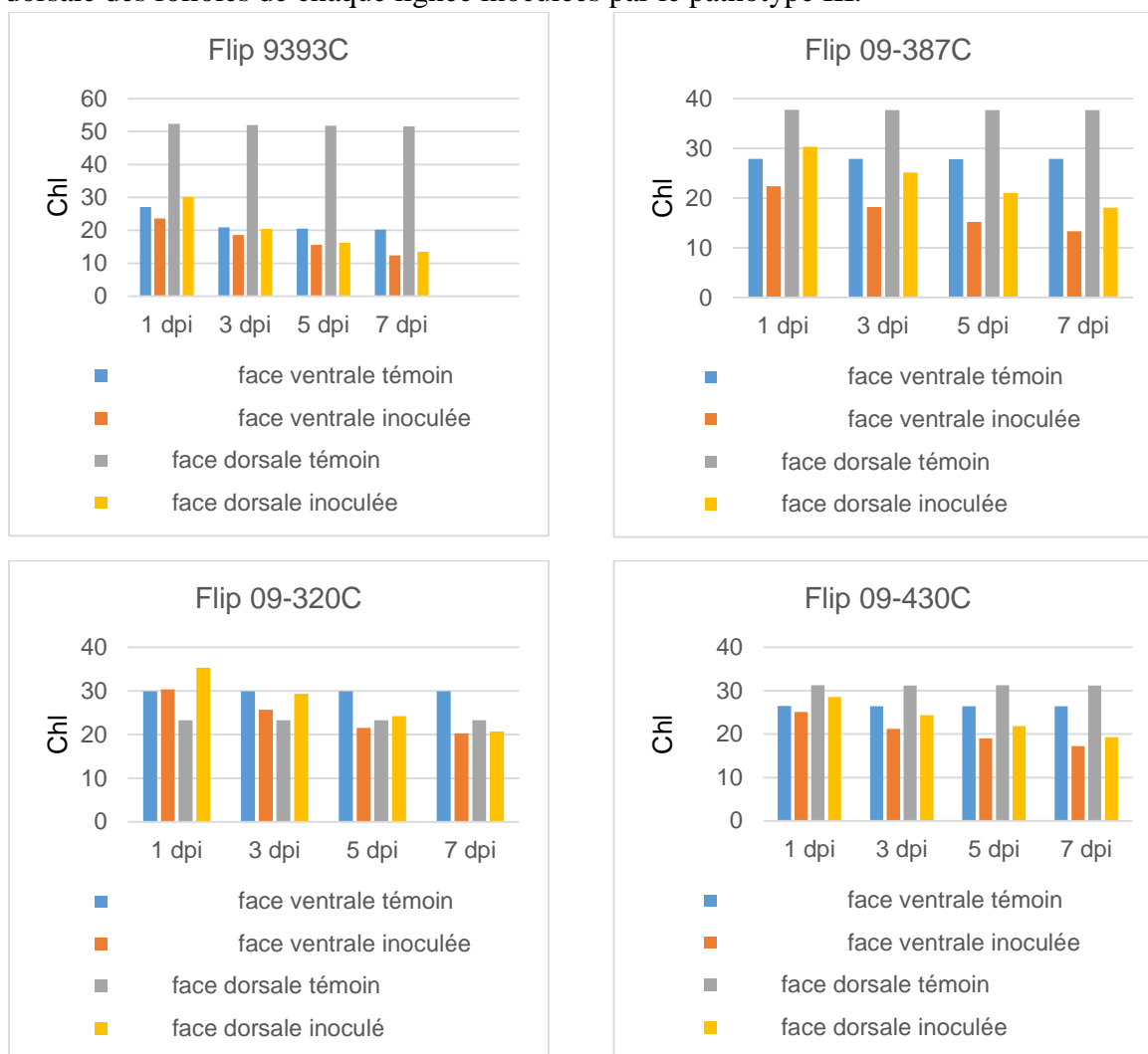
L'analyse de variance ne montre pas de différence significative entre les lignées, tandis qu'entre les notations, l'analyse indique une différence hautement significative. La figure 31 montre que le taux d'azote décroît dans les folioles inoculées comparativement aux témoins non inoculées où ce taux est resté relativement stable.

L'analyse de variance montre aussi une différence hautement significative entre les plantules témoins et les plantules inoculées.

Il existe une différence hautement significative entre la face ventrale et dorsale.

### 3.2. Chlorophylle

La figure 32 montre l'évolution de la chlorophylle sur la face ventrale et la face dorsale des folioles de chaque lignée inoculées par le pathotype III.



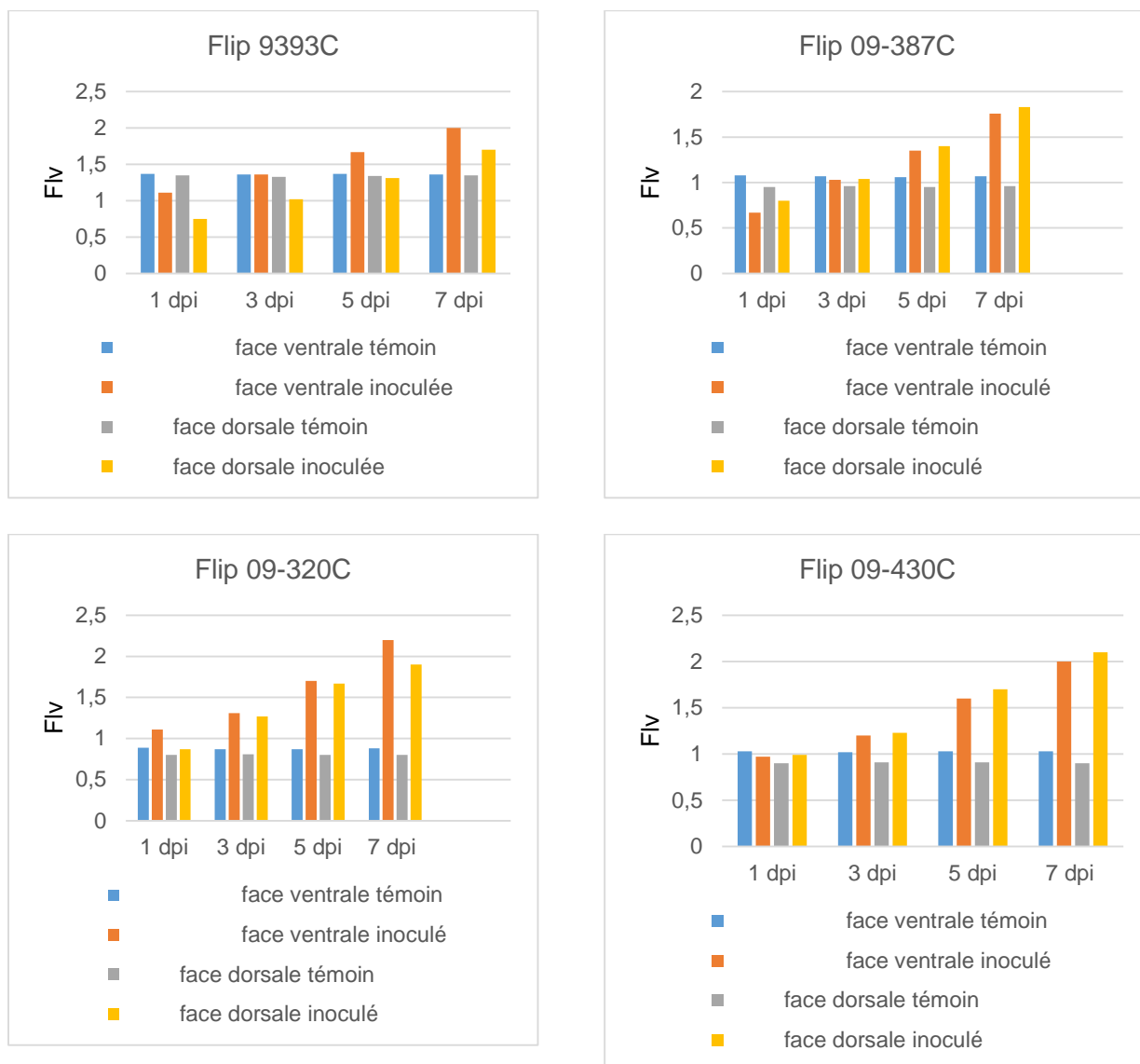
**Figure 32:** Evolution de la chlorophylle sur folioles de pois chiche inoculées par *A. rabiei*.

L'analyse de variance montre une différence hautement significative entre les lignées inoculées et les lignées témoins et entre les différentes notation effectuées dans le temps.

Les histogrammes de la figure 32 montrent une diminution de la chlorophylle sur les deux faces de la foliole chez toutes lignées comparativement au témoin pour lequel le taux de chlorophylle reste stable. Nous remarquons aussi que ce taux est plus élevé au niveau de la face dorsale.

### 3.3. Flavonols

La figure 33 montre l'évolution de la teneur en flavonols sur la face ventrale et la face dorsale des folioles inoculées par le parasite. La teneur en flavonols dans les folioles inoculées augmente dans le temps comparativement au témoin non inoculé pour lequel la quantité de flavonols reste stable.



**Figure 33:** Evolution de la teneur en flavonols sur folioles de pois chiche inoculées par *A. rabiei*.

L'analyse de variance montre une différence hautement significative entre les lignées et entre les différentes notations. Il existe aussi une différence hautement significative pour la teneur en flavonols entre la face ventrale et la face dorsale des folioles de chaque lignée.

## II. Discussion

L'isolat A1 appartient au pathotype III, celui-ci est connu comme étant un pathotype hautement agressif (Udupa et Weigand, 1998 ; Türkan et Dolar, 2009). Le fait qu'aucune des lignées testées (plantules entières et feuilles détachées) n'est résistante à cet isolat, renseigne sur le pouvoir pathogène de celui-ci et confirme ainsi les travaux de Mahiout et *al.* (2015) qui signalent une importante agressivité chez cet isolat.

Le pathotype I (S1), étant moins agressif que le pathotype III, certaines lignées sont donc résistantes au premier.

L'isolat A1 peut constituer une menace pour la culture du pois chiche de la région du nord ouest algérien où celui-ci a été isolé. La présence du téléomorphe (*Dydymella rabiei*) dans le cycle de vie de ce parasite contribue à la variabilité des populations du pathogène qui génèrent une nouvelle combinaison de gènes de virulence et le développement de nouveaux pathotypes (Pande et *al.*, 2005)

En effet, le pathotype III est capable de s'entrecroiser avec d'autres pathotypes et donner lieu à une descendance hautement agressive (Sharma et Ghosh, 2016) capable de s'attaquer à l'ensemble des cultures avoisinantes.

D'après Rapilly (1990), la résistance représente chez un végétal tout phénomène qui interdit ou limite le développement d'un parasite, cette propriété propre à un couple hôte – parasite se traduisant par un effet mesurable au niveau de la maladie et la tolérance contrairement aux variétés sensibles qui peuvent exprimer quelque symptômes de la maladie ou de dommage en cas de forte pression du pathogène.

Les notations de la maladie que nous avons effectuées sur plantules entières et sur feuilles détachées nous montrent que toutes les lignées sont sensibles à isolats A1 (pathotype III), résultats confirmés par ailleurs par l'évolution importante du nombre de pycnides comparativement à l'isolat S1.

La plante possède des fonctions vitales pour accomplir son développement, parmi ces dernières on cite la photosynthèse. Pour les plantes supérieures, le processus de photosynthèse se déroule sur deux phases : Une première phase de lumière ou réaction claire, durant laquelle la plante convertit l'énergie électrochimique en énergie chimique biologiquement utilisable, une deuxième phase sombre à travers laquelle les assimilats sont utilisés pour synthétiser les carbohydrates et autres composants organiques, à partir du dioxyde de carbone dans une série de réactions enzymatiques (Buchanan and Wolosiuk, 1976 ; Buchanan et *al.*, 1982 ). Le pathogène, en attaquant la plante hôte, cause une altération de cette fonction.

Il y a des pathogènes foliaires qui réduisent la surface photosynthétique du feuillage, les pathogènes des tiges et des pousses qui entraînent une diminution de la croissance en interférant avec les mouvements de l'eau et des nutriments. (Cherubini et *al.*, 2002), cela confirme nos notations qui montrent une décroissance de la teneur en chlorophylle dans le temps.

La réaction hypersensible, mécanisme de défense, est un phénomène complexe, s'accompagnant de nombreuses modifications physiologiques et biochimiques, parmi lesquelles des perturbations de la perméabilité cellulaire, une stimulation de la production d'éthylène et une synthèse intense de phytoalexines. Composés antimicrobiens de faible poids moléculaire, ces dernières sont observées chez la plupart des dicotylédones (Rouxel, 1989). La plante de pois chiche est capable de se défendre contre l'agent de l'antracnose par le biais d'autres mécanismes mis en œuvre après infection. Les nombreuses études entreprises dans le but d'expliquer la résistance et sensibilité de certains cultivars de *Cicer arietinum* contre *Ascochyta rabiei* ont mis en évidence leur capacité à accumuler des substances phénoliques (Weigand et *al.*, 1986), ces composés sont appelés des phytoalexines. On a forgé ce terme « phytoalexine » pour des molécules dont la synthèse est induite chez les végétaux en réponse à différents facteurs de stress (champignon, bactérie, virus, nématodes).

La structure chimique des phytoalexines varie considérablement selon la position taxonomique des plantes considérées et est caractéristique de la famille en cause : flavonoïdes chez les légumineuses (Lepoivre, 2003).

Le fait que la teneur en flavonols soit élevée chez les plantules de toutes les lignées sensibles au pathotype III, prouve qu'il existe un certain degré de résistance horizontale chez celles-ci, malgré leur sensibilité. Pour que la maladie se déclare, les gènes de résistance de l'hôte doivent être brisés, ceci n'implique pas que la résistance horizontale ou verticale soit pure, que les variétés aient une résistance horizontale pure ou une résistance verticale pure. Il est probable que la résistance verticale est toujours accompagnée d'une résistance horizontale. En fait, il est difficile d'imaginer ce que signifierait une résistance horizontale nulle (Van der Plank, 1968).

D'après Rapilly (1990), la résistance spécifique est l'effet d'interdire la contamination ou le développement d'un inoculum secondaire. Elle est donc absolue et spécifique aux deux partenaires et dépend de gènes agissant à l'état isolé et souvent indépendamment les uns des autres.

Ce type de résistance verticale se reconnaît théoriquement par la présence d'interactions entre une série hôte et une série de pathotypes du parasite.

Le test d'absence d'une interaction différentielle ce montre si une variété quelconque, choisie au hasard et employée séparément, est suffisante pour classer les pathotypes dans leur ordre exact, les pathotypes à interaction différentielle sont directement impliqués avec la résistance verticale (Van der plank, 1968).

Les résultats de l'AUDPC confirment la présence d'une interaction différentielle entre les lignées et les deux pathotype du fait qu'on ne peut classer les pathotypes par le choix d'une lignée au hasard, ni classer lignées par le choix d'un pathotype au hasard. Nous pensons donc que nous sommes en présence d'une résistance à l'antracnose de type verticale.

### Conclusion générale et Perspectives

L'étude du pouvoir pathogène des deux isolats d'*Ascochyta rabiei* quatre lignées de pois chiche confirme l'existence d'une variabilité pathogénique entre les isolats A1 et S1.

D'autre part nous avons pu mettre en évidence les propriétés pathogéniques d'*A. rabiei*, à travers l'impact sur le métabolisme de la plante, comme la chlorophylle.

Aucune des lignées testées n'est résistante au pathotype III. Ce dernier constitue donc une menace pour toutes les variétés de pois chiche à introduire en Algérie.

Le nombre de pycnides élevées noté chez les variétés sensibles au pathotype peut être un facteur favorable à l'explosion des épidémies de l'antracnose.

Le test des feuilles détachées n'est pas fiable pour le screening des lignées résistantes à l'antracnose ; en effet, les résultats obtenus avec celui-ci diffèrent des résultats obtenus sur plantules entières.

Les lignées du pois chiche étudiées présentent une interaction différentielle avec les deux pathotype I et III d'*A. rabiei* ce qui suppose la présence d'une résistance verticale.

La teneur élevée en flavonols chez les plantules sensibles, indique un certain degré de résistance horizontale.

Un travail de screening pour la résistance doit concerner un nombre important de lignées de pois chiche vis-à-vis du pathotype III.

La résistance du pathotype III aux fongicides peut constituer un axe de recherche pour des travaux ultérieurs qui doivent concerner un nombre plus important d'isolats.

### Références Bibliographique

- **Agrios, G.N. 1988.** Plan pathology, 4<sup>th</sup> ed. Academic Press, London ,pp 271-272
- **Amerziane, E. A. 1979.** Quelques aspects de la biologie d'*Aschochyta rabiei* (Pass.) Lab. Thèse DEA and Agronomie, université de Rennes 1. 28 p
- **Ayadi, T. 1986.** Analyse agronomiques des différents types de pois chiche : influence de la date de semi. Mémoire d'Agronomie approfondie (ENSAM ; Montpellier) p 61-70.
- **Baumgartner, A.** le pois chiche: la viande des pauvres, TABULA, 1998, NO3.p :16-19.
- **Bouznad, Z. 1989.** Contribution a les connaissances du genre *Ascochyta*. Cas particulière de l'étude biologique, ultra structurale et cyto-chimique des relations hôte-parasite chez le couple *Pisum sativum L. et Ascochyta pisi lab.* Thèse de doctorat d'état de l'université de Pierre et Marie Curie, VI, 217 p.
- **Bouznad, Z. 1991** Bilan et programme de pathologie des légumineuses alimentaires. Projet de développement agricole de Sidi Belabés.
- **Champion R., 1997.** Identifier les champignons transmis par les semences. Ed. INRA, P398
- **David J. et Khan K.S., 2001.** Effect of nitrogen application on nodulation in inoculated chickpea (*Cicer arietinum L.*) Online Journal of Biological Sciences, 1(3):87-89.
- **Davies A. M. R., and Van Der Maesan L. J. G., Maxted N., Javadi F., Coles S., 2007.** Taxonomy of the genus *Cicer* revisited. In: Yadav S. S., Reeden B., Chen W, and Sharma B (eds) Chickpea breeding and management. CAB International, Wallingford, pp 14-46.
- **Djediai S., 2011.** Etude biochimique de l'interaction entre les cals de pois chiche *Cicer arietinum L.* et le mycélium d'*Aschochyta rabiei* (Pass.) Lab., agent de l'anthracnose. Thèse de Magister, Université d'Oran, pp14-15-18.
- **Davies A.M.R and Van Der Massert I.J.G, Massif N, Jessali F ,Calus S, 2003.** Taxonomy of the germs *Cicer*.....
- **Djediai S, 2011,** Etude biochimique de l'interaction entre les cals de pois chiche (*Cicer arietinum*) et le mycélium d'*Aschochyta rabiei* (Pass.) Lab., agent de l'anthracnose thèse de magister, Université d'Oran, pp14-15-18

- **Dolar.A.Tenuata, and V.J.Higgins., 1994** Detached leaf assay for screening chickpea for resistance to *Aschochyta* blight.
- **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.
- **FAO, 2007**, <http://www.fao.org/crop/statistics/fr/>
- **FAO, 2015**, Food and Agriculture Organisation of The United Nation <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/F>
- **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%20default.aspx).
- **Gan, Y. T., K. H. M., Macleod, W. J. et Jayakumar, P. 2006.** Management options for minimizing the damage by *Aschochyta* blight (*Aschochyta rabiei*) in chickpea (*Cicer arietinum L.*). Field crops Res. 97: 121-134
- **I.T.G.C., 2013.** Séminaire régionale sur le développement des légumes secs en Algérie, Constantine
- **Iqbal S,M, Hussain T, Bahish A et Bashir M 2002**, Source of resistance in chickpea against *Aschochyta* blight disease, International Journal of Agriculture and biology, 15;183-490
- **Jan H, Wiese MV 1991** Virulence forms of *Aschochyta* affecting chickpea in the Palouse Plant Disease 75.904-906.
- **Kaiser, W.J. 1972.** Occurrence of three fungal diseases of chickpea in Iran FAO, plant prot. Bull. 20: 74-78.
- **Kaiser WJ, Coca FW, Vega S (2000 a)** First report of *Aschochyta* blight of chickpea in Latin America. Plant Disease 84: 102.
- **Ladisinsky, G., 1975.** A New *Cicer* from Turkey. Notes Roy. Bot. Gard. Edinb. (In Press) In Muehlbaauer F. J, Rajesh PN, 2008. Chickpea, a common source of protein and starch in the semi – arid tropics. PH. Moore, R Ming (eds) Genomics of tropical crop plants.
- **Labdi, M. 1990 à** Contribution à l'étude de la variabilité d'isolats d'AR., agent de l'antracnose du pois-chiche en Algérie. Diplôme d'agronomie approfondie, DAA, Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier, 36p

- **Melakhssou , Z. 2008** Etude de la nuisibilité directe des adventices sur la culture de pois chiche d'hiver (*Cicer arietinum L.*) variété ILC 3279, cas *Sinapis arvensis L.* Thèse de Magister en sciences agronomiques. Univ. El-hadj Lakhdar de Batna 72p
- **Miigroom MG, Peever TL (2003)** Population biology of plant pathogens. *Plant Disease* 87: 608-617.
- **Muehlbauer F.J. et Chwon W 2007.** Resistance to *Ascochyta* blights of cool season food legumes. *European Journal of Plant pathology*, 119: 135-141.
- **Muehlbauer, F. J. and Rajesh, P. N. 2008.** Chickpea, a common source of protein and starch in the semi- arid tropics. PH. Moore, R Ming (eds.) *Genomics of tropical crop plants*.
- **Nene Y.L. and Reddy M.V., 1987.** Chickpea diseases and their control. Pp 233–270. In: *The chickpea* (Eds.: M.C. Saxena and K.B. Singh). CAB International, Oxon, UK.
- **Nene Y.L., Sheila V.K., Sharma S.B. , 1996,** A World List of Chickpea and pigeonpea pathogens, ICRISAT, India, 5<sup>th</sup> ed. Patancheru , p :502-324.
- **Nene YI , Raddy MV 1987**
- **Nene YL (1981)** A review of *Ascochyta* blight of chickpea (*Cicer arietinum L.*). In: Saxena, M. C. et Singh, K. B. Eds. *Proceeding on workshop on Ascochyta blight and winter sowing chickpeas*, 4-7 May 1981. Alep, Syrie. ICARDA 17-33.
- **Nene YI, (1982)** A review of *ascochyta* blight of chickpea. *Tropical Pest Management*, 28: 61-70.
- **Nene YI, (1984)** A review of *ascochyta* blight of chickpea (*Cicerarietinnwn L.*). In 'Ascochyta blight and winter sowing of chickpea'. Netherlands. Eds MC Saxena and KB Singh) p. 1734. (Martinus, Nijhoff. The Hague).
- **Nene YL, ReddyMV (1987)** Chickpea diseases and their control. In *The chickpea*'. (Eds MC Saxena and K.B. Singh) pp. 233-270. (CAB International: Wallingford, UK)
- **Nene YI, Sheila VK (1992)** important disease problems of kabuli chickpea. In *Disease résistance breeding in chickpea*'. (Eds KB Singh and MC Saxena) pp. 11-22.
- **Nene, Y. L. et Reddy, M., Haware, M. P, Ghaekar, A.M, Amin.K.S. 1991.** Field diagnosis of chickpea diseases and their control information bull. ICRISAT<sup>o</sup> 28, 52p.
- **Pande S. Rao .J.N Sharma M. Padhak M. Stevewen P, 2010** Mass-screening techniques for the early selection of disease resistance in chickpea (*Cicer arietinum*): 201-233 .In *Mass Screening Techniques for Selecting Crops Resistant to Diseases* International Atomic Energy Agency publications 327p.

- **Reddy M.V. 1986** Control of seed-borne diseases of chickpea and lentil (Srivastava, J.P et Simarki L. T. Eds). Seed production and technology.207-218
- **Rhaïem A, Chérif M, Harrabi M, Strange RN (2006)** First report of *Didymella rabiei* on chickpea debris in Tunisia Tunisian Journal of Plant Protection 01 13-18
- **Saxana M, C, 1990.** Status of chickpea in Mediterranean basin CBB AM Option Mediterranean 9; 17-24
- **Singh F. and Diwakar B., 1995.** Chickpea Botany and production Practices. Skill Development series ICRISAT India., 16: 502-324.
- **Singh G and Bushan I, S, 1979** Water use, water use efficiency and yield of dryland chickpea as influenced by fertilization, stored soil water and crop season rainfall. Agricultural Water Management, 2:299-305.
- **Singh G and Diwaker H, 1995**
- **Singh K.B.; Reddy MV 1990** Patterns of résistance and susceptibility to races of *Ascochyta rabiei* among germplasm accessions and breeding Unes of chickpoa. Plantdiseasen°74 PP. 127-129.
- **Singh KB. Kumar J.B Smithson and Hawar .MP 1987.** Complementation between Genes of resistances to races 1 of *Fusarium oxysporium. Esp.Cicer* in chickpea plant pathol 36: 539-543
- **Tillard, 1986,** Modulation and introgenase activity of chickpea cultivar INRA, France, pp 378-392
- **Tawaha A.R.M Turk M.A ET KyengDoeg Lee 2005** Adaptation of chickpea to Cultural Practices in 'a Mediterranean Type Environment Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 1(2):152-157.
- **Trapero-Casas a Kaiser WJ 1992 a.** Developpement of *Didymella rabiei*, the teleomorph of *Ascochyta rabiei*, on chickpea straw. Phytopathology, 82:1261-1266
- **Wiese, M.V., Kaiser, W. J., Smith, et Muehlbauer, F.J 1995.** *Ascochyta rabiei* of chickpea.Ed . AG Communication Center. Univ. De Idaho Moscow, Russie. 4P
- **Wieltzien HC, Kaack HJ (1981)** Epidemiological aspects of chickpea *Ascochyta* blight In Acochyta bhght and winter sowing of chickpeas ICARDA, 4-7 May 1982
- Wilson A, Kaiser WJ (1995) Cytology and genetics of sexual incompatibility in *Didymella rabiei*. Mycologia 87: 795-804.7

- **Winch T., 2006.** Growing Food. A Guide to Food Production. Edss. Springer, 333p.
- Yusuf A. M., Krishnamurthy L., Saxena N. P., Rupela O. P., Kumar J. and Johansen C., 2002. Scope for genetic manipulation of mineral acquisition in chickpea. *Plant and soil*, 245:123-134.
- **Van Der Maesen, L. J. G. 1972.** *Cicer arietinum* L. a monographe on the genus with special references to the chickpea (*Cicer arietinum* L.), its ecology and cultivation. This, Agricultural University Wageningen Medad Landbouwhoge school, Wageningen., 72- 10.
- **Van Der Maesen, L. J. G. 1987.** Origine, history and taxonomy of chickpea. Pages 11- 34 In Singh, F. et Diwakar, B. 1995. Chickpea Botany and production Practices. Skill Development Series no 16 ; ICRISAT
- **Winch T, 2006** Growing Food A Guide to Food Production Edss Springer, 333p
- **Zerroug M,M Bouznad Z.; Larous L. and Strange R.N., 2007.** Production of solanapyrone a by algerian isolates of *Ascochyta rabiei* as the cause of the toxicity of culture filtrates to Chickpea (*Cicer arietinum*) seeds and seedlings. *Journal of Plant Pathology*, 89 (2), 227-232.

## Annexe 01

### 1. Composition du milieu de culture utilisé

Milieu de pois chiche CSMDA (Kaiser, 1973).

- Pois chiche 250g.
- Glucose 15g.
- Agar Agar 20g.
- Eau distillée 1000 ml.

La préparation du milieu se fait comme suit :

- Mettre 250 g de pois chiche dans une erlenmeyer avec 400 ml d'eau distillée, laisser bouillir jusqu'à 30 min sur une plaque chauffante,
- Filtrer et récupérer le jus obtenu dans une autre erlenmeyer et déposer sur plaque chauffante.
- Ajouter 20 g de glucose en remuant à l'aide d'un barreau magnétique, ensuite 30 g d'agar agar,
- Ajuster le volume avec de l'eau distillée jusqu'à 1000 ml.
- Une fois homogénéisé, le milieu est versé dans des flacons en verre bien fermés.
- l'autoclavage du milieu se fait à de 120°C pendant 20 minutes.

## Annexe 02

Evolution de l'indice d'attaque de la maladie chez les plantules des lignées de pois chiche inoculées par l'isolat A1

Isolat A1	4 dpi	6 dpi	8 dpi	10 dpi
Flip 9393C	0,59	0,9	1,33	1,47
Flip 09-430C	0,74	1,26	1,9	2,05
Flip09-320C	0,076	0,39	0,55	0,97
Flip09-387C	0,52	0,93	1,1	1,43

Evolution de l'indice d'attaque de la maladie chez les plantules des lignées inoculées par l'isolat S1.

Isolat S1	4 dpi	6 dpi	8 dpi	10 dpi
Flip 9393C	1,15	2,05	2,62	2,86
Flip 09-430C	1,46	2,44	3,01	3,24
Flip 09-320C	1,09	1,95	2,64	3,06
Flip 09-387C	1,46	2,66	3,34	3,55

### Annexe 03

#### Calcul de l'AUDPC

Tableau pour calcul de l'AUDPC, exemple pour la Flip 09-320C inoculée par S1.

temps	dpi	Indice de maladie	Intervalle de temps		
T0	0	0	0	0	0
T1	4	0,076	2	0,038	0,076
T2	6	0,37	2	0,22	0,44
T3	8	0,55	2	0,46	0,92
T4	10	0,97	2	0,76	1,52
				<b>AUDPC=</b>	<b>2,95</b>

### Annexe 04

#### Estimation du nombre de pycnides

1. Fréquence relative des pycnides sur folioles inocuées par l'isolat A1, la Flip 09-430C.

dpi	5 dpi	7 dpi	9 dpi
0	100	93,75	93,75
(1-25)	0	6,25	6,25
(26-50)	0	0	0
(51-75)	0	0	0
(76-100)	0	0	0

2. Fréquence relative des pycnides sur folioles inocuées par l'isolat S1, la Flip 09-430C.

dpi	5 dpi	7 dpi	9 dpi
0	35,13	5,4	0
(1-25)	45,94	51,35	27,02
(26-50)	18,91	24,32	45,94
(51-75)	0	18,91	13,51
(76-100)	0	0	13,51

## Annexe 04

### Mesures de teneur en azote, chlorophylle et en flavonols

- L'analyse de variance de l'indice d'attaque de la maladie plantules des lignées de pois chiche inoculées.

Azote :

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
VAR.TOTALE	11082,92	63	175,919		
VAR.FACTEUR 1	32,582	3	10,861	1,242	0,35116
VAR.FACTEUR 2	1304,596	3	434,865	49,726	0,00002
VAR.FACTEUR 3	5066,061	1	5066,061	579,295	0
VAR.FACTEUR 4	912,27	1	912,27	104,316	0,00001

Chlorophylle :

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
VAR.TOTALE	5061,871	63	80,347		
VAR.FACTEUR 1	50,561	3	16,854	11,141	0,0024
VAR.FACTEUR 2	343,528	3	114,509	75,695	0
VAR.FACTEUR 3	1447,041	1	1447,041	956,546	0
VAR.FACTEUR 4	687,484	1	687,484	454,452	0

Flavonols :

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
VAR.TOTALE	8,705	63	0,138		
VAR.FACTEUR 1	0,496	3	0,165	96,326	0
VAR.FACTEUR 2	2,386	3	0,795	463,341	0
VAR.FACTEUR 3	1,974	1	1,974	1150,131	0
VAR.FACTEUR 4	0,123	1	0,123	71,373	0,00002

Facteur 1 : lignées.

Facteur 2 : notation (dpi).

Facteur 3 : traitement (inoculée et témoin).

Facteur 4 : face ventrale et face dorsale.

**Selon le test de NEWMAN-KEULS=5%**

**Azote**

Facteur2 : notations (dpi).

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
1.0	F2n1	34,114	A		
2.0		26,56		B	
3.0		24,471		B	
4.0		22,05			C

Facteur 3 : traitement (inoculé et témoin).

F3	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	F3n1	35,696	A	
2.0		17,902		B

Facteur 4 : la face ventrale et la face dorsale.

F4	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0		30,574	A	
1.0	F4n1	23,023		B

Selon le test de NEWMAN-KEULS=5%

### Chlorophylle

Facteur 1: Lignées

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	F1n1	27,92	A	
2.0		26,615		B
3.0		26,268		B
4.0		25,454		B

Facteur2 : notations (dpi).

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
1.0	F2n1	30,103	A			
2.0		27,008		B		
3.0		25,214			C	
4.0		23,932				D

Facteur 3 : traitement (inoculé et témoin).

F3	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	F3n1	31,319	A	
2.0		21,809		B

Facteur 4 : la face ventrale et la face dorsale.

F4	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0		29,842	A	
1.0	F4n1	23,287		B

Selon le test de NEWMAN-KEULS=5%

### Flavonols

Facteur 1: Lignées

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
1.0	F1n1	1,359	A			
4.0		1,22		B		
3.0		1,172			C	
2.0		1,124				D

Facteur2 : notations (dpi).

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
4.0		1,49	A			
3.0		1,296		B		
2.0		1,112			C	
1.0	F2n1	0,978				D

Facteur 3 : traitement (inoculé et témoin).

F3	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0		1,394	A	
1.0	F3n1	1,043		B

Facteur 4 : la face ventrale et la face dorsale.

F4	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	F4n1	1,263	A	
2.0		1,175		B



## **Abstract**

The work presented in this document contributes to the study of the anthracnose of chickpea (*Cicer arietinum* L.), disease caused by *Ascochyta rabiei*, present in Algeria and in several countries of the world.

The reaction of four chickpea lines belonging to ICRISAT (Flip 09-320C, Flip 09-387C, Flip 09-430C, Flip 9393C) was studied with respect to two pathotypes of *A. Rabiei*, pathotype I (weakly aggressive) and pathotype III (highly aggressive). Two techniques are used: technique of inoculation of whole seedlings and technique of detached leaves.

The results confirm the existence of pathogenic variability in *Ascochyta rabiei* and a difference in susceptibility in the inoculated chickpea lines, whether it is the technique using whole seedlings or detached leaves. The technique of inoculation of the whole seedlings shows that all the tested lines are very sensitive to pathotype III (attack index equal to 9, on the rating scale of Singh et al., 1981), where as two lines are sensitive (Flip 09-320C and Flip 09-387C) and two resistant (Flip 9393C and Flip 09-430C) to Pathotype I.

The detached leaf technique does not show any difference between the lines inoculated with pathotype I, but it confirms the results obtained by the technique of whole seedlings, the sensitivity of all the lines to pathotype III .

After inoculation of two weeks old seedlings with a pathotype III isolate, measurements of three parameters (nitrogen, chlorophyll and flavonols) were carried out on the ventral surface and the dorsal surface of a leaflet per seedling, according to a kinetic over time (5, 7 and 9 dpi). The analysis of variance shows a highly significant difference between the two faces of the leaflet for all the parameters studied and the notations performed over time. A highly significant difference is noted between the lines for chlorophyll and flavonol parameters. There is also a highly significant difference between the control and the inoculated for the nitrogen parameter. The nitrogen content decreases in the inoculum in a highly significant manner compared to the control.

**Key words:** *Ascochyta rabiei*, *Cicer arietinum*, pathotypes, reaction of chickpea, nitrogen, chlorophyll and flavonol.