

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE**

**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA-1**

**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE**

**DEPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES**

## **THEME**

**Comportement de quelques populations de fève (*Vicia faba*) d'origine espagnole vis-à-vis des deux maladies tâche chocolat et rouille**

**Mémoire de Fin d'Etudes**

En vue de l'obtention du diplôme Master 2

**Spécialité : Biologie des Interactions Plantes Micro-organismes (BIPM)**

Présenté par : **BOURKAIB Mohammed**

Soutenu devant le jury :

<b>Présidente : BENOUSSAID N.</b>	<b>M.A.A</b>	<b>USD-Blida1</b>
<b>Promoteur : BENCHABANE M.</b>	<b>Professeur</b>	<b>USD-Blida1</b>
<b>Examinatrices : AIGOUNE W.</b>	<b>Doctorante</b>	<b>USD-Blida1</b>
<b>TOUDJI F.</b>	<b>Doctorante</b>	<b>USD-Blida1</b>

**ANNEE UNIVERSITAIRE : 2014/2015**

## **PARTIE I**

# **ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE**

## Partie I : Analyse Bibliographique

### 1. GENERALITE SUR LA FEVE

La fève (*Vicia faba L*) est une dicotylédone herbacée annuelle, du genre *Vicia* appartenant à l'embranchement des Spermaphytes (sous embranchement des Angiospermes) (Dajoz, 2000). Cette légumineuse est parmi les plus anciennement connues; originaire d'Asie Centrale cultivait il y a près de 10 000 ans. Elle répondra ensuite à tout l'hémisphère nord (Zaidi et Mahiout, 2012).

Au Maghreb, la fève et la féverole sont les légumineuses à graines, les plus cultivées pour l'alimentation humaine suivies du pois chiche (*Cicer arietinum T*), le Pois (*Pisum sativum C.*), la lentille (*Lens culinaris L.*), le haricot (*phaseolus vulgaris L.*) (Kharrat *et al.*, 2002). En Algérie, la fève présente une importance particulière parmi les légumineuses alimentaires, soit 44,3 % de la superficie totale réservée à cette catégorie de culture (Boussad et Doumandji, 2004), cette proportion a enregistré de fortes régression ces derniers années. Elles représentent, en milieu rural et au niveau des ménages à revenus limités, une grande part de la ration alimentaire (Amamra, 2002).

#### 1.1 POSITION SYSTEMATIQUE DE LA FEVE

##### 1.1.1 Classification classique

Les légumineuses alimentaires constituent une grande famille, avec quelques 690 genres et environ 18 000 espèces, dont fait partie la fève qui est une plante herbacée annuelle, appartenant à celle des Fabacées (Peron, 2006). Selon Kolven (1976), la fève est classée comme suit :

Embranchement	Spermaphytes
Sous- embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous-classe	Dialypétales
Série	Calciflores
Ordre	Rosales
Famille	Fabacées
Sous famille	Papilionacées
Tribu	Viciées
Genre	<i>Vicia</i>
Espèce	<i>Vicia faba L.</i>

### 1.1.2 Classification phylogénétique

Selon Chase et Reveral (2009), la fève est classée comme suit :

Règne	Plante
Clade	Angiospermes
Clade	Dicotylédones
Clade	Fabidées
Ordre	Fabales
Famille	Fabaceae
Sous famille	Papilionioideae
Tribu	Fabeae
Genre	Vicia
Espèce	<i>Vicia faba</i> L.

### 1.1.3 Description de l'espèce

*Vicia faba* est une plante herbacée annuelle présentant une tige simple, dressée, creuse et de section quadrangulaire, sans ramification se dressant à plus d'un mètre de haut (Peron, 2006).

Les feuilles, alternes de couleur vert glauque ou grisâtre, composées-pennées, sont constituées par 2 à 4 paires de folioles amples et ovales (Chaux et Foury, 1994).

Selon Maoui *et al.* (1990), la fève possède des inflorescences en grappe de 4 à 5 fleurs en moyenne, situées à l'aisselle des feuilles. Les fleurs sont de couleur blanche ou faiblement violacée (Chaux et Foury, 1994).

Les fruits sont des gousses pendantes noircissant à la maturité (Laumonier, 1979). Les graines sont charnue, vertes et tendres à l'état immature, à complète maturité, elle développe un tégument épais et coriace de couleur brun-rouge, à blanc verdâtre et prend une forme aplatie à couleur presque circulaire (Chaux et Foury, 1994).

## 1.2 EXIGENCES CLIMATIQUES ET EDAPHIQUES

La fève se cultive dans les régions tempérées et subtropicales comme une culture d'hiver, et comme une culture de haute altitude sous les tropiques. Elle ne convient pas aux basses terres tropicales, où elle fleurit mais ne produit en général pas de gousses. Une température quotidienne moyenne aux alentours de 13 °C est optimale pour sa croissance. Elle préfère les sols profonds, peu acides, bien drainés et presque neutres (pH de 6,5 à 7,5) avec une alimentation hydrique régulière (Sibennacheur, 2007). Vu qu'il s'agit d'une espèce fixatrice de l'azote atmosphérique, aucun apport n'est, théoriquement, nécessaire sauf au début du cycle

quand la nodulation n'a pas encore lieu (Malki *et al.*, 1999). Elle ne tolère pratiquement pas l'asphyxie ou la sécheresse (Jarso et Keneni, 2006).

### 1.3 INTERET AGRO-ALIMENTAIRE

*Vicia faba* comme toutes les légumineuses alimentaires, contribue à la enrichissement du sol en éléments fertilisant, dont l'incidence est positive sur les performances des cultures qui les suivent, notamment le blé (Khaldi *et al.*, 2002). Selon Hamadache (2003), la fève améliore aussi sa structure par son système racinaire puissant et dense. En plus de son intérêt nutritionnel, elle est introduite en rotation avec les céréales, où elle joue un rôle non négligeable dans l'enrichissement des sols en azote (Rachef *et al.*, 2005). C'est l'une des légumineuse à grains les plus communes, utilisée pour la consommation humaine et animale (Goyoaga *et al.*, 2011). Elle constitue un aliment nutritif très important surtout pour les populations à faible revenu, qui ne peuvent pas toujours s'approvisionner en protéine d'origine animale (Daoui, 2007).

Selon Adrian *et al.*, (2002), affirment que la fève possède des caractéristiques nutritionnelles intéressantes pour l'équilibre nutritionnel. Elle est riche en protéines végétales (4,5 g aux 100 g) et en glucides (10 g aux 100 g), elle fournit des quantités appréciables de vitamines du groupe B (en particulier B3, B5 et B9 ou Acide Folique) et, ce qui est inattendu pour une graine de légumineuse, de vitamine C (28 mg aux 100 g). Elle représente aussi une source non négligeable de minéraux et d'oligo éléments, notamment de potassium, de magnésium et de fer. Enfin, grâce à sa teneur élevée en fibres (6,5 g aux 100 g), elle contribue efficacement à la couverture des besoins de l'organisme, et à la lutte contre la presse intestinale (**Annexe 2**).

Les graines de la fève (*Vicia faba* : variété major) sont incorporées dans la composition d'aliments du bétail, lorsqu'elles sont disponibles en grandes quantités, quant aux graines *Vicia faba* : variété minor, elles sont utilisées pour l'engraissement des animaux (Maatougui, 1996).

D'après Fatemi (1998), l'évolution du niveau de consommation animale suit de près la tendance de la consommation humaine, ainsi la contribution de la fève à l'alimentation animale est en augmentation.

## 1.4 PRINCIPALES VARIETES CONNUES EN ALGERIE

Essentiellement, Il existe quatre variétés de fèves et de féverole en Algérie, qui sont :

**Séville** : variété précoce à gousses longues, renferment 5 à 6 grains volumineux (**Figure 1 a**). Sa tige est d'une hauteur de 70 cm, se distinguant des autres variétés par la couleur de son feuillage, d'un vert assez franc (Chaux et Foury, 1994). Ses gousses présentent une largeur d'environ 3 cm et une longueur de 25 cm (Laumonier, 1979).

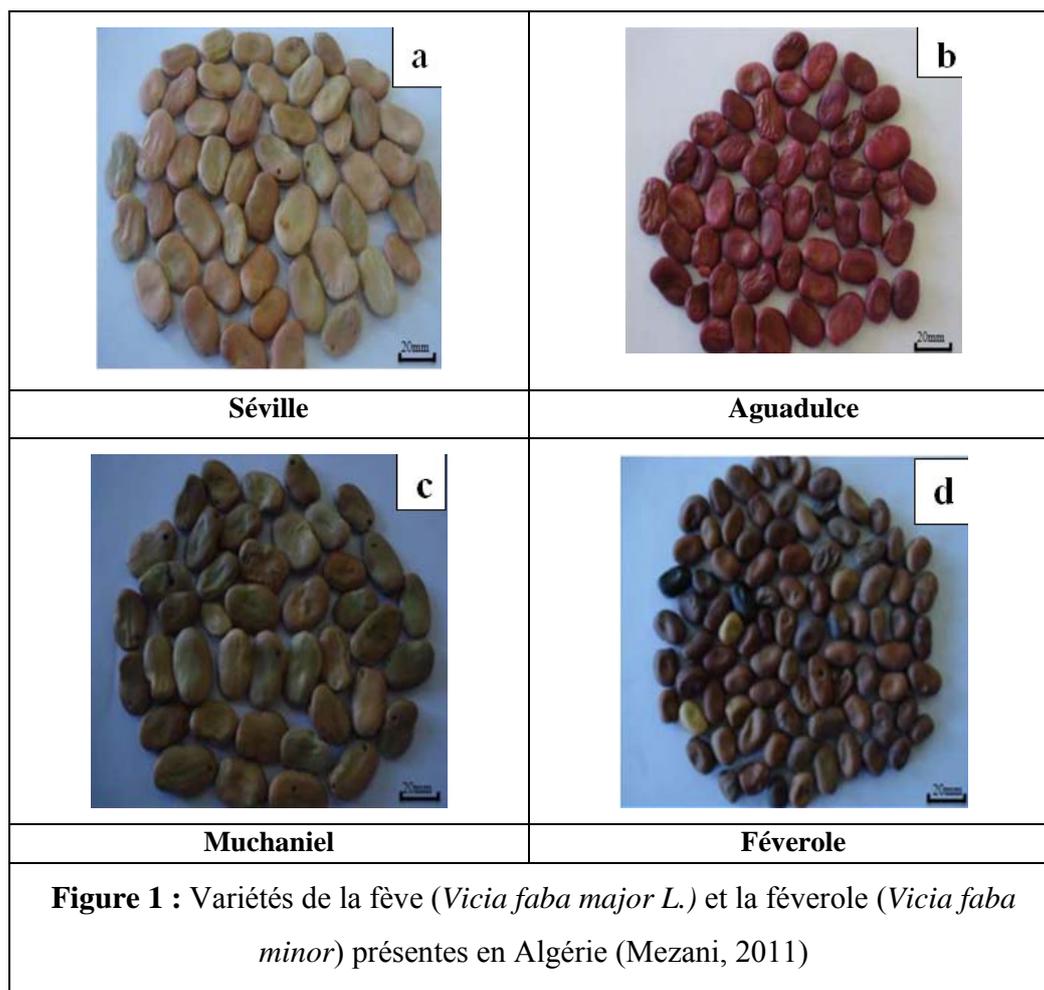
**Aguadulce** : variété demi précoce, très répandue en culture, se caractérise par une végétation haute de 1,10 à 1,20 m et possède des gousses de couleur vert franc, volumineuse et très longue, pouvant atteindre 20 à 25 cm renfermant 7 à 9 graines (**Figure 1 b**). Cette variété très productive (Chaux et Foury, 1994), elle est introduite avec la Séville d'Espagne (Zaghouane, 1991).

**Muchaniel** : variété très précoce, elle a des gousses de couleur vert clair, de 20 cm de longueur en moyenne, renfermant 5 à 6 grains blancs (**Figure 1 c**), elle est très productive (Chaux et Foury, 1994).

**Sidi Moussa** : variété sélectionnée à EL-Harrach en 1965, elle est convenable à tous les sols, résiste aux maladies cryptogamiques (*Botrytis*), aux insectes (*Aphis fabae*), aux plantes parasites (*Orobanche sp*) et aux nématodes (Zaghouane, 1991).

**Féverole** : possède un système racinaire très repoussant et structurant, et de surcroit l'une des plus performantes, en matière de fixation de l'azote (Thomas, 2008). Les graines de féverole sont de forme ovale, plus ou, moins régulière et parfois rétrécie en leur milieu suivant les variétés, de couleur allant du brun au rouge foncé (**Figure 1 d**). Selon Lebreton *et al.* (2009), la féverole n'est pas sensible à l'Aphanomyces du pois, de plus les limaces sont très peu friandes de féverole, voir les repoussent et préfèrent les autres plantes, ce qui en fait une plante assez facile à installer et réussir (Thomas, 2008).

En Algérie, la seule variété de féverole cultivée est «Sidi Aich» (Zaghouane, 1991).



## 1.5 SUPERFICIES ET PRODUCTIONS

### 1.5.1 Dans le monde

En 2012, la production mondiale a été estimée à plus de 4 564 769 tonnes avec une surface de 2 514 209 ha et un rendement moyen de 18 155 Hg/ha (FAOSTAT, 2013). La Chine, le Royaume-Uni et l’Ethiopie constituent les principaux producteurs (**Annexe 3**). Les pays du Bassin Méditerranéen assurent presque 25 % de la surface en production mondiale, elle est cultivée sur plus de trois millions d’hectares (Saxena, 1991).

### 1.5.2 En Algérie

La fève est semée en automne et fleurir entre février et avril (Benachour *et al*, 2007), elle est cultivée sur l’ensemble des zones agro écologiques d’Algérie. Au niveau des zones littorales et sub-littorales. A l’Ouest, elle est cultivée principalement dans les wilayas de Tlemcen,

Mascara, Ghelizane, Ain-Témouchent, Sidi-Bel-Abbès, Mostaganem et Chlef. A l'Est, on la trouve à Skikda, Bejaia et Ghuelma (Maatougui, 1996).

**Tableau 1** : Superficie et Rendement de la fève et de la fève verte et en sec en Algérie  
(MADR : Ministère d'Agriculture et de Développement Rural, 2012).

Compagne agricole	Superficie (ha)		Production (qx)		Rendement (qx/ha)	
	verte	sec	verte	sec	verte	sec
2002-2003	23 100	34 050	1 764 070	307 000	76,4	9,0
2003-2004	22 727	36 777	1 734 800	320 530	76,3	8,7
2004-2005	23 284	35 082	2 075 000	268 860	89,1	7,7
2005-2006	24 661	33 537	1 778 826	242 986	72,1	7,2
2006-2007	21 696	31 284	1 699 504	279 735	78,3	8,9
2007-2008	23 180	30 688	1 746 461	235 210	75,3	7,7
2008-2009	24 958	32 278	2 014 797	364 949	80,7	11,3
2009-2010	27 782	34 210	2 483 465	366 252	89,4	10,7
2010-2011	27 937	37 090	2 487 374	379 818	89,0	10,2
2011-2012	29 567	36 835	2 577 002	405 070	87,2	11,0
<b>Moyenne</b>	<b>22 727</b>	<b>34 183</b>	<b>1 862 875,33</b>	<b>317 041</b>	<b>81,38</b>	<b>9,24</b>

Il en ressort de ces données (**Tableau 1**), que la superficie moyenne réservée est de 34 183 ha pour la fève sèche et de 22 727 ha pour la fève verte; elle présente des variations d'une année à une autre, ce qui influe sur la production qui varie aussi, dont la moyenne de dix années est de 317 041 qx pour la fève sèche et de 1 862 875,33 qx. Nous constatons également des fluctuations du rendement, qui présente une moyenne de 9,24 qx/ha pour la fève sèche et 81,38 qx/ha pour la verte.

Le rendement maximal a été noté durant la compagne agricole 2008-2009 avec 11,3 qx/ha (fève sèche) et 89,1 qx/ha durant la compagne 2004-2005. Le rendement minimal a été enregistré durant l'année 2005-2006 pour la fève sèche (7,2 qx/ha) et verte (72,1 qx/ha). Ces variations du rendement peuvent être expliquées, par l'adaptation en majorité d'une conduite culturale classique, des conditions climatiques défavorable en plus des maladies.

La culture de la fève est soumise à un certain nombre de contraintes abiotiques, qui limitent sa production, son développement et son extension tel que le froid hivernal et les gelées printanières qui provoquent la coulure des fleurs et la mortalité des plantes dans la zone des hauts

plateaux et les plaines intérieures (Maatougui, 1996). La sécheresse constitue un facteur limitant de la production dans les hauts plateaux et les plaines côtières, car la culture de la fève exige beaucoup d'eau (Gerard, 1990) par contre les rendements deviennent plus importants, en milieux irrigués (Green *et al.*, 1986). Dans les zones Sahariennes et les plaines intérieures, le Sirocco affecte la production de la gousse et limite aussi la grosseur des graines, notamment dans les zones Sahariennes, où les fèves sont irriguées avec des eaux assez chargées en Sodium. L'effet du sel sur les plantes et sur les propriétés physiques et chimiques du sol réduit la productivité (Maatougui, 1996).

De nombreux facteurs d'ordre économique et technique influent sur les faibles productions enregistrées sur les légumineuses en général et la fève en particulier (Amamra, 2002, Feliachi, 2002). Ces contraintes constituent un handicap pour le développement intensif, car le niveau de technicité des agriculteurs est insuffisant. Ces derniers sont freinés par le manque de mains d'œuvres, ainsi que son coût très élevé (Zaghouane, 1991).

## 2. LES CONTRAINTES BIOTIQUES

En plus des maladies parasitaires la fève est sujette à des attaques des ravageurs, des adventices et des plantes parasites (**Annexe 4**).

### 2.1 ADVENTICES

Les plantes parasites constituent un problème sérieux et néfaste. Les fèves sont très sensibles à la concurrence de ces adventices. L'inefficacité et la non maîtrise du désherbage entre et sur les lignes de semis entraînent d'importantes chutes de rendement (Bouznad *et al.*, 2001). Les adventices de la fève réduisent considérablement les rendements, les pertes peuvent aller de 50 à 66 % (Hamadache *et al.*, 1996).

### 2.2 L'OROBANCHE (PLANTES PARASITES)

La fève peut être parasitée par 3 espèces d'orobanche : *Orobanche crenata* (**Figure 2 a**), *Orobanche foetida* (**Figure 2 b**) et *Phelipanche aegyptiaca* (Pérez-de-luque *et al.*, 2010).

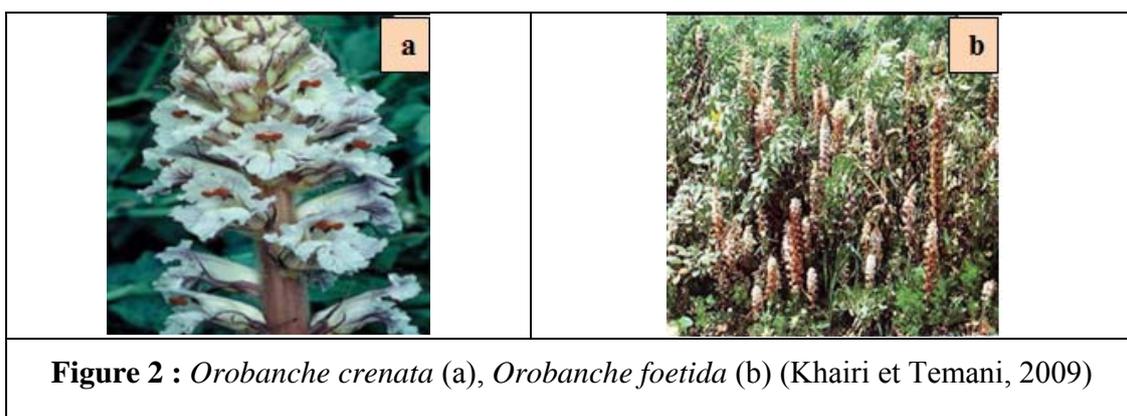
L'orobanche peut produire jusqu'à 200 000 graines, ces dernières restent en dormance dans le sol jusqu'à ce qu'elles reconnaissent les racines de leurs plantes hôtes et germent. Les plants d'orobanches adhèrent à la surface des racines de la plante hôte et finissent par pénétrer à

travers le cortex, l'endoderme et cylindre centrale par des pressions mécaniques et des activités enzymatiques (Stoddard *et al.*, 2010).

Maalouf *et al.*, (2011) rapportent que les différentes espèces d'orobanche sont des plantes holoparasites dépourvus de chlorophylle qui peuvent survivre et se développer en absorbant les glucides du phloèmes et de l'eau et les minéraux du xylème de leur plante hôte.

Au cours des semaines suivantes, la plante parasite développe un tubercule à la surface racinaire de plante hôte produisant des pousses florifères qui émergent du sol et qui produisent des graines (Stoddard *et al.*, 2010).

En Algérie, ce parasite cause des déprédations sur tout le littoral Algérois, la Mitidja et dans les zones sahélienne Oranaise (Ait-Abdellah et Hamadache, 1996).



### 2.3 RAVAGEURS

Les principaux ravageurs (**Tableau 2**) reconnus avec leur dégats et dommages sur la fève sont, particulièrement le puceron noir (*Aphis fabae*) (**Figure 3**), *Bruchus rufimanus* (**Figure 4**), *Sitona lineatus* (**Figure 5**) et les nématodes (*Ditylenchus dipsaci*) (**Figure 6**).

Tableau 2 : Les principaux ravageurs de fève

Agent causal	Symptômes
<i>Aphis fabae</i>	 <p data-bbox="571 595 1299 629"><b>Figure 3 :</b> Attaques de puceron sur la fève (Nicole, 2014)</p>
<i>Bruchus rufimanus</i>	 <p data-bbox="499 936 1370 1003"><b>Figure 4 :</b> Les dégâts de <i>Bruchus rufimanus</i> sur les graines (Baudart, 2014)</p>
<i>Sitona lineatus</i>	 <p data-bbox="580 1301 1289 1335"><b>Figure 5 :</b> Attaque foliaire par la Sitone (Moquet, 2014)</p>
Nématodes <i>Ditylenchus dipsaci</i>	 <p data-bbox="499 1675 1370 1709"><b>Figure 6 :</b> Dégât de <i>Ditylenchus dipsaci</i> sur la fève (Delphine, 2009)</p>

## 2.4 LES MALADIES

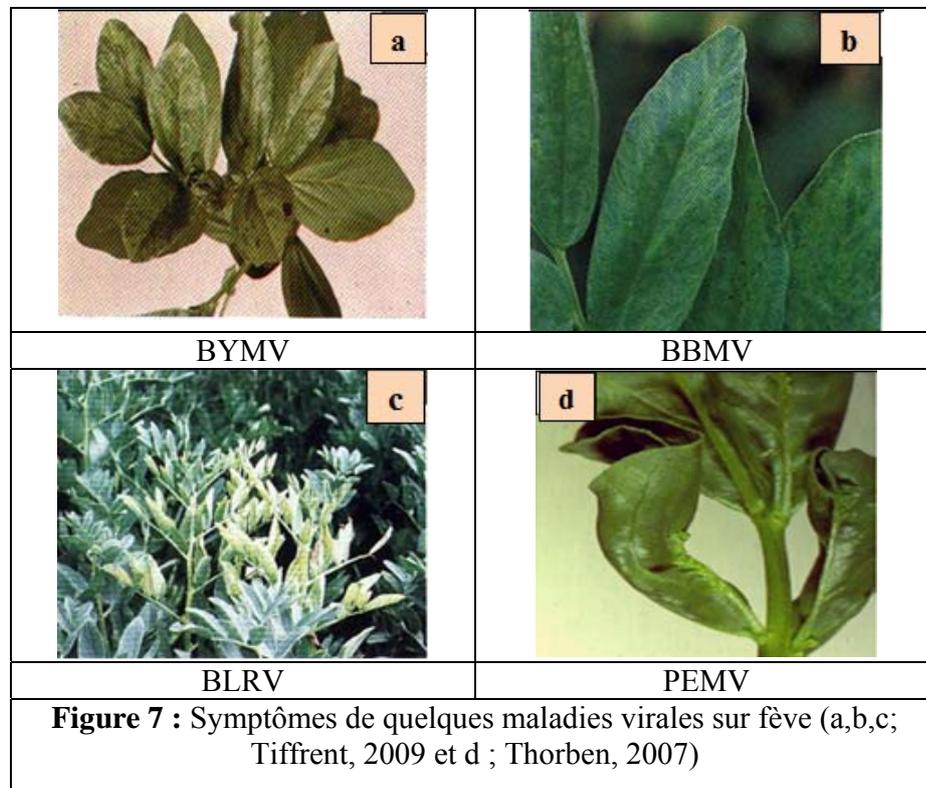
La fève aussi peut être attaquée par diverses maladies bactériennes, virales et fongiques.

### 2.4.1 Bactéries

La fève susceptible d'être attaquée par des bactéries, telles que *Bacterium phaseoli*, *Bacterium vicia*, *Pseudomonas viciae* (Muehlbauer *et al.*, 1997). En Algérie, aucune étude précise ne fait état de maladies bactériennes de la fève (Sahli, 2004).

### 2.4.2 Virus

Les virus sont pour la plupart disséminés par des vecteurs (pucerons, nématodes, coléoptères) et certains d'entre eux sont transmis par semence. Les travaux menés en Algérie ont permis de mettre en évidence l'existence de huit virus dont les plus importants sont : *Bean yellow mosaic virus* (BYMV) (**Figure 7 a**), *Broad Bean Mottle Virus* (BBMV) (**Figure 7 b**), *Bean Leaf Roll Virus* (BLRV) (**Figure 7 c**), *Pea Enation Mosaic Virus* (PEMV) (**Figure 7 d**) et *Afalfa mosaic virus* (AMV) (Ouffroukh et Aggad, 1996). Le *Faba Bean Necrotic Yellow Virus* (FBNYV) est l'un des premiers virus identifié dans l'Est de l'Algérie. Il provoque une mosaïque, une jaunisse et des nécroses sur les feuilles (Allala *et al.*, 2001).

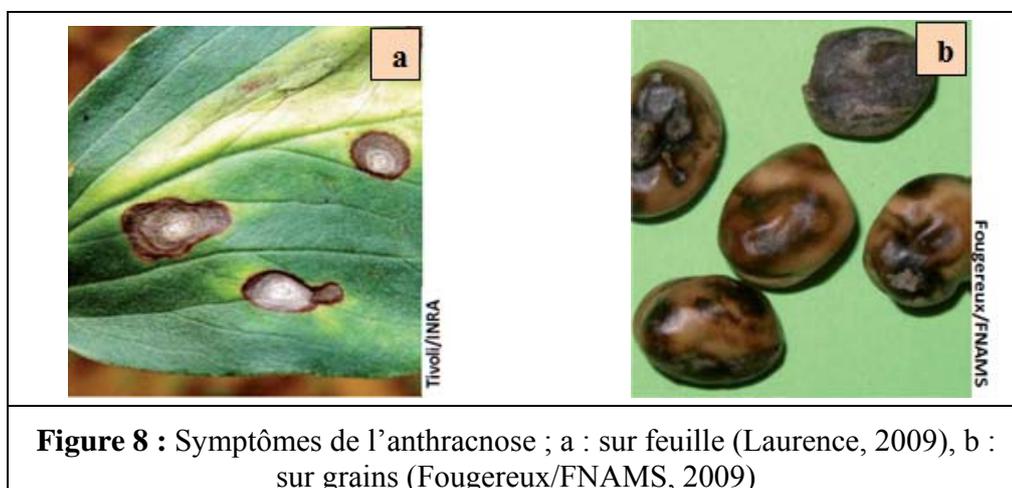


### 2.4.3 Champignons

En plus des deux maladies la tâche chocolat et la rouille l'objet de notre étude, la fève peut être attaquée par les principales maladies fongiques suivantes :

#### Anthracnose

L'anthracnose causée par *Ascochyta fabae*, elle se manifeste par des petites taches claires, qui évoluent en grosses taches sur les feuilles (**Figure 8 a**). Cette maladie entraîne des dégâts dès la levée de la végétation et provoque l'éclatement des tiges et des gousses (**Figure 8 b**) (Planquaert et Girard, 1987). Elle provoque aussi des pertes de rendement élevées, allant jusqu'à 30% (Boizet *et al.*, 2014).



#### Alternariose

L'alternariose est causée par *Alternaria alternata*, elle provoque surtout des dégâts en climat continental, chaud et sec, mais est accentuée en culture irriguée. L'alternariose est favorisée par la sénescence des plantes et des conditions climatiques bien précises : température de (20-25 °C) et rosée pendant la nuit pour permettre l'infection : et l'alternance de périodes humides et ensoleillées pour la formation des conidies et la sporulation. La dispersion des spores est assurée par le vent et les éclaboussures de pluie. Les symptômes sur les feuilles sont des taches nécrotiques, bien délimitées, de taille variables, situées plutôt sur les feuilles du bas ; et la présence d'anneaux concentriques sur les taches importantes. Sur les gousses, l'alternariose se

manifeste par des pourritures brunes à noires, très sèches, assez typiques, avec une dépression (Kharrat *et al.*, 1996).

### Les pourritures de racine

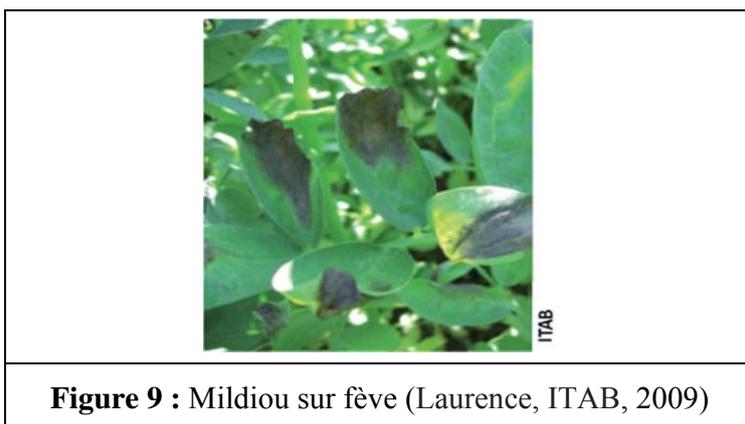
Les pourritures de racine causées surtout par *Fusarium sp* et *Verticillium sp*. Les dégâts causés sont importants. La fusariose est causée par *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani* et *Fusarium avenaceum* (Bernier *et al.*, 1984). Elle cause des pertes de 40% en Chine, au Japon et au Soudan (Koike, 2007). Lorsque la maladie est précoce, elle se traduit par une fonte de semis. Lorsqu'elle est tardive, des pourritures apparaissent et des altérations du feuillage surviennent (Singh *et al.*, 1986). Ces altérations peuvent également être causées par *Verticillium sp*.

### Mildiou

La maladie est causée par *Peronospora vicia*, elle apparaît au début du printemps et progresse sur la culture durant la floraison jusqu'à la formation des gousses (Maufras, 1985), lors d'attaques précoces (contamination primaire), le mildiou entraîne le nanisme des plantes puis la déformation et la décoloration des tiges et pétioles, et un dessèchement de la partie terminale des plantes (Bouttet *et al.*, 2014).

Dans le cas d'attaques plus tardives, souvent de mi-juin à juillet, (contamination secondaire), on observe des zones décolorées sur la face supérieure des feuilles (**Figure 9**), puis un feutrage mycélien gris-blanc sur la face inférieure. Les zones touchées finissent par se dessécher (Bouttet *et al.*, 2014).

Lors d'attaques pendant la floraison, le dessèchement peut affecter tous les étages florifères, entraînant l'avortement des fleurs. Les gousses et les graines en formation peuvent être contaminées par le parasite. Le matériel infecté se nécrose rapidement et prend une couleur brune (Bouttet *et al.*, 2014).



### **Pourriture blanche**

La pourriture blanche est provoquée par *Sclerotinia trifoliorum*, les plantes attaquées au collet par ce champignon, se décomposent localement. On observe un feutrage mycélien blanc et des sclérotés noirs, assez gros. La maladie sévit en conditions d'humidité persistante (Moreau et Leteinturier, 1997).

### **Oidium**

L'*Oidium* est moindre importances et est causé par *Leveillula taurica*. Les symptômes sont des taches jaunes sur la face supérieure des feuilles adultes et un feutrage blanc poudreux à la face inférieure, en correspondance des taches. Les parties atteintes brunissent ultérieurement, se dessèchent et se déchirent facilement. Souvent les feuilles attaquées perdent de leur consistance et le limbe peut se replier vers le haut marquant le début du déclin progressif de l'appareil aérien (Labdi *et al.*, 1996).

### 3. MALADIE TÂCHE CHOCOLAT

#### 3.1 REPARTITION ET IMPORTANCE

La maladie « tâche chocolat » peut être causée principalement par deux champignons, l'un est relativement polyphage (*Botrytis cinerea*) et l'autre spécifique à la fève (*Botrytis fabae*). Cette maladie est très répandue dans le monde et est rencontrée sur les cinq continents. Elle est signalée dans la totalité des pays du Maghreb où les pertes ont été évaluées à 60 % au Maroc et 80 % en Tunisie; son incidence et sa fréquence varient de 90 % à 100 % (Sayoud *et al.*, 1999).

En Algérie, elle a été signalée pour la première fois par Neergaard *et al.* (1979), et provoque des conséquences graves sur le rendement (Bouznad *et al.*, 2001). Par ailleurs, il a été montré que *B. fabae* et *B. cinerea* causent des symptômes similaires sur leur plante hôte, la fève (Bouznad *et al.*, 2011).

#### 3.2 MORPHOLOGIE ET CYTOLOGIE DU CHAMPIGNON

La classification établie par Agrios (1997) est la suivante :

Règne	Eumycota
Embranchement	Ascomycota
Classe	Deuteromycota
Ordre	Moniliales
Famille	Moniliaceae
Genre	<i>Botrytis Micheli</i>
Espèces	<i>Botrytis cinerea Pers.</i> <i>Botrytis fabae Sard.</i>

La forme parfaite de *Botrytis cinerea* est *Botrytis fuckeliana* (De Bary) whetz. est extrêmement rare dans la nature et ne semble pas jouer un rôle important dans son cycle biologique (Messiaen *et al.*, 1991). La forme sexuée de *Botrytis fabae*, longtemps restée inconnue, est actuellement connue sous le nom de *Botrytis fabae* Y. Lu et T.H Wu. La classification des deux espèces est désormais la suivante (Dictionary of the Fungi, 9th ed., 2001) :

Règne	Fungi
Embranchement	Ascomycota
Classe	Ascomycetes

Ordre	Héliotiales
Famille	Sclerotiniaceae
Genre	<i>Botryotinia</i>
Espèces	<i>Botryotinia fuckeliana</i> (De bary) whetz. <i>Botryotinia fabae</i> Y. Lu et T.H Wu

Morphologiquement, ces deux espèces ne sont pas très différentes : elles possèdent des conidies hyalines et unicellulaires, globulaires à ovoïdes (Semal, 1989) disposées en bouquets et attachés sur des stigmates simples (Barnes, 1979). Ces dernières sont situées à l'extrémité de conidiophores dressés et ramifiés (Barnett et Hunter, 1972). *Botrytis fabae* se distingue de *Botrytis cinerea* par des grands conidies (Messiaen *et al.*, 1991) et par des sclérotés petits et abondants (Onfroy, 1997).

### 3.3 SYMPTOMATOLOGIE

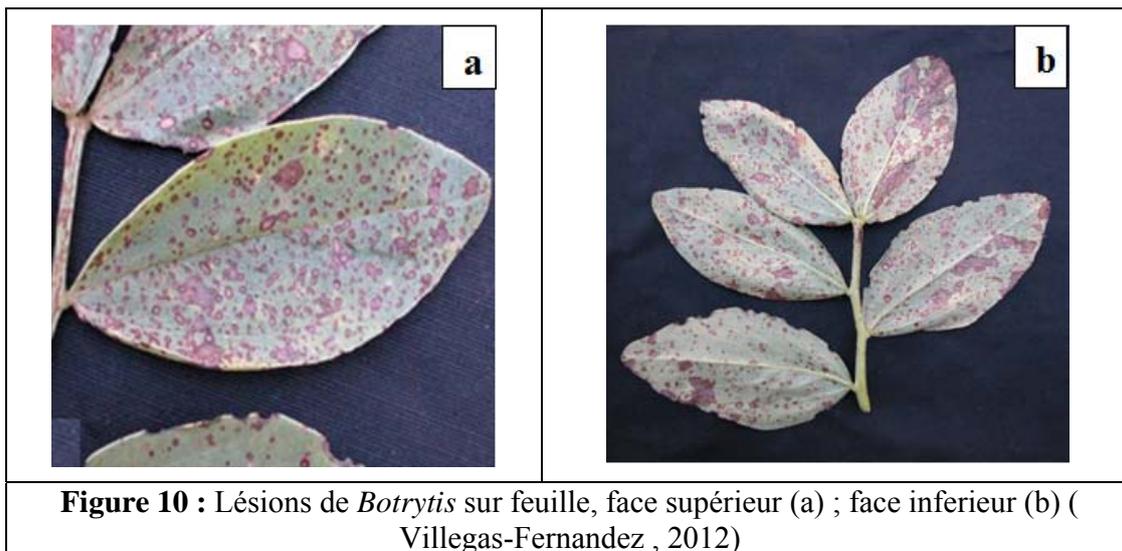
Lorsque Sardina (1929) décrit *Botrytis fabae* pour la première fois, il établit une distinction avec *Botrytis cinerea*. Cependant, il considère que les deux espèces sont capables d'infecter la fève et provoquent la maladie «tâches chocolat» (Harrison, 1983 ; Harrison 1984). L'appellation de la maladie est relative à la couleur des lésions qu'elle provoque.

Les attaques de *Botrytis* s'expriment sur l'ensemble de la partie épigée de la plante, notamment sur les feuilles, où la maladie est bien caractérisée. Les tiges, les fleurs et les gousses peuvent également être attaquées, durant la phase agressive de la maladie (Sayoud *et al.*, 1999). Il existe deux formes d'attaques de *Botrytis* selon les conditions climatiques (agressive et non agressive).

#### 3.3.1 Sur feuille

Les premiers symptômes de la maladie, apparaissent deux mois après la levée et se caractérisent par l'apparition de tâche ponctiformes de 1-2 mm de diamètre, de couleur brun rougeâtre (**Figure 10**) (Sayoud *et al.*, 1999). Les lésions demeurent limitées et ne progressent pas (Roger, 1955). Cette forme d'attaque est qualifiée de «non agressive» et se manifeste lorsque les conditions d'humidité et de température, sont défavorables au développement du tube germinatif (Gourley et Delbridji., 1973 ; Bernier *et al.*, 1984 ; Maufra, 1985).

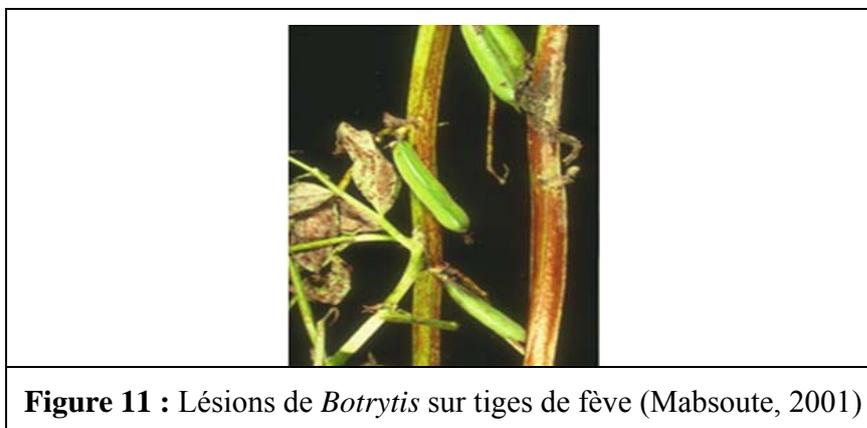
La phase agressive se manifeste par temps humide (95 % à 100 % d'humidité relative) et doux (18 °C à 20 °C). Le champignon progresse à travers les tissus foliaires, les lésions deviennent coalescentes et peuvent atteindre 10 à 15 mm de diamètre. Elles présentent une couleur brun-noirâtre et un contour irrégulier. Il apparaît des zones de couleur grise au centre des nécroses correspondant aux conidies qui constituent l'inoculum secondaire, à l'origine de nouvelles lésions (Sayoud *et al.*, 1999).



**Figure 10** : Lésions de *Botrytis* sur feuille, face supérieur (a) ; face inférieur (b) (Villegas-Fernandez, 2012)

### 3.3.2 Sur tige

Les symptômes apparaissent sous forme de stries longitudinales, de couleur chocolat, elles évoluent en nécroses brunâtres (**Figure 11**) (Maufras, 1985). La longueur des lésions peut aller de 5 à 10 cm (Sundheim, 1973). En fin de végétation, des sclérotés peuvent se former au creux des tiges ou sur les débris végétaux et constituent un moyen de conservation du champignon (Harrison, 1978).



**Figure 11** : Lésions de *Botrytis* sur tiges de fève (Mabsoute, 2001)

### 3.3.3 Sur les fleurs

La formation de petites taches circulaires de couleur brune est observée, elles s'étendent rapidement en provoquant la pourriture et le dessèchement des pièces du périanthe. Les gousses attaquées présentent de petites taches ponctiformes en relief, elles se développent ultérieurement en pourritures brunes. Par la suite, on assiste au dessèchement partiel et parfois total des gousses (Berger, 1936).

### 3.3.4 Sur gousses

La maladie se manifeste d'abord par l'apparition d'une multitude de petites taches ponctiformes, ensuite par une pourriture brune suivie d'un dessèchement partiel et parfois total (**Figure 12**) (Berger, 1936, Villegas-Fernandez, 2012).



## 3.4 BIOLOGIE DU PARASITE

### 3.4.1 Conservation et contamination primaire

Les sclérotés et les hyphes mycéliens sur des résidus de la récolte représentent les formes les plus importantes pour la conservation et la propagation de ces deux espèces de *Botrytis* (Tivoli et Gondran, 1984). Les sclérotés de *Botrytis* sont très résistants aux conditions défavorables et peuvent se produire librement en culture (Sardina, 1929 in Harrison, 1988) ; ils peuvent se conserver au moins trois ans dans le sol (Tivoli et Gondran, 1984).

Lorsque les conditions deviennent favorable, dans les cas les plus fréquent les sclérotés produisent des conidiophores ou d'apothécies par *Botrytis cinerea* (Harrison, 1988), et peuvent produire des mycéliens sur milieu agar, et rarement en plein champ (Coley-Smith 1980).

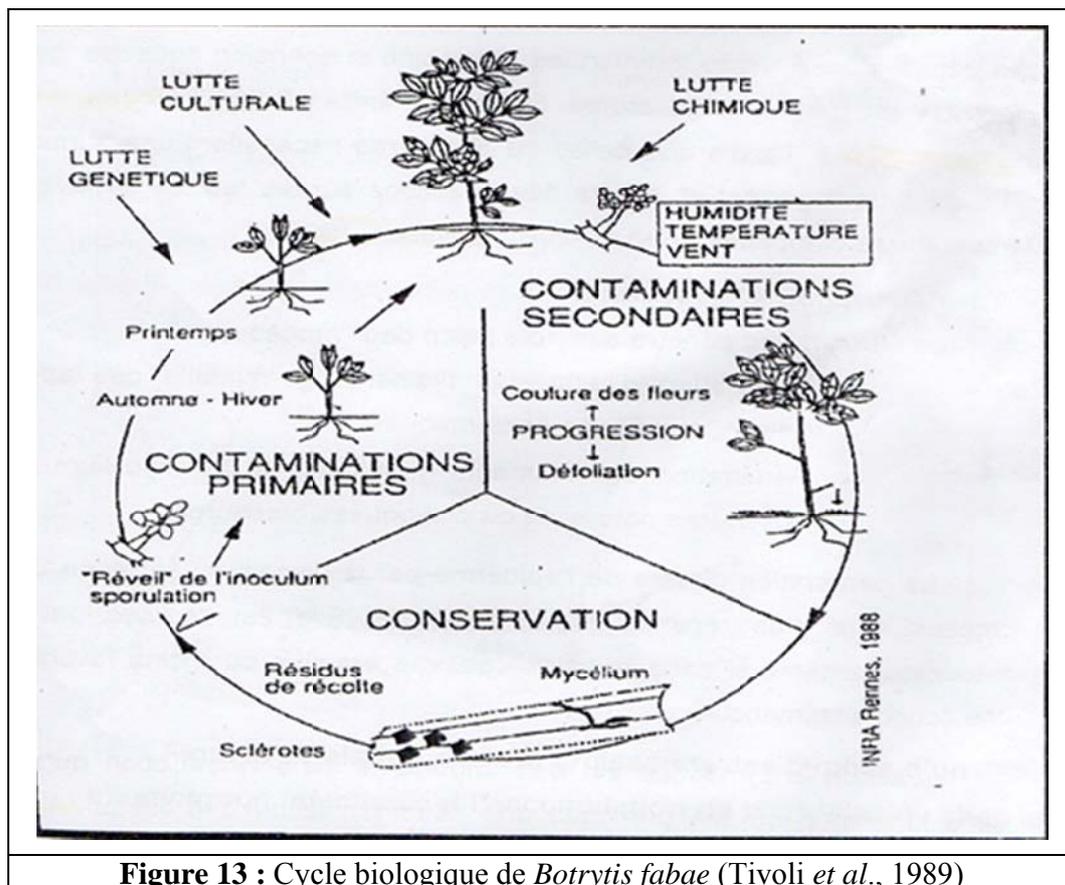
Selon Harrison (1979), le mycélium de *Botrytis fabae* peut survivre plus de 19 mois à 2 °C et 3 °C en l'absence d'autres micro-organismes, et pour une courte durée à des températures

élevées. Il est trouvé aussi que les hyphes se conservent sur des tiges mortes et produisent des conidies en temps humide, mais leur survie est de courte durée. La semence est constituée d'autre source d'inoculum primaire (Tivoli et Gondran, 1984).

La contamination primaire se produit après les premières pluies de l'automne, par la fructification de l'inoculum primaire, qui donne naissance à des conidies qui seront disséminées un peu partout, provoquant ainsi la reproduction de la maladie dans les nouvelles cultures (Berger, 1936).

### 3.4.2 Contamination secondaire

Les contaminations secondaires ont lieu au printemps, lorsque les températures et les taux d'humidité augmentent. L'inoculum secondaire responsable de ces contaminations, a pour origine les feuilles sénescentes, et véhiculé par le vent et la pluie (Harrison, 1988) ; la réinfection se fait rapidement par les conidies qui ont une durée de vie assez courte (**Figure 13**) (Maufras, 1985).



**Figure 13** : Cycle biologique de *Botrytis fabae* (Tivoli et al., 1989)

### 3.5 MODE D'INFECTION

#### 3.5.1 Germination des conidies

Les premiers signes de germination des conidies sont : l'augmentation de leur volume et de leur diamètre, suivi par l'émergence d'un ou trois tubes germinatifs (Gull *et al.*, 1971 ; Harrison, 1988). Cette germination peut être influencée par diverses conditions climatiques et l'âge des conidies (Harrison, 1988), ainsi que d'autres facteurs tels que les exsudats foliaires (Ernst, 1950) et les grains de pollen (Boreecka *et al.*, 1973).

#### 3.5.2 Pénétration et infection

*Botrytis sp* pénètre son hôte directement par des filaments germinatifs des spores à travers les cellules épidermique ou des filaments germinatifs et du mycélium par les ouvertures naturelles ou provoquées (blessures).

La pénétration directe de l'épiderme par le mycélium, est le processus le plus répandu dans la nature ; elle se réalise par action mécanique, même si dans certain cas, elle est plus au moins favorisée par une action enzymatique, cette dernière est très importante dans l'installation du parasite dans la plante où elle provoque une désorganisation des tissus (Anonyme 2, 1969). Les enzymes impliquées sont principalement, des enzymes pectinolytiques et cellulolytique (Harrison, 1980 ; 1988). En réponse à l'infection, la plante fait intervenir plusieurs mécanismes de défense, telle que la production de phytoalexines (Fraser, 1985 ; Agrios, 1997).

### 3.6 MOYENS DE LUTTE

Les conditions climatiques et les techniques culturales sont souvent impliquées dans l'installation et l'expansion d'une maladie, à cet effet plusieurs stratégies de lutte peuvent être envisagées pour contrôler la maladie de tâche chocolatées sur fève (Tivoli et Gondran, 1978 ; Maufras, 1985). Essentiellement, la lutte s'articule autour de l'emploi de fongicide (lutte chimique) et la relance de variété résistante, en plus d'autre méthode relâche les possibilités de lutte biologique.

#### 3.6.1 Traitements chimiques

Concernant la lutte chimique, différents produits chimiques sont utilisés pour lutter contre les agents de la maladie «tâche chocolat» de la fève. Leur composition et leur mode d'action diffèrent. Seuls ou en association, ils assurent un bon contrôle du pathogène. Les attaques de

*Botrytis sp* sont particulièrement dangereuses durant le stade floraison et au début du stade de développement des gousses (Maufras, 1985). Il est donc nécessaire de protéger les plants avant la floraison et veiller à pulvériser un fongicide touchant les feuilles plus basses. Les plus âgées d'entre elles, sont le support préférentiel de *Botrytis sp*.

L'association d'un produit de la famille des Benzimidazoles avec un fongicide de contact, de type Dithiocarbamate, semble être un traitement efficace contre les attaques de *Botrytis sp* (Tivoli et Gondran, 1984 ; Maufras, 1985 ; Maoui *et al.*, 1990). Les fongicides organiques tels que le Benomyl sont très efficaces et couramment utilisés (Harrison, 1988). Le Fenexamide agit par contact en inhibant la croissance du tube germinatif et en détruisant la partie apicale des filaments mycéliens.

Il faut noter que *Botrytis sp* a la particularité de développer une résistance à certains fongicides après quelques années d'utilisation. L'usage abusif d'un fongicide diminuerait son action antiparasite et rendrait la lutte plus difficile (Bernier, 1984).

### 3.6.2 Résistance variétale

Il existe plusieurs travaux à travers le monde qui sont axés vers la recherche de nouvelles sources de résistance vis-à-vis des deux pathogènes. En Egypte, les lignées de fève ; Giza 461, Giza 716, Giza 717 et Giza 643 ont été reconnues résistantes à la maladie (Mahmoud et Khalil, 1996). La variété Giza 461 a été obtenue à partir de lignée de féverole ILB 938, tolérante vis-à-vis de *Botrytis fabae* (Sadiki et Halila, 1997). D'autres travaux ont mis en évidence la résistance des lignées BPL 1179 (Best Linear Predictor) et BPL 710 provenant de l'Equateur, vis-à-vis *Botrytis sp* (Hanounik et Robertson, 1986).

### 3.6.3 Lutte biologique

L'effet antagoniste de certains microorganismes vis-à-vis *Botrytis sp* a été démontré. D'une part, l'action de bactéries telles que *Erwinia herbicola*, inhibe la germination des conidies ainsi que la croissance du tube germinatif de *Botrytis sp* (Verdie et Lenormand, 1984). D'autre part, des agents fongiques tels que *Penicillium chrysogenum*, *Trichoderma herzianum*, *Trichoderma atroviridie* et *Fusarium sp*, agissent soit par des substances antifongiques soit par compétition en réduisant la sporulation de *Botrytis sp* (Jackson, 1994; Pohanka, 2004).

## 4. ROUILLE

### 4.1 GENERALITES

*Uromyces viciae-fabae* est un champignon appartenant aux Basidiomycota, à la classe des Uredinomyces. C'est l'agent causal d'une rouille macrocyclique et autoxène, essentiellement inféodée aux légumineuses alimentaires notamment, la fève par excellence, le pois et la vesce. Le cycle biologique n'est souvent pas complet en toute région et sur l'ensemble des plantes. Il peut ainsi y avoir des stades manquants, comme c'est le cas dans les régions équatoriales, où le champignon ne forme que des urédospores (Hariot, 1908 ; Guyot, 1957).

### 4.2 CLASSIFICATION

D'après Agrios (1997), *Uromyces viciae-fabae* appartiendrait aux taxons suivants :

Règne	Fungi
Embranchement	Basidiomycota
Sous Emb	Basidiomycotina
Classe	Basidiomycètes
Ordre	Uredinales
Famille	Pucciniaceae
Genre	<i>Uromyces</i>
Espèce	<i>Uromyces viciae-fabae</i>

Le genre *Uromyces* est subdivisé en plusieurs sections (Guyot, 1957) ; selon les caractérisations morphologiques, on distingue : *Verricosi uromyces*, *Reticui-uromyces*, *Crassi-uromyces*; la section des *Uromyces* n'appartenant pas aux sections précitées.

*Uromyces viciae-fabae* possède des caractéristiques qui permettent de la ranger dans la section *Crassi-uromyces*, à s'avoir, des urédospores de structure très inégale et parfois manquante, des téliosporés à épispore lisse et à pédicelle souvent jaune et un cycle évolutif autoïque (Guyot, 1957).

### 4.3 SYMPTOMATOLOGIE

Les attaques de la rouille de la fève se manifestent sur les feuilles sous formes de pustules punctiformes, de couleur brun-roux (**Figure 14 a**) (ce qui a valu à la maladie la dénomination de rouilles). Ces dernières finissent par recouvrir la totalité du feuillage, parfois les tiges (Guyot, 1957 et Hariot, 1908) et même des gousses (**Figure 14 b**) (Sillero, 2006), en donnant un aspect poudreux après une forte sporulation.

Il faut remarquer qu'il est difficile de séparer entre les différents stades biologiques et les stades symptomatologiques, étant donné que la période d'incubation et celle de la latence se confondent dans l'espace et dans le temps (Rapilly, 1991). Celles-ci sont définies respectivement comme la différence entre la pénétration et l'apparition des symptômes ; la pénétration et la fructification du champignon dans les organes parasites (Rapilly, 1991; Semal, 1989).

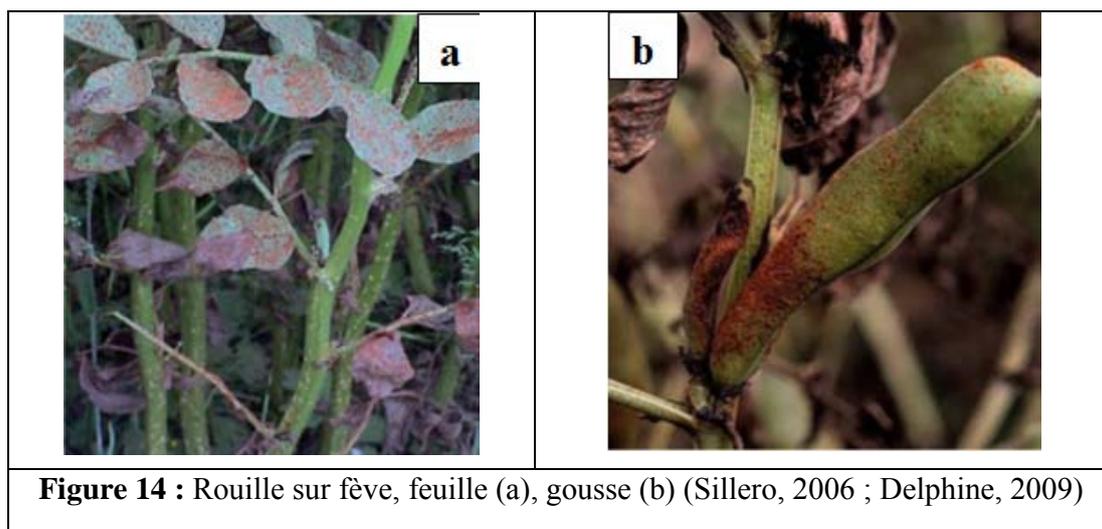
Le stade ecidien apparaît très tôt dans la saison, produisant des pustules de couleur jaune crème sur les feuillages (Macleode, 1996). Les écidies sont successivement remplacées par des uredies de couleur brun orangée (Macleode, 1996, Guyot, 1957 et Hariot, 1908) ; ces pustules sont souvent entourées par un halo pâle (Macleode, 1996).

Tard dans la saison, apparaissent sur les tiges et même sur les feuilles des pustules marrons noires (Gayot, 1957 ; Hariot, 1908) ; celles-ci sont également entourées d'un halo pâle sur feuilles (Macleode, 1996). Ce sont les télies du champignon (Laundon, 1973).

En cas d'une attaque sévère, les feuilles se dessèchent vite, ce qui peut occasionner vers la fin de saison une défoliation prématurée. Lorsque la sévérité de la maladie a atteint un degré élevé, soit que les fleurs avortent, soit que les gousses s'infectent et les graines se contaminent, ce qui fait que la maladie va se transmettre par la semence (Macleode, 1996).

Les nécroses n'apparaissent pas immédiatement après l'infection, comme il est le cas chez plusieurs parasites obligatoires (Mildiou et autres) ; ces tissus peuvent ainsi rester longtemps vivants (Arnaud, 1931).

Au niveau ultrastructural, il y aurait une augmentation de la densité du matériel électro dense dans la région intergranales des cellules hôtes infectées par les uredospores entraînant une désorganisation au niveau des grana, une réduction des lamelles stomatiques et un développement accru du réticulum périphérique (Abu-Zinada *et al.*, 1975).



**Figure 14** : Rouille sur fève, feuille (a), gousse (b) (Sillero, 2006 ; Delphine, 2009)

#### 4.4 CYCLE BIOLOGIQUE

*Uromyces viciae-fabae* est une rouille macrocyclique (S, I, II, III, 0) et autoxène (Hariot, 1908 ; Guyot, 1957 ; Littlefield *et al.*, 1979). Le cycle du champignon peut être décrit selon 2 système biologiques : le système morphologique et le système cytologique ; les anglo-saxons parlent de «morphologique basis system and cytologique basis system» (Laundon, 1973). Il existe généralement cinq stades morphologiques bien distincts (Littlefield *et al.*, 1979, Laundon, 1973, Guyot, 1957 et Hariot, 1908), sauf exception dans le cas des pays chaud ou les téliospores sont absentes.

##### 4.4.1 Description Morphologique

###### Spermogonies et spermaties (S, 0)

Les spermogonies appelées aussi pycnies, sont des organes ou structures qui produisent des spermaties appelées aussi pycniospores ; ces dernières sont produites sur des pycniosporophores en succession basipétés (Littlefield *et al.*, 1979). Les spermaties sont des gamètes mono-caryotiques (Hiratsuka, 1973), qui sont subglobuleuses ou ellipsoïdes et qui mesurent 1 à 4  $\mu\text{m}$  de diamètre (Guyot *et al.*, 1957). Les spermogonies sont mielleuses, à structure coniques mesurant de 90-220  $\mu\text{m}$  de diamètre, hypophylles ou caulicoles (Guyot, 1957). Elles contiennent des hyphes flexueux et des projections ostéolaires appelées aussi periphyses (Buller 1950 in Littlefield *et al.*, 1979).

### **Les écidies et les écidiospores (I, I)**

Les écidies ou ecidiosores, sont des pustules qui contiennent une palissade de cellules sporogènes ; ces dernières produisent des écidiospores en chaînes, non répétitive (une seule génération d'écidiospores par cycle) (Littlefield *et al.*, 1979). Toutefois, Prassada et Verma (1948) in Guyot (1957) ont rapporté que dans les conditions de températures inférieurs à 20-22 °C, plusieurs générations d'écidies se succèdent sur lentilles ; l'espèce serait une forme spéciale d'*Uromyces viciae-fabae* (Guyot, 1957 ; Conner, 1980 et Meskine, 1996).

Les ecidiospores sont le résultat d'une dicaryotisation (spermatisation), et sont ainsi typiquement associés aux spermogonies (Hiratsuka, 1973). Elles sont de forme subglobuleuse ou ellipsoïde, des structures finement et densément verruqueuses (Laundon, 1973 et Guyot, 1957). Les écidiospores sont des hypophylle, rarement épiphylls ou caulicoles, mesurant 5 mm de long et 1 à 2 mm de diamètre (Guyot, 1957). En général chez les rouilles, les écidies sont classées en 5 types morphologiques, selon la présence ou l'absence du péridium ainsi que sa forme. Laundon, (1973) et Cummins, (1959), les regroupent en 4 types ; le type qui nous intéresse le plus étant "Aecidoid Aecium". Celui-ci renferme les espèces appartenant aux Pucciniaceae, notamment les *Uromyces ssp.* (Littlefield *et al.*, 1979).

### **Urédosores et urédospores (II, II)**

Ce sont des pustules qui produisent d'une manière répétitive des urédospores dicaryotiques, à partir d'un mycélium dicaryotiques (Hiratsuka, 1973). Ces urédosores sont amphigènes, pétiolicoles ou caulicoles, elles sont éparses ou réunies en groupes circulaires. Elles sont une forme arrondie et petite (0,5 et 1 mm de diamètre), de couleur brun cannelle clair ; elles sont précocement nues et pulvérulentes (Guyot, 1957) ; le péridium en est typiquement absent (Cummins, 1959).

Les urédospores, sont globuleuses, ellipsoïdes ou ovoïdes, mesurant 22-28 x 18-24 µm, de couleur brun pâle, elles sont finement et peu densément échinulée (ce sont des épines saillantes qui leur donne cet aspect) (Littlefield *et al.*, 1979, Laundon, 1973). Ces types de spores possèdent 3 à 4 ou rarement 2 à 5 pores germinatifs (Guyot, 1957). Le nombre de pores et l'arrangement de ces derniers sont des critères taxonomiques (Cummins, 1936 in Littlefield *et al.*, 1979).

### **Téleutosores et téléutospores (téliosores et télisporos) (III, III)**

Les téliosores sont des organes qui contiennent les télisporos, lesquelles donnent naissance à des basides, qui à leur tour produisent des spores sexuées, dans le cycle biologique de ce champignon (Hiratsuka, 1973). Ces appareils sporifères, sont morphologiquement incomparables aux urédosores, mais de taille plus grande, 0,5-2 mm de diamètre sur feuilles et 2-3 x 1 mm sur tige, atteignant parfois 7 à 10 mm de long et 1,5 à 2,5 mm de large (Guyot, 1957).

Les télisporos sont globuleuses avec une taille moyenne de 27-33 x 20-23  $\mu\text{m}$ , à sommet largement arrondi et parfois conique, obtus ou plus rarement tronqué et surmontées d'une papille de 4-8  $\mu\text{m}$ , à épispore lisse de teinte brun foncé de 1,5 à 3  $\mu\text{m}$  d'épaisseur. Celle-ci est fortement épaissie au sommet (4 à 16  $\mu\text{m}$ ) à port germinatif apical, et à pédicelle jaunâtre ou brunâtre avec une épaisseur de 16  $\mu\text{m}$  et une longueur de 130  $\mu\text{m}$ , (Guyot, 1957). Les télisporos ou probasides d'*Uromyces viciae-fabae* mûrissent à la fin de l'été ou à l'automne. En hiver, elles restent au repos et la germination ne peut se manifester qu'au printemps ou l'été suivant.

### **Basides et basidiosporos (0, IV)**

Lorsque les conditions sont favorables, la germination des télisporos intervient au bout de quelques jours et donne une baside à 4 spores, ce sont des basidiosporos. Ces dernières cultivées en milieu artificiel émettent un tube court qui peut donner des spores secondaires (Rapilly, 1991), mais tout développement s'arrête là. Il n'en est plus de même quand les spores sont déposées sur une plante hôte convenable (Hariot, 1908).

#### **4.4.2 Description Cytologique**

D'une manière générale, le cycle évolutif d'*Uromyces viciae-fabae* sur fève ou toute autre légumineuse hôte, se déroule comme suit :

L'hivernation du champignon est assurée par les télisporos (probasides), dont la germination au printemps, engendre par l'intermédiaire des basidiosporos, des spermogonies puis des ecidies (Hariot, 1908 ; Guyot, 1957). Ainsi les basidiosporos se forment sur une baside après une caryogamie suivie par une méiose (Martin, 1957 et Ainsworth, 1972 in Littlefield *et al.*, 1979). Les noyaux migrent dans chacun des 4 stérigmates, pour donner naissance aux 4 basidiosporos qui portent des signes différents (hétérothaliques), (Semal, 1988). La probaside et la metabaside sont donc une même structure (Martin, 1957 et Ainsworth, 1971 in Littlefield *et*

*al.*, 1979), certains auteurs parlent de promyélium et de sporidie (Petersen, 1974 in Littlefield *et al.*, 1979).

L'écidie se forme après une dicaryitisation, par fusion entre la spermatie et un hyphé réceptif (hyphé flexueux) par l'intermédiaire d'un petit tube (Allen, 1933 ; Person, 1933 in Littlefield *et al.*, 1979), qui peut s'insérer n'importe où renfermera des dicaryons transitoires, qui se forment durant le processus de migration ; une fois que le noyau a atteint le "protoecium" un dicaryon stable apparaît. Ce phénomène est rapidement suivi d'une division conjuguée des noyaux, dont les noyaux qui en résultent, vont migrer vers d'autres cellules du protoecium, qui donneront à leur tour des cellules dicaryotiques et puis des écidiospores.

Les urédospores prennent naissance sur le même mycélium que celui donnant des écidies (Guyot, 1957) ou bien sur un mycélium résultant de la germination des écidiospores. Kispartic (1949) et Hariot (1908) in Guyot (1957), rapportent qu'il y aurait possibilité d'avoir 6 à 9 générations d'urédospores en été et que la période d'incubation serait de 7 à 15 jours. Après plusieurs cycles répétitifs, apparaissent des téliospires sur les structures précédentes, et cela en conditions méditerranéennes. Souvent dans les sores élaborées durant cette période, on retrouve des urédospores et des téliospires groupées dans les mêmes structures.

#### **4.5 ECOLOGIE DE LA GERMINATION DES UREDOSPORES**

La germination des urédospores d'*Uromyces viciae-fabae* est tributaire des conditions de l'environnement (extrinsèques) et de facteurs endogènes (intrinsèques).

Les conditions optimales de la germination des urédospores varient selon les auteurs. Ainsi pour Guyot (1957), les urédospores germent au minimum à 1-2 °C et au mieux à 16-20 °C, avec un optimum à 18 °C et une limite maximale à 31 °C. Joseph et Hering (1997), considère que les urédospores germent mieux dans une fourchette de 5-26 °C, avec un optimum à 20 °C, alors qu'une exposition des spores à une température de 30 °C donnerait peu ou pas de germination, et engendrerait une altération de la majorité des urédospores. Il considère également qu'une durée d'humectation des feuilles de quatre heures suffirait pour avoir une infection. Lorsque cette durée excède les 24 heures, le taux d'infection par le champignon augmente sensiblement. Clement (1993) rejoint Joseph (1997) pour ce qui est de l'optimum thermique, mais considère par ailleurs, que l'optimum en humidité relative varie entre 85 et 95 %.

Les spores sèches de champignons biotrophes sont connues pour avoir un potentiel énergétique très bas, ne leur permettant pas d'initier l'activation du métabolisme de germination en condition de basses températures. Les toutes premières phases d'activation de ce métabolisme sont détectées suite à une hydratation des spores. C'est ainsi qu'une imbibition à 0 °C a pu mettre en évidence un changement dans le pool énergétique représenté par le ratio nucléosides/nucléotides avant et après germination (Wagner *et al.*, 1994). Ainsi donc, le succès de l'infection par les urédospores des rouilles, dépend d'une efficacité de la germination elle-même, des accumulats emmagasinés au cours de la sporogénèse (Wagner *et al.*, 1993).

#### 4.6 LA LUTTE

Par le passé, la rouille des fèves n'occasionnait que de faibles dégâts, et ne justifiait nullement la mise en œuvre de méthodes pour lutter spécifiquement contre cette maladie (Sache, 1995). De même, la dissémination de l'inoculum à plus ou moins grande échelle (Sache, 1994), a rendu la lutte encore plus difficile.

Pour une éventuelle réduction de la maladie, des mesures de prévention sont préconisées, qui consistent à éloigner la nouvelle plantation de celle déjà infectée, à détruire les résidus infectés, à faire des relations raisonnées. Ces mesures peuvent réduire le risque d'une nouvelle infection. La mise en place des mesures de quarantaine, pour les semences importées est également un moyen considérable de prophylaxie (Macleode, 1996).

La résistance variétale est importante dans la lutte intégrée (Messiaen, 1981), toutefois la sélection de telles variétés est actuellement limitée par la rareté des sources de résistance au sein des populations de légumineuses sauvages. Des indications sur la résistance de certaines variétés de fève à la rouille, ont été rapportées successivement par Gregory (1925) et Kispatric (1949) cités par Guyot (1957). Par ailleurs au Canada certaines lignées partiellement résistantes ont été obtenues, sur lesquelles la progression de la maladie est fortement ralentie, et les pertes de rendement limitées (Sache, 1955). En outre la variété australienne "Icarius" a été reconnue modérément résistante (Macleode, 1996).

C'est pourquoi, la protection chimique a été souvent une mesure privilégiée pour établir un certain équilibre dans l'écosystème agricole ; l'effet de la maladie peut donc être réduit significativement par l'application de fongicide appropriés tel que le Mancozèbe. Une pulvérisation, par un fongicide est envisageable lorsque la surface foliaire infectée excède 5 %

avant la fin de la floraison, particulièrement pour les variétés à potentialité supérieure à 1,5 t/ha (Macleode, 1996). Une étude réalisée en Angleterre, à montrer que deux traitements à base de Vinchlozoline effectués au début et à la mi-floraison, permettent de limiter le développement de la rouille (Sache, 1955).

Jones (1986a) a montré l'efficacité de quelques fongicides en traitement foliaire sur des variétés de fève de printemps. Ainsi, le Finpropimorph à 750g ma/ha, a donné de très bons résultats concernant la réduction de taux de la maladie (de 9 % de la surface foliaire à 1,5 %) ; le rendement s'est traduit par une augmentation de 3,92 t/ha par rapport au témoin non traité, soit 3,38 t/ha. Le mancozèbe à 1360g ma/ha a réduit le taux de la maladie de 5 % et le rendement atteint 3,90 t/ha. Le propiconazole (125g ma/ha) a donné comme résultat respectivement 5,6% et 3,77 t/ha. Le fongicide Fridi à 125g ma/ha a donné successivement 4 % et 3,66 t/ha.

Jones (1986b) en appliquant les fongicides ayant donné précédemment de bons résultats en traitement de printemps, confirme la validité des données ci-dessus obtenus en traitement d'hiver.

## 5. SELECTION ET AMELIORATION GENETIQUE

### 5.1 SELECTION

Dans les travaux d'amélioration génétique les paramètres ciblés sont, particulièrement, ceux qui sont déterminants des rendements, ainsi que la stabilité variétale, l'homogénéité des paramètres de croissance, la maturité, la taille des grains et leur composition chimique, et bien sûr la résistance aux maladies (Strydhorst, 2013). Le but de la recherche en amélioration de fève (*Vicia faba*) est de réduire l'érosion des ressources génétiques, ces dernières années, des sélectionneurs ont construit des banques de gènes, pour plusieurs collections variétales, enrichies continuellement (Duc *et al.*, 2010). En effet, en 2008, il a été répertorié plus de 37 collections, composées de plus de 38 000 accessions ou populations disponibles publiquement (**Annexe 5**). Les possessions du matériel génétique de *Vicia faba* ont été estimées à 17 % d'accessions totales de légumineuse à grains (Suso *et al.*, 2005), avec les collections européennes, représentant 50 % des accessions mondiales, les autres grandes collections sont situées à l'ICARDA (International Center for Agricultural Research in the Dry Areas). Ces collections contiennent la plupart du temps des cultivars et des populations identifiées chez des agriculteurs. Un total de 30

% a des noms de cultivar, 17 % sont d'origine géographique inconnue et 52 % sont d'origine européenne (Duc *et al.*, 2010).

## 5.2 AMELIORATION

La recherche de la résistance aux maladies se structure autour de l'uniformité et le criblage des populations ségrégantes, en visant particulièrement les lignées F2. Le criblage croisé se réalisera, pour mieux maintenir et stabiliser les caractères de résistance, sur les progénitures de F3 à F6. La collection de matériel génétique de fève à l'ICARDA est maintenue sous deux formes différentes. Le premier est la collection d'ILB (qui comporte les accessions originales de matériel génétique (les populations habituellement hétérogènes et hétérozygotes), et est manipulé par l'unité de ressources génétiques. L'autre collection est un ensemble de souches pures développées à partir de la collection d'ILB. Ces accessions de BPL, sont dérivées par un processus de sélection de progénitures simples pour produire des souches pures pour l'usage dans le programme de collection. Ceci est également entretenu et manipulé par l'unité des ressources génétiques (Robertson et El-Sherbeeney, 1988).

## 5.3 SOUCHES PURES RESISTANTS AUX MALADIES

Depuis 1987, des travaux d'amélioration ont visé la résistance à de nombreuses maladies, notamment celles qui causent des dégâts dans le bassin méditerranéen. Il y a 287 sélections pour la tâche de chocolaté, 308 l'anthracnose, 64 pour la rouille, et 13 pour des nématodes de tige (**Tableau 3**). Ces sélections seront évaluées pour l'agronomie et les traits morphologiques dans 1988/89 dans une épreuve d'évaluation de matériel génétique pour améliorer l'utilité à l'usage des programmes nationaux (Hanounik et Robertson, 1988).

## 5.4 EXEMPLES DE MATERIEL GENETIQUE RESISTANT

### 5.4.1 Résistant à l'orobanche (*Orobanche crenata*)

Broomrape (*Orobanche crenata*) est considéré comme l'un des facteurs limitant dans la production de fève dans l'ensemble de l'Afrique du Nord. Avec le transfert prévu de la recherche d'amélioration de fève vers l'Afrique du Nord, l'emphase d'examen de résistance à l'orobanche a augmenté. Le succès d'examiner la collection de BPL a été limité. Les travaux sur les sélections citées précédemment ont abouti à sélectionner neuf populations (accessions) parmi les 600 BPL criblées.

**Tableau 3** : Certaines sources naturelles les plus importantes de la résistance contre la tâche de chocolat, l'antracnose et la rouille (Hanounik et Robertson, 1988)

Maladies	Sources 1*
Tâche chocolat	BPL 110, 112, 261, 266, 710, 1179, 1196, 1278, 1821; IIB 3025, 3026, 2282, 3033, 3034, 3036, 3056, 3106, 3107, 2302, 2320; 183114, 182003, 1B2009
Anthraxnose	BPL 74, 230, 365, 460, 465, 471, 472, 646, 818, 2485; HB 752; L83118, LB3120, 183124, L83125, LB3127, LB3129, LB3136, LB3142, LB3149, L93151, LB3155, LB3156, LB2001.
Rouille	BPL 7, 8, 260, 251, 263, 309, 406, 417, 427, 484, 490, 524, 533, 539; Sel. 82 ILt. 15563-1, 2, 3, 4.
Nématode de tige	BPL 1, 10, 11, 12, 21, 23, 26, 27, 40, 63, 38, 183

1\*. Il y a plusieurs lignes secondaires de la plupart des sources énumérées. Les accessions sont énumérées dans l'ordre décroissant de leur efficacité.

Depuis 1987, un programme de sélection a été initié, en réalisant plusieurs croisements entre des populations issues de différentes régions. Trois progénitures (F402 x INIA06 x F402) ont exprimé une résistance uniforme à l'orobanche dans des expérimentations réalisées en Syrie (Lattakia). A partir de ces progénitures, 100 sélections criblées et examinées au Maroc sont à l'origine des travaux antérieurs (Drs. J.I. Cubero et L. Hernandez à Cordoue, Espagne). (Hanounik *et al.*, 1988).

#### 5.4.2 Résistance aux virus

Le criblage pour la résistance à BLRV (*Bean Leaf Roll Virus*) et à BYMV (*Bean yellow mosaic virus*) a commencé en 1986, en utilisant la collection de BPL. Des accessions sont artificiellement inoculées par utilisation des vecteurs d'Aphis dans le champ (l'auto-pollination), 450 accessions de BPL ont été examinées pour la résistance à BLRV et 250 accessions de BPL pour la résistance à BYMV. Aucune résistance n'a été trouvée pour BLRV ; cependant, quatre BPL ont montré une résistance modérée à BYMV ; (BPL 756, 757, 758 et 769) sont d'Afghanistan ; elles ont eu une expression retardée des premiers symptômes des virus (longue période latente). (Makkouk et Robertson, 1988).

### 5.4.3 Résistance à *Botrytis fabae*

Depuis 1988, les travaux d'amélioration se sont concentrés sur l'utilisation des variétés résistantes pour diminuer les dommages de *Botrytis*, puisque les pratiques agricoles recommandées ne sont pas toujours suffisamment efficaces, et l'utilisation des fongicides habituel est très couteux (en termes économiques et écologiques). La disponibilité de bonnes sources de résistance est un facteur limitant pour développer des cultivars résistants à *Botrytis*. Un effort important de recherche a été effectué pour trouver des sources de résistance pour améliorer les méthodes d'évaluation (Hanounik et Robertson, 1988 ; Rhaïem *et al.*, 2002 ; Bouhassan *et al.*, 2003 ; Bouhassan *et al.*, 2004). L'ICARDA a favorisé des programmes dans plusieurs pays à la résistance incorporée, qui a provoqué l'introduction de quelques variétés en l'Australie, en Egypte et en Ethiopie. La majeure partie du matériel résistant trouvé est issue des régions des andes de la Colombie et de l'Equateur (Tivoli *et al.*, 2006).

### 5.4.4 Résistance à l'antracnose

L'existence des lignes de fève d'hiver résistantes à l'antracnose (*Ascochyta fabae*) a été découverte en Angleterre (Breukelen 1985 ; Jellis *et al.*, 1984, 1991) et des variétés de *Vicia faba* en Syrie (Hanounik et Robertson 1988). La lignée résistante 1B-18-1/3 de fève d'hiver a été choisie en Angleterre et employée dans la multiplication pour la résistance à l'antracnose.

Les lignées BPL 471 et BPL 2485 ont été identifiés pour leur résistance (Hanounik et Robertson 1989). Ces lignées résistantes d'origine Syriennes (ICARDA) ont été utilisées dans le programme de croisement Espagnol pour obtenir les lignées résistantes L-831818 et V-1220 (Rubiales, 2006).

En France, le choix des sources résistantes de fève a été appliqué aux variétés d'hiver et a permis de sélectionner la lignée 29H, qui a montré une résistance élevée et stable (à un niveau d'immunité) tout au long de la période de végétation. La haute résistance de 29H a été également prouvée dans des essais d'inoculation en Espagne (Tivoli *et al.*, 1986, 1992 ; Avila *et al.*, 2001 ; Sillero *et al.*, 2001).

## **PARTIE II**

### **MATERIELS ET METHODES**

## Partie II : MATERIELS ET METHODES

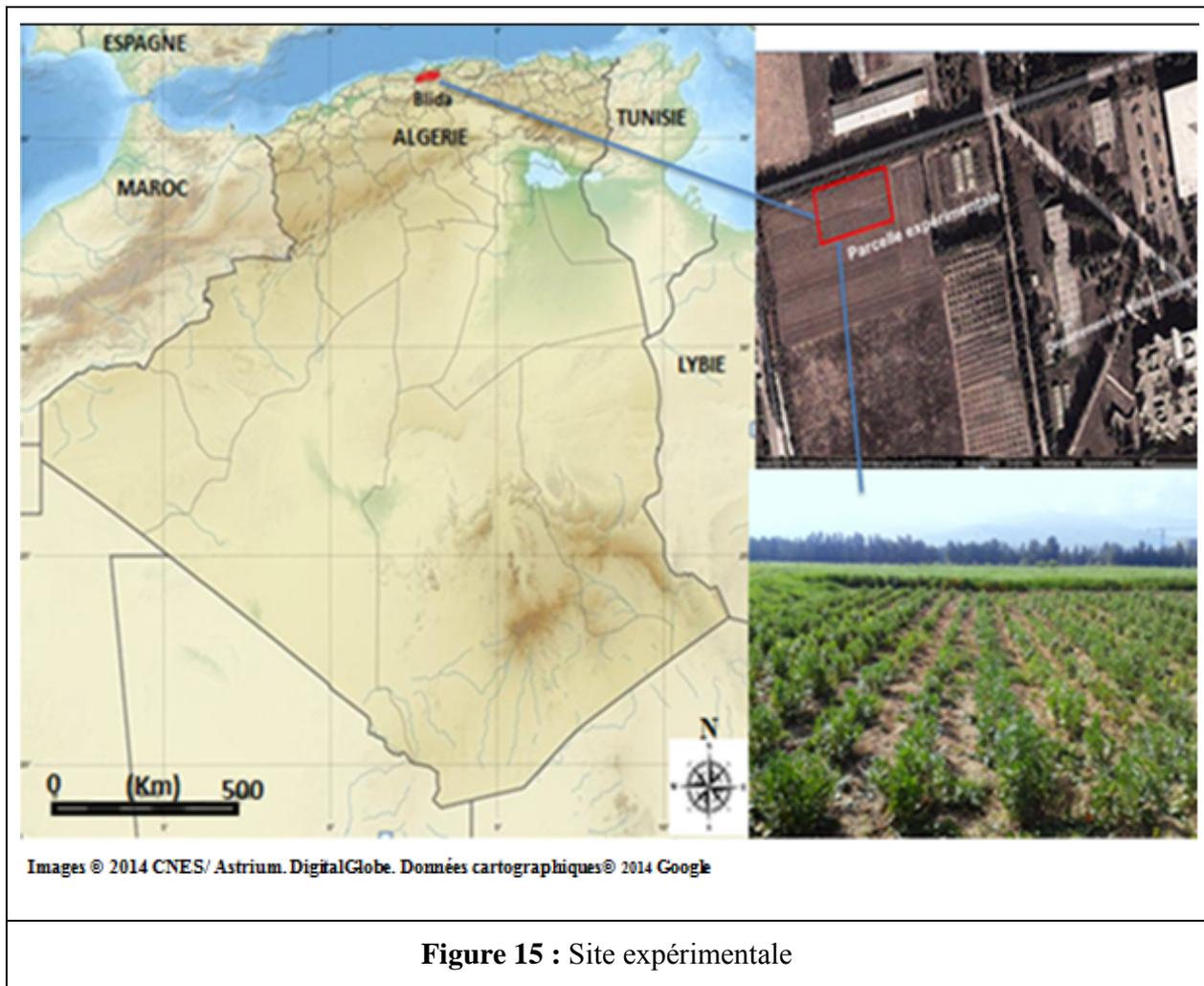
### 1. MATERIEL VEGETAL

Notre expérimentation s'intéresse à l'étude du comportement d'une collection de fève (*Vicia faba*), comportant 86 familles d'une population ségrégantes RILs (Recombinant Inbred Line), avec les deux géniteurs BPL 710 et BARAKA (soit 88 populations). Ce matériel végétal provient de l'IFAPA (Institute Andalusia of Investigation and Agrarian, Fishing Formation, Nourishing and of the Ecological Production, Córdoba, Espagne) qui a lancé des essais dans le monde entier; particulièrement dans les pays du bassin méditerranéen (Algérie, Tunisie, Maroc, Espagne). Nous avons testé une variété italienne SCIABOLA VERDE (**Annexe 6**), la plus cultivée en Algérie, comme témoin cultivée en bordures. Afin d'évaluer les potentialités réelles des populations de fève expérimentées, la culture a été conduite naturellement, sans apports en fertilisants et sans couverture sanitaire.

### 2. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

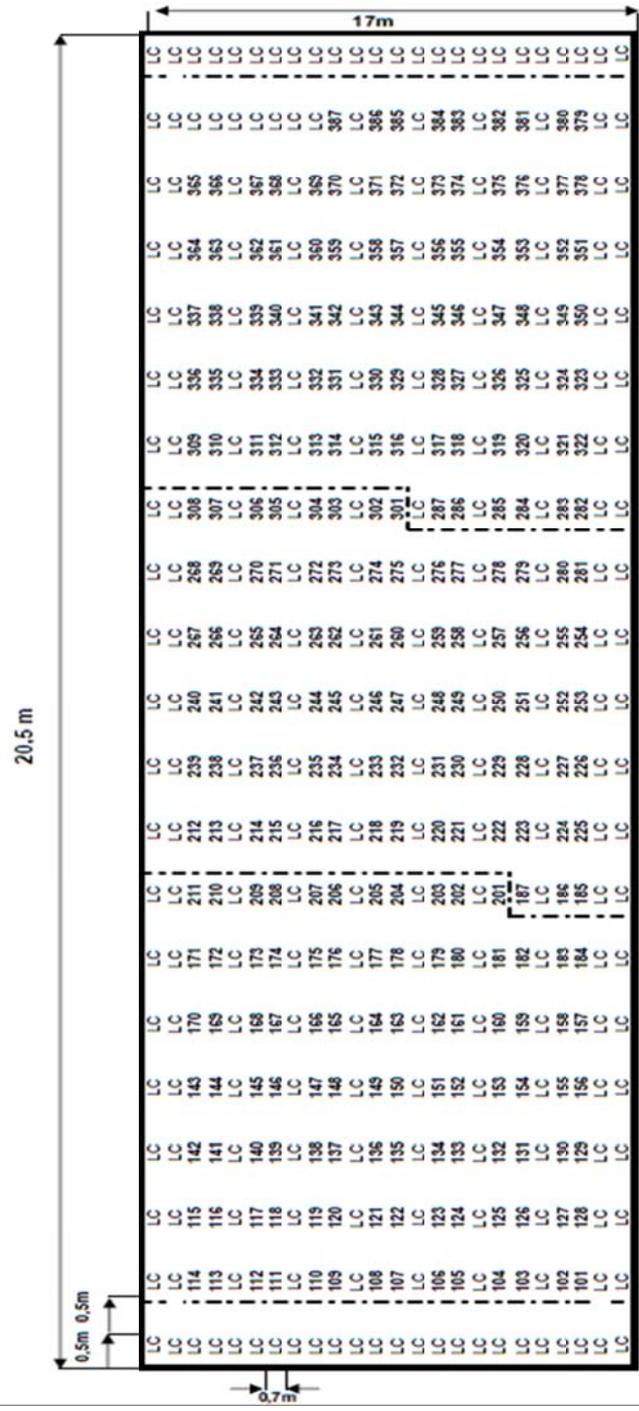
Le travail a été réalisé au niveau de la station expérimental du Département des Biotechnologies (Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie "SNV"- Université- Blida) (**Figure 15**). L'espace expérimental (20,5 x 17m) a été délimité au niveau d'une parcelle, cultivée durant les deux dernières années consécutives avec l'association avoine- trèfle. Avant l'installation de notre expérimentation, le sol a subi un labour profond (04-11-2013) suivi d'un discage. Comme la culture a été conduite naturellement, ses besoins en eau sont assurés par les pluies (**Annexe 9-3**). Durant les périodes très sèches (mi-Mars- Mai), des apports en eau ont été réalisés par rigoles.

Des prélèvements de sol ont été réalisés, dans d'autres travaux en cours, et les analyses sont effectuées au niveau de l'ITAFV de Boufarik (Institut Technique des Arbres Fruitières et de la Vigne). Le sol est considéré comme sableux limoneux, équilibré en matière organique d'un pH de 7,30 (**Annexe 7**).



La culture a été distribuée selon des unités élémentaires de 0,5 de long contenant 5 grains de population soit 440 plantules (88 x 5). L'essai a été conduit selon un dispositif en blocs aléatoires complets avec trois répétitions (**Figure 16**).

Figure 16 : Dispositif expérimental



Les positions de populations testées sont numérotées de 101 à 387.

Exemple : 101 : Bloc 1 Population 1

387 : Bloc 3, population 87

LC: Témoin Local (SCIABOLA VERDE)

m: mètre

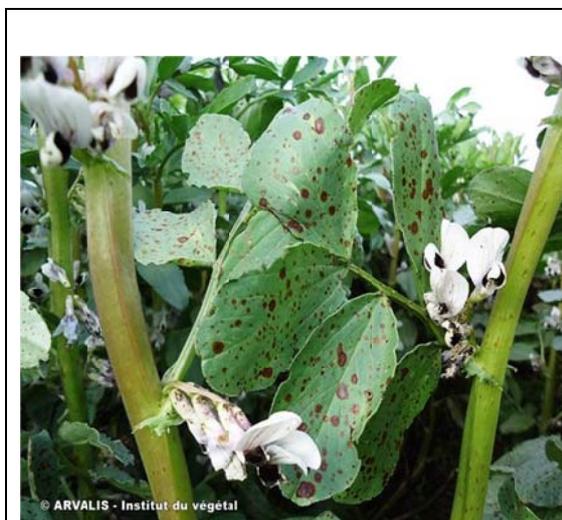
### 3. ESSAI DE COMPORTEMENT

Notre suivi se base essentiellement sur l'évaluation du comportement des populations de fève vis-à-vis des deux maladies (Tâche chocolat, rouille). En plus nous nous sommes intéressés au comptage du développement spontané des plantes adventices de l'orobanche.

#### 3.1 EVALUATION *in situ* DES MALADIES

Le suivi de la culture a commencé à partir de la germination (27-01-2014), pour les deux maladies objet de notre étude (tâche chocolat et rouille). Dès que les premiers symptômes apparaissent, l'évaluation a été entamée périodiquement tous les 7 à 8 jours jusqu'à la senescence.

Nos observations se basent sur le développement et l'évaluation des symptômes typiques des deux maladies étudiées. Les symptômes recherchés sont particulièrement, l'apparition des lésions foliaires brun-noirâtre, en surveillant surtout les symptômes typiques foliaires (**Figure 17**), les lésions de couleur brun-noirâtre de contour irrégulier pour *Botrytis* et les pustules punctiformes, brun-roux pour *Uromyces* (**Figure 18**).



**Figure 17** : Symptôme de *Botrytis* sur feuille (Arvalis, 2013)

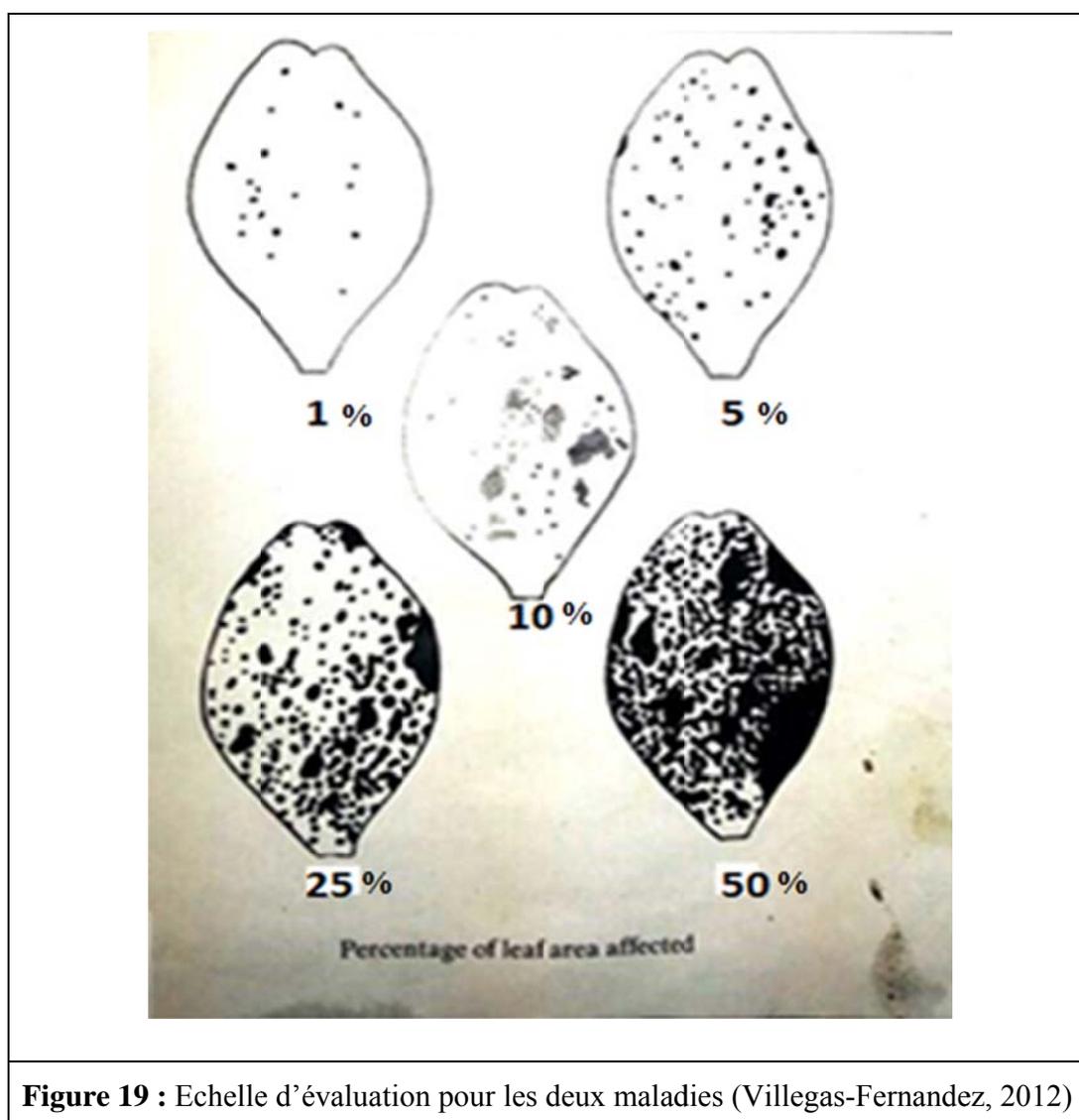


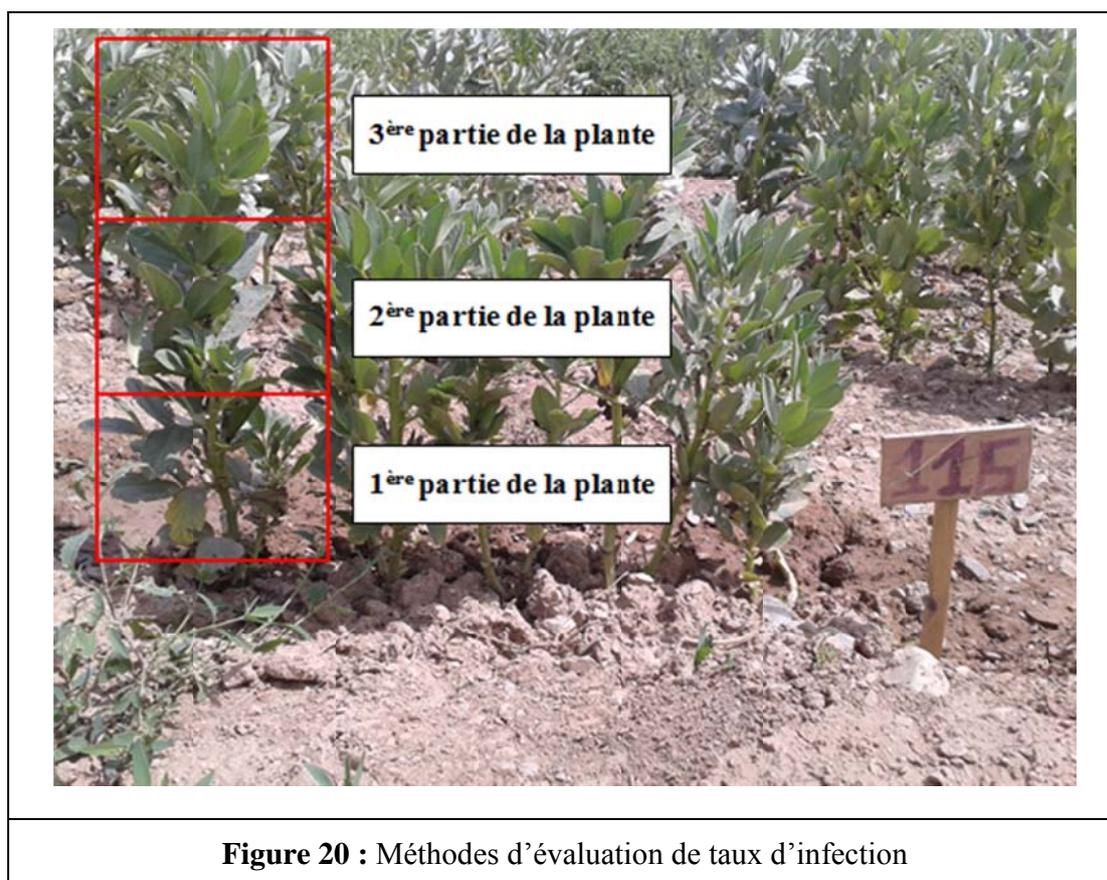
**Figure 18** : Symptômes de rouille sur feuille (UINP, 2007)

### 3.1.1 Taux d'infection

Les observations symptomatologiques visuelles sont exprimées en taux d'infection par feuille et par plant selon une échelle appropriée, composée de 5 niveaux illustrant la surface foliaire couverte par les symptômes typique (1%, 5%, 10%, 25%, 50%) (**Figure 19**). Le plant est déclaré malade si la surface foliaire atteint au moins la première valeur de l'échelle (1%).

En raisons des difficultés d'évaluation feuille par feuille, nous avons procédé à des évaluations à trois niveaux foliaire : partie basal, partie médiane et la partie du sommet (**Figure 20**). Les observations ont porté sur chaque plant, le taux d'infection est alors calculé pour chaque population au niveau de chaque bloc.





### 3.1.2 Sévérité

Selon le nombre de feuille attaqués par plant et sur la base du pourcentage d'attaque (échelle), la sévérité est calculée comme suit :

$$S = \frac{\sum p_i \cdot e_i}{N \cdot e_f}$$

$P_i$  : Nombre de plant atteint à l'échelle  $e_i$ .

$e_i$ : Varie entre 1 %, 5 %, 10 %, 25 % et 50 %.

$N$  : Nombre total des plants par population.

$e_f$ : Indice final de l'échelle (50 %).

### 3.2 PRESENCE DE L'OROBANCHE

Le suivi du comportement des populations de fève s'intéresse également à l'envahissement des cultures par l'orobanche, cette adventice est considéré parmi celles affectant les rendements et les pertes peuvent atteindre plus de 60 % (Hamadache *et al.*, 1996) Durant la

période de suivi, nous avons surveillé au niveau de chaque unité expérimentale le développement des plants d'orobanches.

### **3.3 CROISSANCE ET PRODUCTION**

En plus des paramètres relatifs aux maladies (infection, sévérité), nous avons évalué les taux de germination et les paramètres de croissance et de production. En somme, nous avons mesuré à la fin de maturité (remplissage des gousses), les longueurs et les largeurs des feuilles, les largeurs des tiges, la taille des plants, le nombre et taille des gousses.

### **3.4 DETERMINATION DU POIDS DE MILLES (1000) GRAINES (PMG)**

Afin, d'explorer les potentialités des matériels végétaux utilisés au sein de notre essai, nous avons mesuré à la fin de maturité (sénescence), le poids de mille grains de chaque variété étudiée. En somme, nous avons extrapolé le poids de 10 grains aux 1000 grains.

### **3.5 EVALUATION AU LABORATOIRE**

#### **3.5.1 Confirmation des agents phytopathogènes**

##### **3.5.1.1 *Botrytis***

Des feuilles infectées, ont été recueillies à partir de notre culture, portant les symptômes de *Botrytis*. Des fragments d'un centimètre ont été désinfectés dans la solution eau javellisée (2 %) pendant 1 à 2 minutes, rincées trois fois dans l'eau stérile et séchées sur papier filtre stérile. La purification des isolats fongiques est réalisée après plusieurs repiquages, par la transplantation successive de disques mycéliens dans des boîtes de Pétri (9 cm de diamètre) contenant le milieu PDA (Potato-dextrose-Agar) (Jhonston et Booth 1983) et maintenue dans un incubateur à 25 °C, jusqu'à l'obtention des aspects culturels purs et spécifiques de *Botrytis fabae* identifiés à partir des caractéristiques microscopiques (fructifications, forme du mycélium, conidies) et macroscopiques (aspect, forme, élévation, couleur et forme de conservation).

##### **3.5.1.2 *Uromyces***

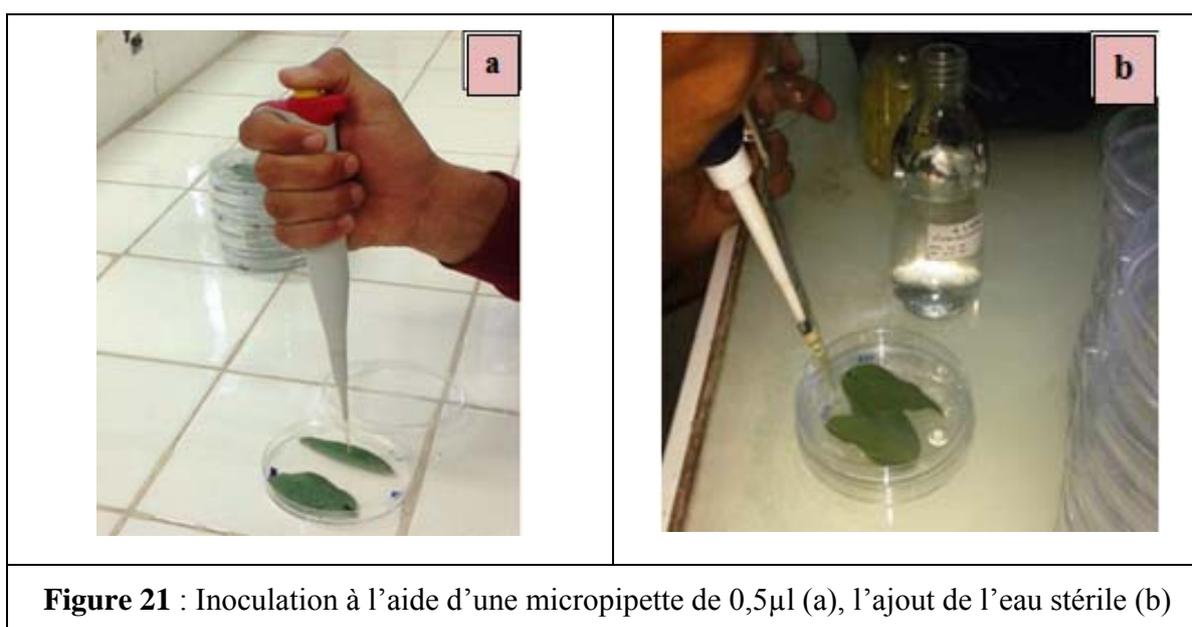
*Uromyces vicia-fabae* est un champignon obligatoire qui ne peut être cultivé ou isolé sur un milieu artificiel, donc pour son identification, nous avons explorés ses caractéristiques micromorphologiques à partir des feuilles infectées observées sous loupe et sous microscopes.

### 3.5.2 Inoculation

Une suspension sporale a été préparée à partir de nos cultures de *Botrytis fabae* dans une solution glucosée (1,2 %). La concentration en spores a été estimée avec la cellule de malassez et après dilution avec la solution de glucose à  $1,7 \times 10^5$  spores / ml. Enfin, la suspension a été additionnée avec la Tween-20 (0,03 % v / v) pour assurer une meilleur dispersion des spores.

Avant de réaliser l'inoculation, les feuilles bien développées ont été prélevées à partir de chaque population et placées dans des boîtes de Pétri contenant le milieu Agar-Eau (0,4 %). Chaque boîte de Pétri contient uniquement les feuilles de la même plante, à raison de trois répétitions.

L'inoculation a été effectuée en déposant une goutte de 5  $\mu$ l de la suspension de spores sur chaque feuille (**Figure 21 a**), près de la nervure centrale. Les boîtes de Pétri ont été couvertes avec leurs couvercles et incubées à 23 °C avec une photopériode de 14 heures de lumière visible et 10 heures d'obscurité. Après 24 heures, 1 ml d'eau distillé stérile a été apporté dans chaque boîte de Pétri sans contact avec les feuilles, afin d'assurer une forte humidité (**Figure 21 b**).

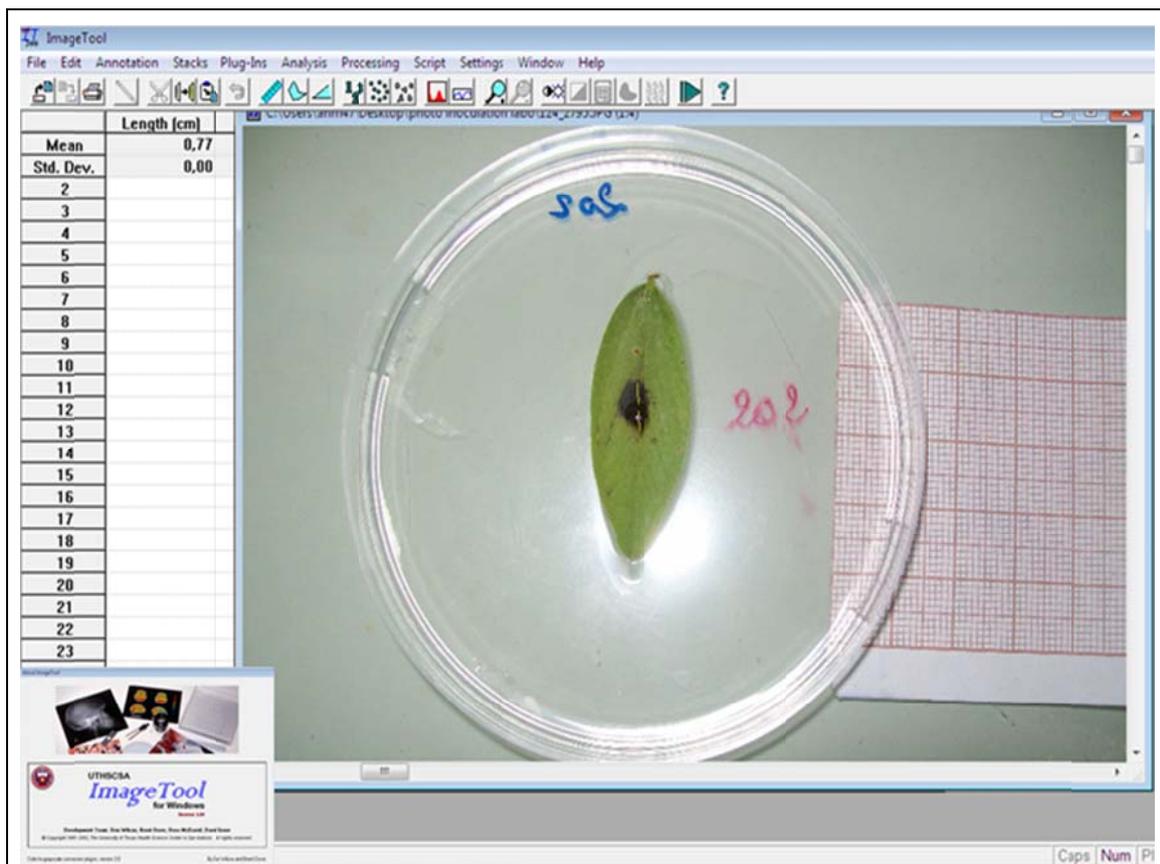


### 3.5.3 Observations

Les observations ont commencé 24 heures après inoculation. Des tâches sombres se distinguent clairement aux endroits de dépôt des gouttes, exprimant la formation de lésions uniques 24 heures plus tard, soit 48 h après l'inoculation. Les longueurs des diamètres des tâches ont été mesurées à 2, 3 et 6 jours après l'inoculation ; les zones respectives sont calculées à l'aide

d'un logiciel Image Tools (University of Texas Health Science Center in San Antonio. Version 3.0) (**Figure 22**).

Pour chaque plante, nous calculons la taille moyenne de la lésion (ALS : Area Leaf Surface) (la moyenne des surfaces des lésions de toutes les feuilles à un temps d'évaluation donné).



**Figure 22** : Exemple de mesure de la longueur de lésions (population 202) par Image Tools

### 3.6 ANALYSE STATISTIQUE

#### 3.6.1 Paramètres des maladies

Avec toutes les variables étudiées, concernant l'évaluation des deux maladies (infection, sévérité), les données ont été exprimées selon les situations d'expérimentation (sur terrain ou

laboratoire). Les valeurs ont été transformées (arcs  $\sqrt{x}$ ) pour optimiser la normalité des deux variables. La progression et l'évolution des maladies en fonction du temps ont été évaluées à l'aide du calcul de la courbe des aires de propagation des symptômes (AUDPC : Area under the disease progress curve) en appliquant le génotype (population) comme facteur fixe (Dagnelie, 1984). L'AUDPC a été calculé selon la formule suivante (Shaner et Finney, 1977):

$$\text{AUDPC} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \{(Y_{i+1} + Y_i)(X_{i+1} - X_i)\}$$

$Y_i$  = valeur du paramètre évalué au jour (J)

$X_i$  = temps en jours

$n$  = nombre total des observations

Pour les essais de laboratoire, les valeurs de lésions foliaires ont subi des analyses de normalité, suivies d'une régression linéaire. Les pentes des courbes de régression constituent les indices de l'évolution des lésions observées, utilisées comme paramètre épidémiologique.

Pour la comparaison entre les résultats de terrain et ceux du laboratoire, une analyse de corrélation a été effectuée. Les analyses statistiques ont été réalisées au niveau du centre CISA (Cordoue, Espagne) en utilisant le programme Statistix 8 (logiciel analytique, Tallahassee, la Floride, Etats-Unis).

### 3.6.2 Paramètres de croissance et de production

Les analyses statistiques sont effectuées avec le logiciel statistique « STAT graphics Centurion XVI », version 16.1.18 (32-bits).

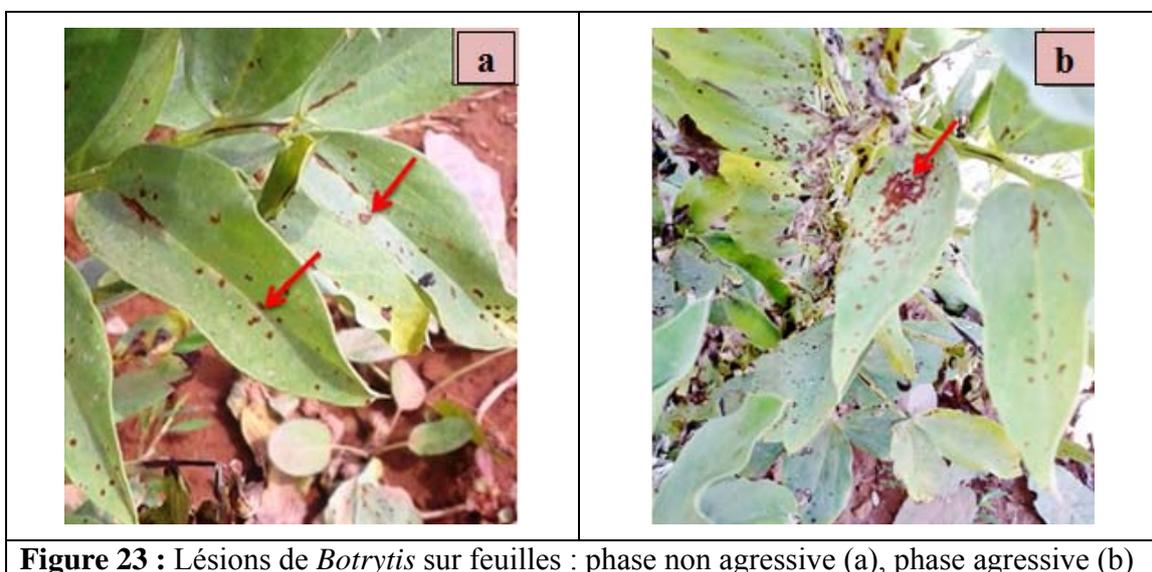
Deux tests sont réalisés, le test ANOVA pour l'analyse de la variance et le test de Newman et Keuls pour déterminer la plus petits amplitude significative (les groupes homogènes).

## Partie III : RESULTATS ET DISCUSSION

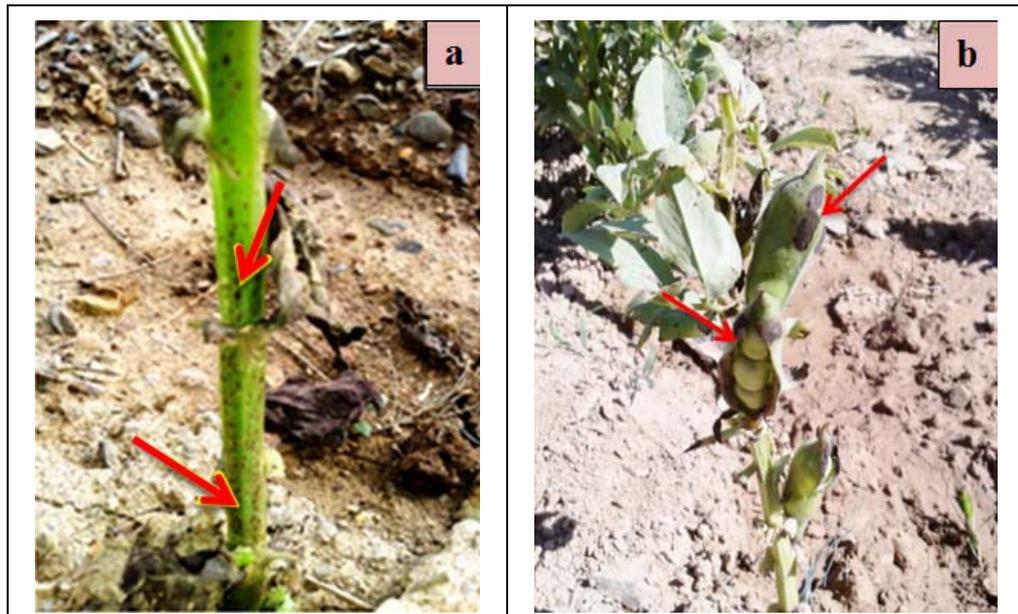
### 1. MALADIE TACHE CHOCOLAT

#### 1.1 EVALUATION *in situ* DE *Botrytis*

Les notations symptomatologiques effectuées, dès la levée de la culture, ont permis de constater le développement des symptômes typiques de la maladie (tâche chocolat). Les premiers symptômes sur feuilles sont apparues deux mois après la levée (27/01/2014), au stade formation des gousses (05/04/2014), sous formes de taches punctiformes de 1-2 mm de diamètre de couleur brun rougeâtre (**Figure 23 a**), cette phase est dite non agressive. Les lésions deviennent coalescentes et peuvent atteindre 10-15 mm de diamètre, elles sont de couleur brun-noirâtre avec contours irréguliers est qualifiée phase agressive (**Figure 23 b**). Nous avons constaté l'apparition de quelques symptômes sur tige sous forme de petites taches de couleur chocolat (**Figure 24 a**). Sur gousses des taches punctiformes sont apparues, qui évoluent en pourriture brune suivie d'un dessèchement partiel et parfois total, causant l'ouverture des gousses (**Figure 24 b**).



**Figure 23** : Lésions de *Botrytis* sur feuilles : phase non agressive (a), phase agressive (b)

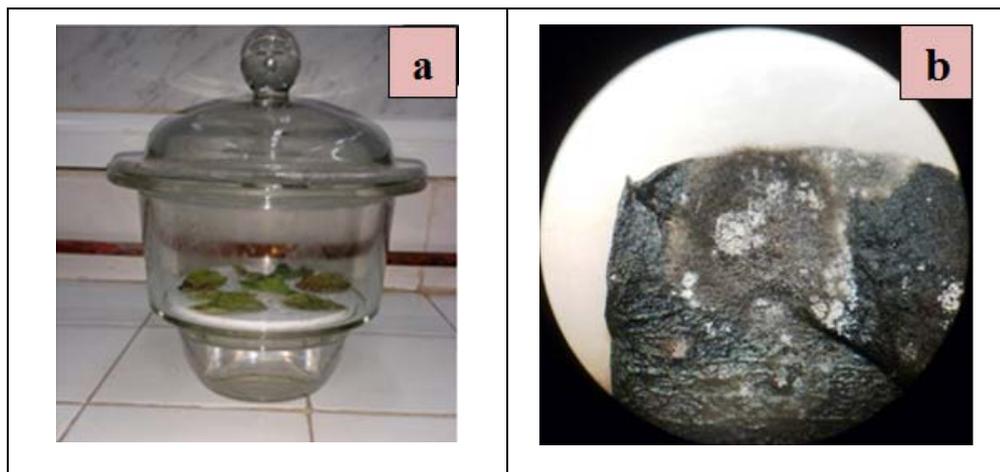


**Figure 24** : Lésions de *Botrytis* sur tige (a), sur gousse (b)

## 1.2 CONFIRMATION DE LA PRESENCE DE L'AGENT CAUSAL

### 1.2.1 Observation des fructifications

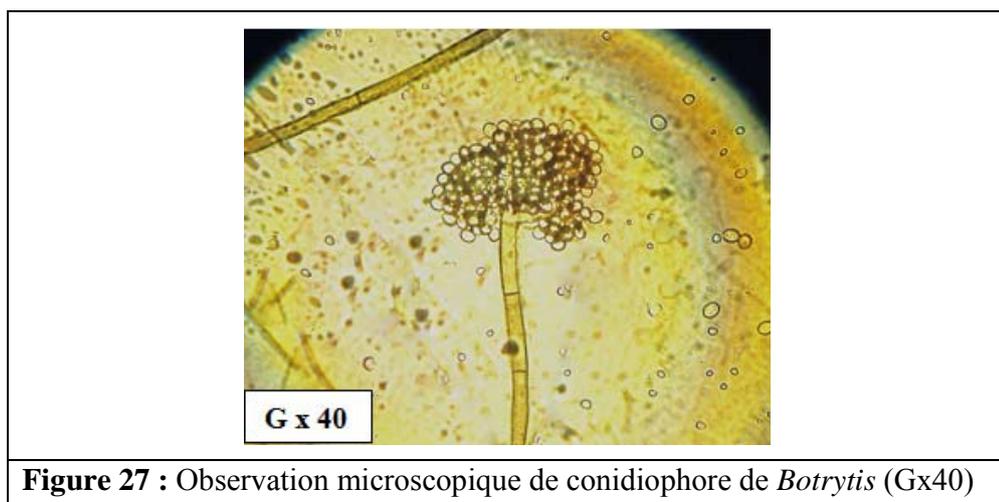
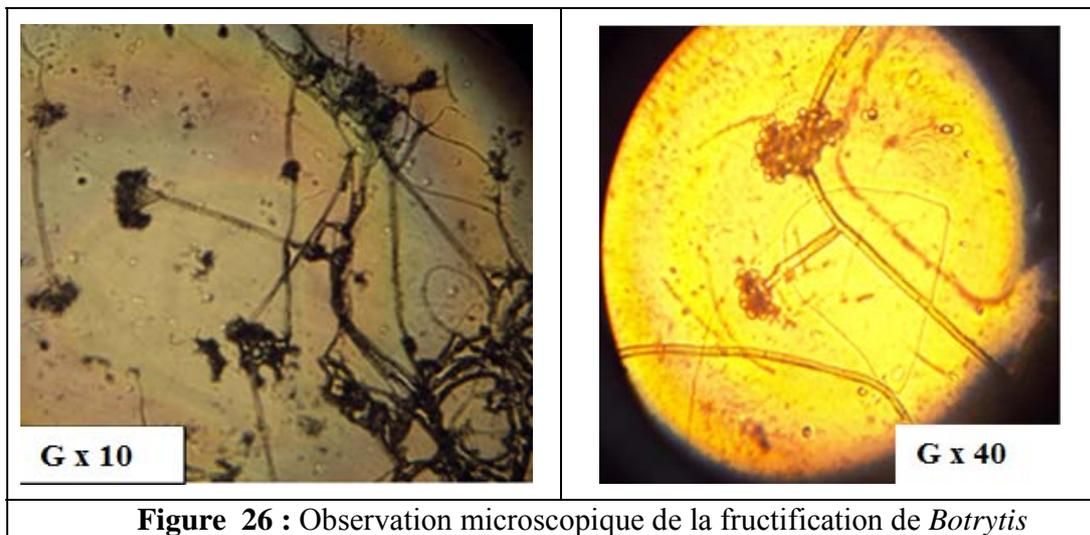
Durant le diagnostic symptomatologique, nous avons noté la présence des symptômes foliaires typiques. Pour la confirmation de la maladie, nous avons déposé des feuilles couvertes de lésions dans un dessiccateur (**Figure 25 a**), les observations des fructifications sous loupe confirment la présence de la maladie (**Figure 25 b**).



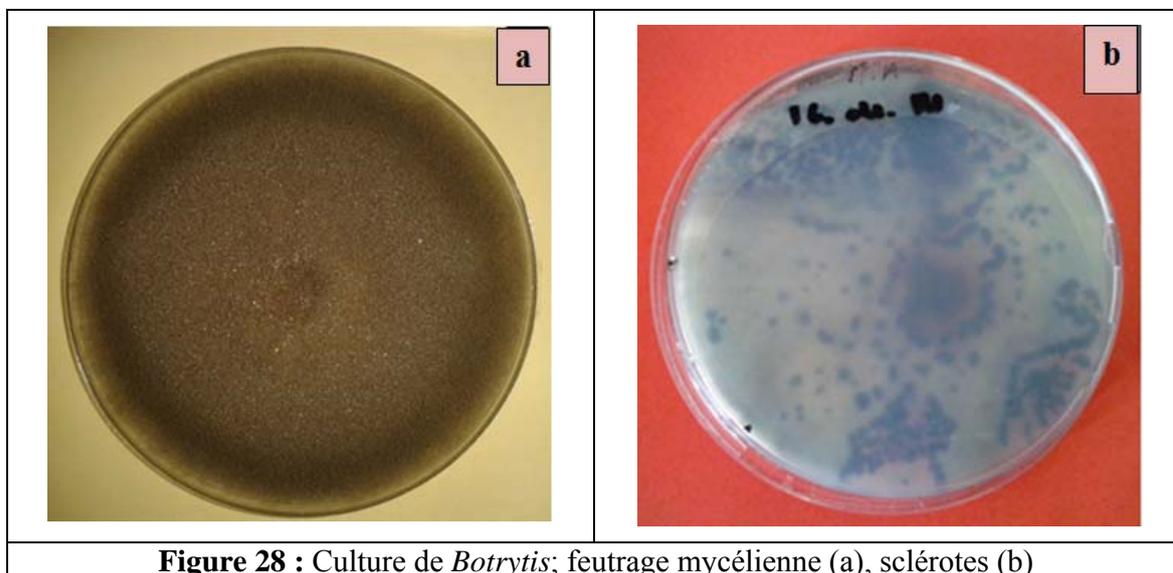
**Figure 25** : Feuilles couvertes de lésions sous dessiccateur (a), fructification

### 1.2.2 Observations microscopiques

Les observations microscopiques des fructifications des isolats fongiques ont permis de s'assurer la présence des fructifications de *Botrytis* (**Figure 26**) et la présence d'un mycélium cloisonné. Leurs conidiophores sont d'une forme longue, minces, hyalins ou pigmentés, ramifiés et parfois dichotomiques attachés aux stérigmates (**Figure 27**). Les conidies observées sont hyalines et unicellulaires, globuleuse à ovoïdes disposées en bouquets et attachées sur des stérigmates simples. Ces caractérisations sont similaires à celle décrites par Barnett (1972) et Semal (1989).



Les colonies de *Botrytis*, sur milieu PDA, présentent un aspect homogène avec un feutrage mycélien de couleur vert grisâtre (**Figure 28 a**). Quand le milieu s'épuise, le champignon se conserve sous formes de sclérotes de couleur noire (**Figure 28 b**).



**Figure 28** : Culture de *Botrytis*; feutrage mycélienne (a), sclérotes (b)

### 1.3 TAUX D'INFECTION

Les résultats de l'évaluation sur terrain, pour la maladie de tache chocolat, ont permis de calculer le taux d'infection et la sévérité de la maladie pour chaque date d'évaluation donnée pour les 88 familles RILs (**Tableau 4**).

Les observations visuelles des taux d'infection révèlent que toutes les populations sont touchées par la maladie. Au cours du temps d'évaluation, la plupart des populations montrent un taux d'infection faible, d'autre montrent un taux d'infection moyen (5-10 %) (Populations : 4, 45, 47, 56, 60, 85), avec le plus haut degré chez la population 62 (11.59 %) qui est enregistré au cours de la 4<sup>ème</sup> date d'évaluation (06/05/2014).

### 1.4 SEVERITE

Les taux de sévérité enregistré montrent que 80 populations en plus des deux géniteurs (BPL 710, BARAKA) et notre témoin SCIABOLA, parmi les 88 populations étudiées appartient à la classe [1-5], 8 populations appartiennent à la classe [5-10] et une seule population appartient à la classe [10-15] ; correspondant à une faible sévérité (**Figure 29**).

Une distribution quantitative des différentes familles RILs selon les classes d'AUCPC, calculés à partir de la sévérité finale, montre un faible taux de la maladie, même chez le géniteur susceptible (BARAKA) (**Figure 30**).

**Tableau 4** : Taux d'infection (TI %) et la sévérité de la maladie (SE) de 88 familles RILs ségréantes vis-à-vis de *Botrytis*

Dates	14/04/2014		21/04/2014		28/04/2014		06/05/2014		Dates	14/04/2014		21/04/2014		28/04/2014		06/05/2014	
	Familles	TI (%)	SE	TI (%)	SE	TI (%)	SE	TI (%)		SE	Familles	TI (%)	SE	TI (%)	SE	TI (%)	SE
1	0,2	0,07	0,38	0,22	0,22	0,18	0,42	0,24	27	0,54	0,33	0,2	0,16	0,55	0,3	0	0
2	0,9	0,25	1,88	0,9	2,86	1,21	0,4	0,31	28	0,48	0,04	0,39	0,2	0,28	0,28	1,39	0,8
3	1,04	0,54	2,36	0,8	2	0,1	1,17	0,49	29	0,7	0,35	0,45	0,17	0,14	0,14	0,41	0,24
4	3,3	1,85	2,91	0,88	2,52	0,99	6,93	1,53	30	0,54	0,27	0,66	0,23	0,78	0,78	0,5	0,35
5	2,3	1,17	1	0,19	0,73	0,17	1,89	0,93	31	0,37	0,21	0,37	0,17	0,29	0,17	0,28	0,16
6	2,65	1,52	4,24	2,35	3,51	0,17	3,39	0,69	32	1,17	0,46	0,78	0,38	0,82	0,66	0,52	0,44
7	0,8	0,2	1,85	0,31	1,41	0,75	1,56	0,78	33	0,66	0,23	0,76	0,52	0,77	0,33	1,39	0,19
8	0,82	0,2	0,86	0,29	2,53	1,24	1,29	0,68	34	1,31	0,47	1,27	0,8	0,16	0,1	1,11	1,11
9	1,91	0,72	1,8	0,34	3,12	1,25	4,42	1,86	35	0,68	0,33	1,61	0,52	1,37	0,55	0,74	0,38
10	1,15	0,1	2,81	0,71	3,75	0,94	2,08	1,68	36	1,55	0,91	2,56	0,62	1,91	1,29	2	1,2
11	2,11	0,52	1,23	0,2	0,62	0,37	1,67	0,96	37	0,27	0,2	0,5	0,13	0,27	0,11	0,28	0,28
12	0,55	0,29	1,09	0,41	1,59	0,94	1,48	0,8	38	0,46	0,21	0,89	0,44	0,18	0,11	0,24	0,24
13	0,51	0,27	0,42	0,42	0,95	0,45	1,16	1,08	39	0,83	0,25	0,72	0,22	0,06	0,03	0	0
14	0,91	0,68	0,82	0,16	1,49	0,32	1,36	0,67	40	1,02	0,47	1,11	0,26	1,83	0,67	2,47	0,58
15	0,31	0,17	0,65	0,3	1,94	0,87	0,8	0,77	41	0,22	0,1	0,3	0,15	0,16	0,13	0	0
16	0,41	0,14	0,88	0,28	3,69	2,22	0,28	0,28	42	0,68	0,27	2,46	1,86	0,08	0,08	0	0
17	0,57	0,32	1	0,06	1,35	0,77	0,51	0,18	43	0,42	0,06	1,91	0,89	0,56	0,51	0	0
18	0,36	0,1	1,53	0,74	0,05	0,05	0,38	0,17	44	0,5	0,29	0,52	0,15	1,08	0,33	0,5	0,29
19	0,37	0,12	0,48	0,22	0,4	0,12	0,72	0,2	45	4,19	0,41	3,09	0,68	7,86	2,7	7,13	1,17
20	0,3	0,15	0,82	0,21	0,22	0,18	0,55	0,55	46	1,66	0,61	4,46	0,65	4	1,65	6,86	2,97
21	1,17	0,38	0,62	0,02	0,11	0,05	0,06	0,06	47	2,29	0,73	3,44	0,58	4,96	1,66	8,55	3,07
22	0,3	0,11	0,81	0,1	0,5	0,42	0,73	0,49	48	0,76	0,24	8,99	8,01	0,62	0,37	1,51	0,96
23	0,19	0,05	0,68	0,39	0,43	0,18	0,92	0,59	49	0,72	0,32	1,01	0,25	2,13	0,96	1,96	0,78
24	0,39	0,13	0,66	0,12	0,29	0,17	1,41	0,63	50	1,6	0,74	1,13	0,38	0,86	0,35	2,53	0,85
25	1,39	0,72	0,76	0,38	1,36	0,44	0,99	0,84	51	2,97	1,47	3,12	1,06	4,53	1,57	6,38	1,96
26	0,47	0,23	1,03	0,14	0,72	0,36	0,41	0,41	52	1,74	1,07	2,14	0,33	4,18	1,65	4,02	1,04

Tableau 4... (Suite)

Dates	14/04/2014		21/04/2014		28/04/2014		06/05/2014		Dates	14/04/2014		21/04/2014		28/04/2014		06/05/2014	
Familles	TI (%)	SE	Familles	TI (%)	SE												
53	1,13	0,36	1,76	0,17	2,38	1,13	2,67	1,7	71	0,72	0,06	2,66	0,63	2,49	1,47	1,71	1,15
54	1,26	0,83	2,46	0,95	1,84	1,22	3,58	1,08	72	1,08	0,38	1,88	0,97	2,16	1,01	2,11	0,51
55	0,3	0,09	0,65	0,34	0,86	0,54	0	0	73	0,3	0,23	1,03	0,34	0,66	0,36	0,5	0,21
56	2,31	0,37	4,37	0,66	4,95	1,88	7,01	2,21	74	1,3	0,77	1,81	0,18	2,58	0,68	2,33	0,58
57	0,68	0,62	0,78	0,4	0,83	0,48	0,97	0,08	75	1,48	0,66	1,46	0,2	1,36	0,15	2,2	0,64
58	4,41	2,21	4,65	1,18	9,02	3,31	3,84	1,75	76	0,49	0,1	1,48	0,62	0,41	0,24	1,11	0,55
59	2,34	1,95	2,81	0,49	2,81	1,06	1,94	1,33	77	0,22	0,11	0,66	0,38	1,8	1,55	1,36	0,66
60	3,16	2,12	6,53	2,15	5,97	0,6	9,43	1,69	78	0,59	0,08	0,32	0,17	0,27	0,2	0	0
61	1,59	0,71	2,91	0,46	3,46	2,44	1	0,65	79	0,64	0,3	0,59	0,26	1,12	0,17	1,06	0,6
62	2,11	0,4	3,33	0,16	3,7	0,37	11,59	0,85	80	0,65	0,23	0,87	0,4	1,66	0,67	0,56	0,56
63	0,8	0,47	1,03	0,15	0,87	0,4	0,48	0,22	81	1,29	0,86	1,24	0,23	1,8	0,36	3,21	0,39
64	0,72	0,42	2,4	0,39	2,19	1,11	0,99	0,51	82	0,99	0,22	0,44	0,2	0,06	0,04	0,43	0,35
65	0,58	0,08	1,22	0,22	0,78	0,74	0,72	0,43	83	0,57	0,12	1,25	0,31	0,65	0,25	1,11	0,32
66	0,89	0,35	0,67	0,11	0,97	0,42	0,22	0,22	84	1,13	0,14	2,31	0,46	2,35	0,54	4,7	1,45
67	1,12	0,34	1,26	0,34	0,97	0,67	2,94	1,15	85	1,02	0,13	1,8	0,29	1,87	0,16	7,89	1,64
68	1,11	0,65	2,04	0,42	1,94	0,92	2,69	1,47	86	1,45	0,87	1,91	0,79	1,11	0,34	1,45	0,36
69	0,64	0,13	0,87	0,23	0,44	0,23	0,37	0,37	Baraka	0,75	0,13	2,17	0,32	1,57	0,76	1,49	0,78
70	0,66	0,3	1,58	0,44	1,83	0,7	2,47	1,3	BPL 710	0,73	0,4	1,02	0,46	1,67	1,17	2,78	0,95
									SCIABOLA	1,13	0,3	0,16	0,03	2,72	0,14	2,22	0,13

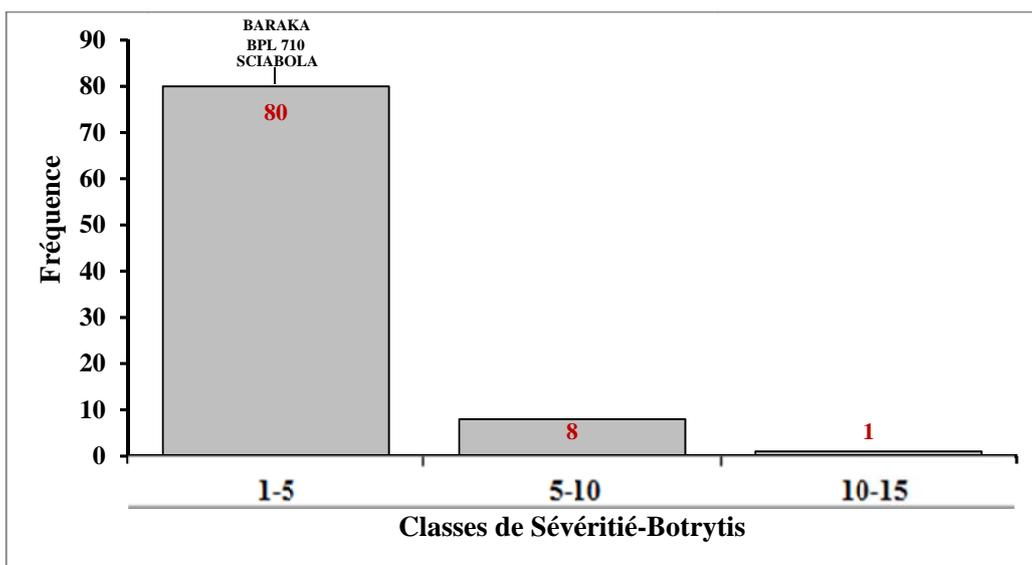


Figure 29 : Distribution des différentes populations selon les classes de la sévérité

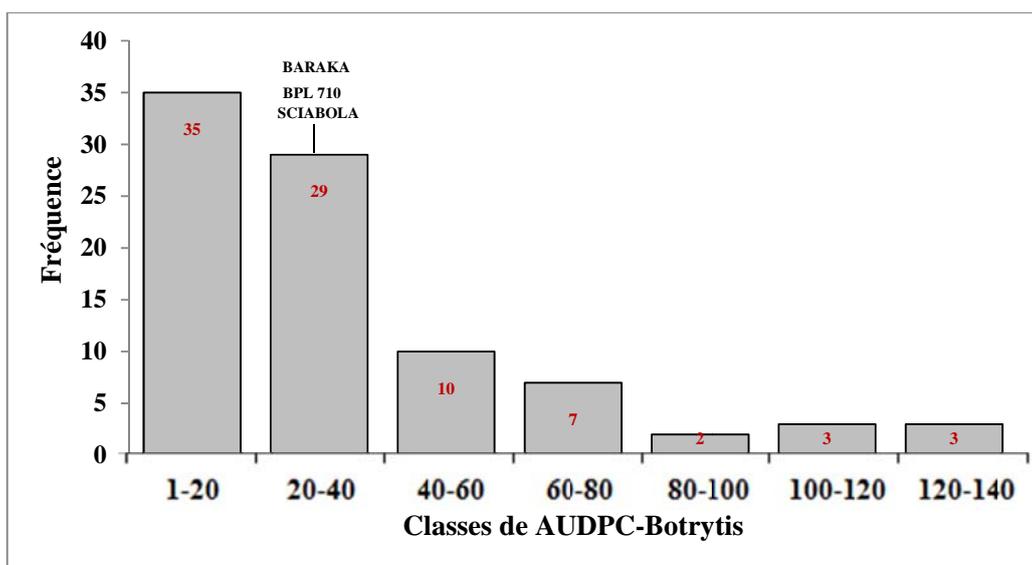


Figure 30 : Distribution des différentes populations selon les classes d'AUDPC

Les analyses de l'ANOVA pour la sévérité finale (**Tableau 5**) et les valeurs de l'AUDPC calculées à partir de la sévérité finale (**Tableau 6**) montrent qu'il y a une différence hautement significative ( $P < 0,001$ ).

**Tableau 5** : Analyse ANOVA de la sévérité final-*Botrytis*

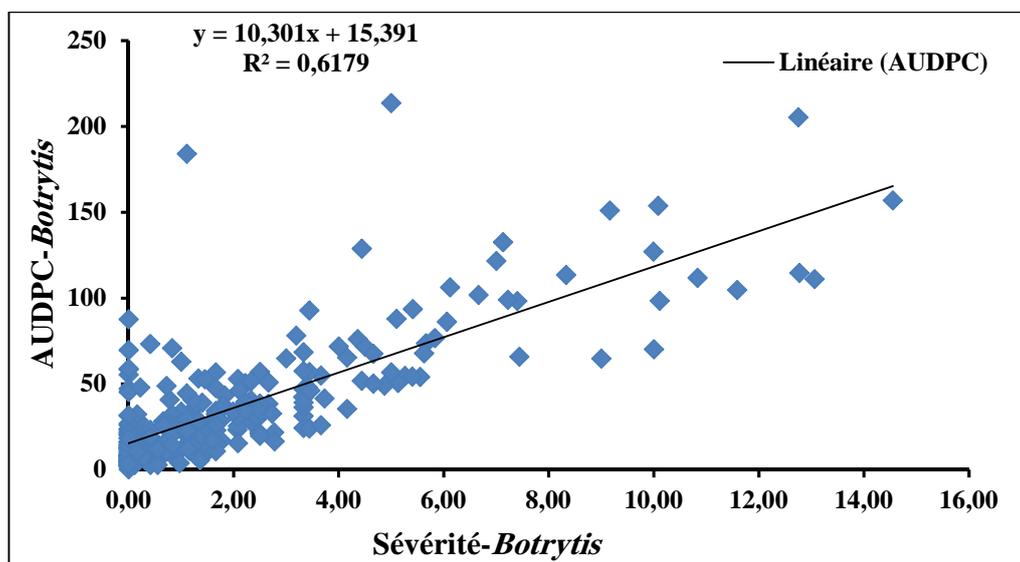
Source de variable	DDL	SCE	CM	VR	Prob
V. Bloc	2	15 098	7 549	2.72	
V. Famille	87	1 431 731	16 457	5.93	<.001***
V. Résiduelle	174	482 923	2 775		
V. Total	263	1 929 752			

**Tableau 6** : Analyse ANOVA de l'AUDPC *Botrytis*

Source de variable	DDL	SCE	CM	VR	Prob
V. Bloc	2	929.1	464.6	0.86	
V. Famille	87	236401.5	2717.3	5.03	<.001***
V. Résiduelle	174	94086.6	540.7		
V. Total	263	331417.2			

(\*\*\* Différence Hautement Significative à  $p < 0,001$ )

La corrélation entre la sévérité de la maladie et les valeurs AUDPC pour tous les génotypes était élevée et significative ( $P < 0,001$ ) (**Figure 31**).

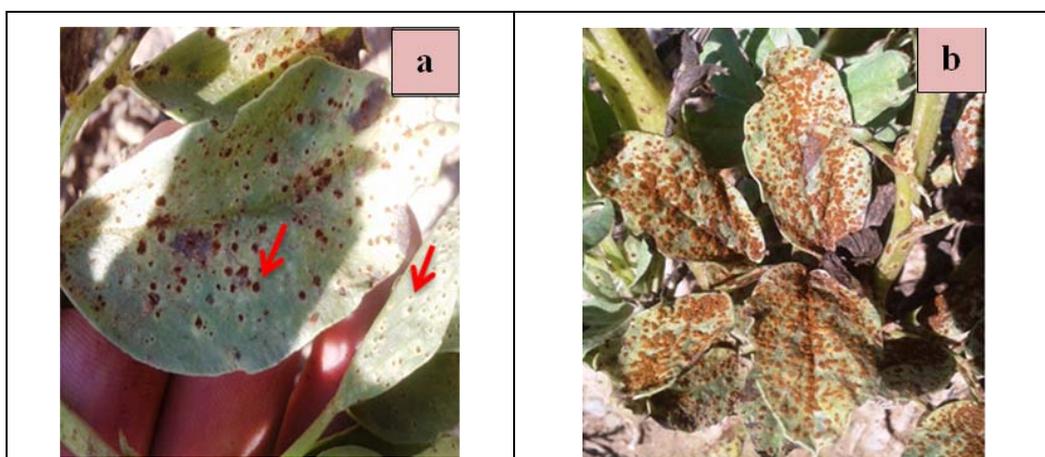


**Figure 31** : Corrélation entre les valeurs d'AUDPC et leurs valeurs respectives de la sévérité finale

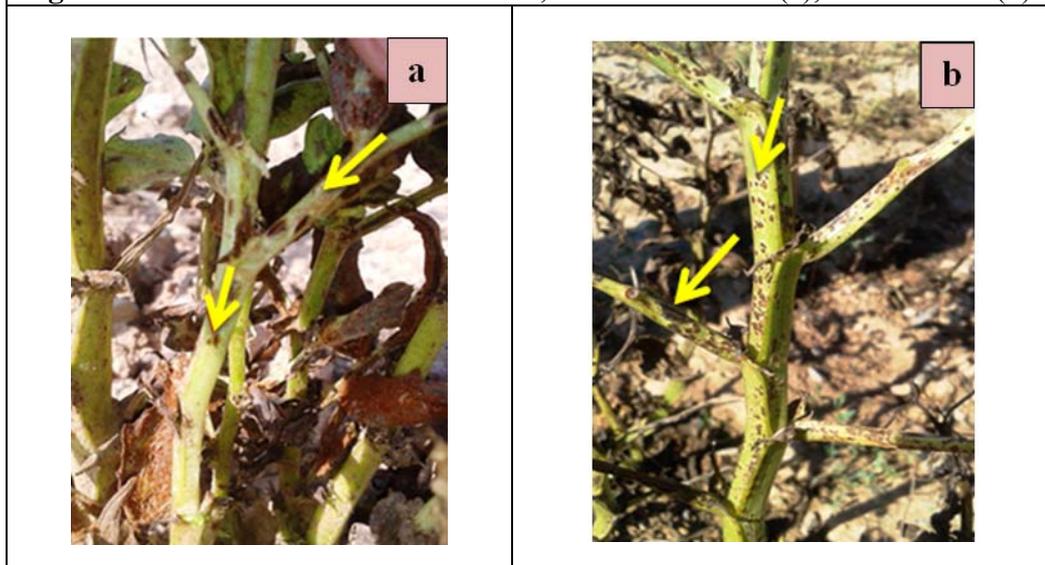
## 2. MALADIE DE LA ROUILLE

### 2.1 EVALUATION in situ d'*Uromyces*

Les suivies symptomatologiques ont permis de constater la présence des symptômes typique de la rouille causée par *Uromyces viciae-fabae*. Les premiers symptômes sur feuilles sont apparus (14/04/2014) au stade début de maturation des gousses (20/04/2014), sous forme de pustules ponctiformes de couleur brun-roux (**Figure 32 a**). Au cours du temps, la germination des urédospores évolue et arrive à couvrir la totalité du feuillage (**Figure 32 b**). Plus tard, ces pustules ont touché les tiges (**Figure 33 a**). A la fin de culture, les téléutospores se conservent et provoquent des craquelures sur les tiges et les pétioles (**Figure 33 b**).



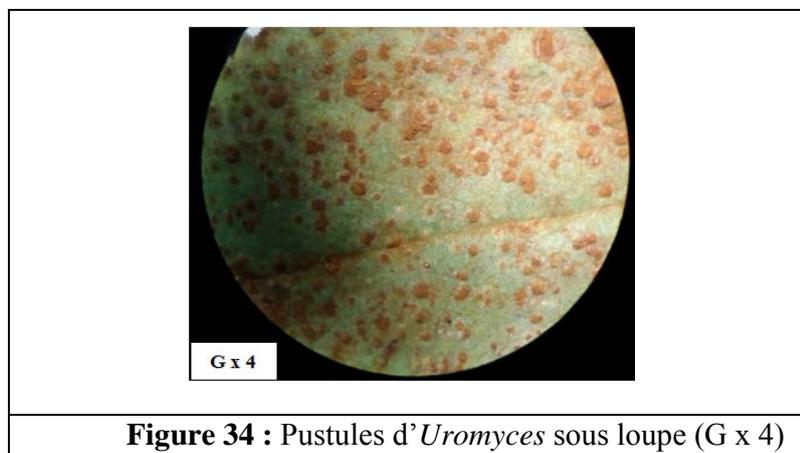
**Figure 32 :** Pustules de rouille sur feuille; début d'infection (a), stade avancé (b)



**Figure 33 :** Pustules sur tige de fève ; urédospores (a), téléutospores (b)

## 2.2 CONFIRMATION DE LA PRESENCE DE L'AGENT CAUSAL

Sous la loupe (G x 4), nous avons constaté la présence des pustules sur la surface supérieure des feuilles, de couleur brun rougeâtre (**Figure 34**).

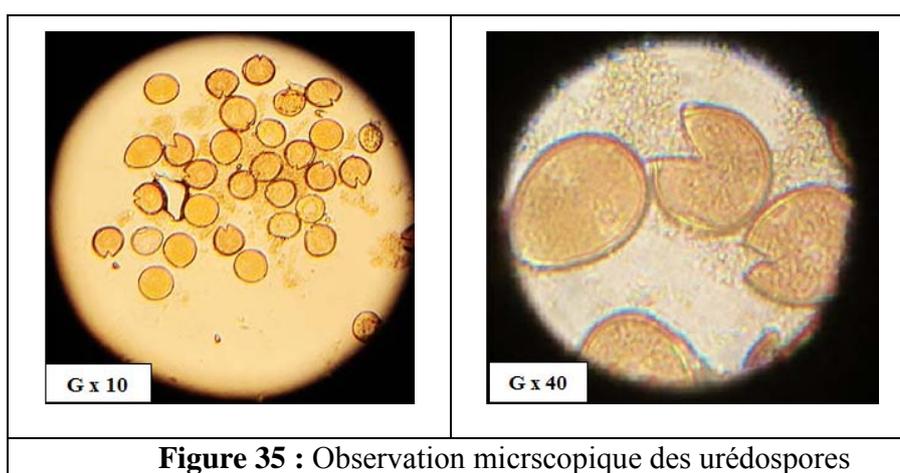


**Figure 34** : Pustules d'*Uromyces* sous loupe (G x 4)

## 2.3 OBSERVATIONS MICROSCOPIQUES

Les observations microscopiques des différentes spores ont permis de confirmer avec leur conformité avec celles des spores d'*Uromyces viciae-fabae*, notamment avec la présence des deux stades urédospore et téléospore.

Les urédospores sont globuleuses, ovoïdes, de couleur brun pâle (**Figure 35**). Les téléospores sont globuleuses, à sommet largement arrondie et parfois conique, obtu ou plus rarement tronqué et surmontées d'une papille (**Figure 36**). Ces caractérisations sont semblables à celles décrites par Guyot (1957).



**Figure 35** : Observation microscopique des urédospores



## 2.4 TAUX D'INFECTION

Les observations visuelles des taux d'infections révèlent que certaines populations n'ont pas été touchées par la maladie (TI=0) au début de l'évaluation (21-04-2014). L'évolution des taux d'infection varie d'une population à une autre, en termes de vitesse de progression de la maladie. Certaines populations ont montré un taux d'infection assez élevé (populations : 3, 10, 52, 53, 73 et 84), d'autre ont montré une progression lente de la maladie au cours du temps (populations : 7, 69, 70, 72, 75 et 77) (**Tableau 7**).

La progression est élevée par rapport à *Botrytis*, avec un taux d'infection remarquable surtout lors de la dernière date d'évaluation (13-05-2014).

## 2.5 SEVERITE

Les classes de sévérité calculées à partir des taux d'infection montrent que la plupart des populations RILs ont enregistré des sévérités moyennes (**Figure 37**), soit 12 populations appartiennent à la classe [1-5], le géniteur résistant appartient à la classe [5-10], le géniteur susceptible Baraka et le témoin SCIABOLA appartient à la classe [15-20] avec un taux de sévérité moyen, les populations 10 et 53 appartiennent à la grande classe [45-50] avec un taux de sévérité élevé.

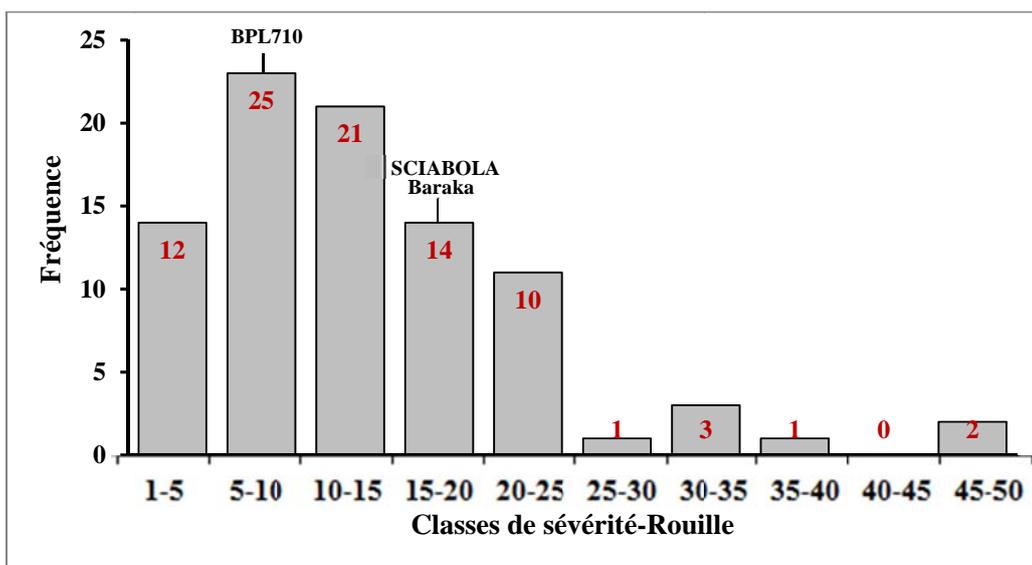
La distribution quantitative des populations ségréantes selon les classes d'AUDPC calculées à partir de la sévérité finale montre un taux moyen dans le cas de cette maladie, avec 7 populations est plus résistant que le géniteur BPL 710 qui se dans la classe [20-40], le géniteur susceptible se trouve dans la classe [60-80] et notre témoin appartient à la classe [100-120] qui représente un niveaux élevé la maladie (**Figure 38**).

**Tableau 7 :** Taux d'infection (TI %) et la sévérité de la maladie (SE) de 88 familles RILs ségrégantes vis-à-vis la rouille

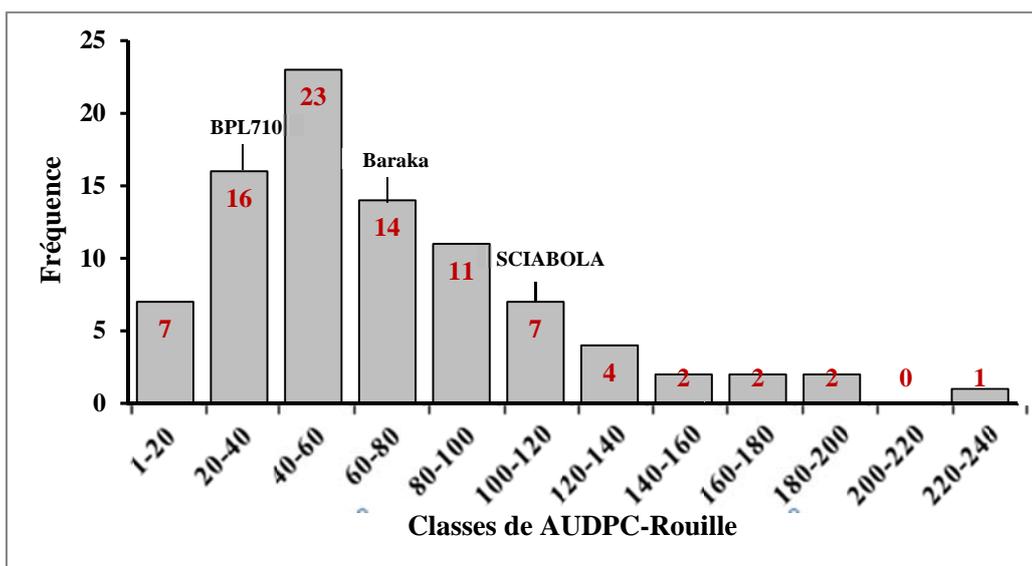
Dates	21/04/2014		28/04/2014		06/05/2014		13/05/2014		Dates	21/04/2014		28/04/2014		06/05/2014		13/05/2014	
	Familles	TI (%)	SE	TI (%)	SE	TI (%)	SE	TI (%)		SE	Familles	TI (%)	SE	TI (%)	SE	TI (%)	SE
1	0,05	0,05	1,25	0,65	3,71	2,44	12,67	1,35	27	0,05	0,03	0,68	0,22	0,84	0,20	4,66	1,58
2	0,00	0,00	0,16	0,16	1,66	1,00	21,55	14,31	28	0,06	0,03	0,91	0,50	3,72	0,80	14,17	6,45
3	0,33	0,19	1,23	1,01	5,43	2,71	32,50	6,47	29	0,30	0,26	0,86	0,27	3,10	0,97	10,83	3,63
4	0,00	0,00	0,62	0,48	2,16	1,19	9,89	3,80	30	0,02	0,02	0,07	0,04	0,39	0,31	18,89	16,06
5	0,03	0,03	0,37	0,19	1,33	0,66	8,91	1,59	31	0,06	0,03	0,25	0,10	1,40	0,81	3,11	0,64
6	0,00	0,00	0,08	0,05	0,44	0,21	4,77	1,82	32	0,13	0,13	0,71	0,29	3,36	1,30	15,11	6,53
7	0,02	0,02	0,03	0,03	0,18	0,10	2,33	0,77	33	0,00	0,00	0,56	0,19	2,24	0,74	11,11	5,30
8	0,07	0,04	1,34	0,30	7,01	2,74	21,16	9,89	34	0,00	0,00	0,29	0,29	1,39	1,00	5,00	2,89
9	0,00	0,00	0,86	0,23	1,51	0,69	9,88	2,66	35	0,03	0,03	0,34	0,09	1,56	0,46	8,00	2,52
10	0,11	0,11	3,02	1,92	6,47	3,60	46,83	12,53	36	0,11	0,11	0,18	0,03	0,64	0,13	8,00	1,89
11	0,00	0,00	0,09	0,06	0,47	0,08	12,67	0,38	37	0,02	0,02	0,76	0,42	1,64	0,75	8,50	4,65
12	0,43	0,22	0,97	0,44	2,17	0,57	17,50	5,29	38	0,12	0,06	1,77	0,52	2,53	0,77	18,00	6,08
13	0,09	0,09	0,91	0,51	2,30	0,74	12,33	2,34	39	0,00	0,00	1,64	1,24	2,00	1,50	11,22	1,98
14	0,02	0,02	0,48	0,26	2,05	0,47	12,33	1,42	40	0,02	0,02	0,42	0,19	1,10	0,79	5,11	0,80
15	0,02	0,02	0,33	0,10	0,95	0,37	7,42	1,67	41	0,17	0,12	1,57	0,47	5,19	0,55	28,05	2,74
16	0,02	0,02	0,38	0,12	2,94	1,09	16,94	3,48	42	0,19	0,16	0,50	0,50	1,32	0,76	15,42	3,13
17	0,04	0,04	0,59	0,31	1,52	0,82	9,22	4,57	43	0,26	0,20	1,69	0,63	4,85	0,93	24,16	4,88
18	0,02	0,02	0,38	0,29	1,21	0,41	8,00	2,31	44	0,03	0,02	1,01	0,52	1,54	0,31	7,00	1,15
19	0,03	0,03	0,42	0,21	1,05	0,39	10,11	1,55	45	0,00	0,00	0,16	0,10	2,88	0,40	22,92	1,20
20	0,02	0,02	0,86	0,42	5,07	3,88	12,81	6,10	46	0,13	0,13	0,25	0,15	2,33	2,21	7,50	1,44
21	1,15	1,15	2,86	1,38	3,37	1,23	13,55	5,20	47	0,00	0,00	0,29	0,23	0,94	0,42	11,38	1,69
22	0,00	0,00	0,41	0,08	3,10	1,50	12,89	6,57	48	0,02	0,02	0,16	0,08	0,41	0,18	4,64	1,99
23	0,00	0,00	0,26	0,12	0,71	0,22	9,11	3,40	49	0,00	0,00	0,18	0,10	2,00	0,74	8,89	1,60
24	0,02	0,02	0,09	0,09	0,72	0,23	2,91	0,43	50	0,03	0,03	0,61	0,34	1,38	0,70	7,00	1,93
25	0,11	0,11	0,24	0,14	1,47	0,43	10,89	4,34	51	0,04	0,04	0,31	0,17	1,87	0,88	19,16	3,15
26	0,03	0,03	0,28	0,03	1,20	0,44	15,11	5,81	52	0,13	0,13	2,18	0,92	8,23	4,44	33,11	6,22

Tableau 7... (Suivie 1)

Dates	21/04/2014		28/04/2014		06/05/2014		13/05/2014		Dates	21/04/2014		28/04/2014		06/05/2014		13/05/2014	
	Familles	TI (%)	SE	TI (%)	SE	TI (%)	SE	TI (%)		SE	Familles	TI (%)	SE	TI (%)	SE	TI (%)	SE
53	0,14	0,14	0,52	0,03	1,69	0,77	47,08	8,90	71	0,02	0,02	0,65	0,20	3,43	0,42	10,55	2,00
54	0,02	0,02	0,32	0,11	1,50	0,63	13,33	1,92	72	0,00	0,00	0,08	0,05	0,72	0,23	2,67	0,38
55	0,18	0,18	1,64	0,95	5,33	4,48	22,61	16,62	73	0,00	0,00	0,28	0,24	1,40	0,81	30,42	17,56
56	0,00	0,00	0,16	0,12	0,28	0,28	11,50	2,60	74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,41	6,77	3,28
57	0,16	0,12	2,10	1,05	8,90	2,56	22,50	11,07	75	0,04	0,04	0,30	0,15	1,61	0,56	3,50	1,40
58	0,06	0,03	1,72	0,24	6,83	0,84	21,33	8,33	76	0,16	0,13	1,48	0,74	2,44	0,24	21,11	4,55
59	0,07	0,05	1,62	0,94	4,72	2,54	17,13	2,56	77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,03	3,00	0,38
60	0,00	0,00	0,03	0,03	3,07	2,64	8,33	0,96	78	0,04	0,04	0,12	0,04	1,71	0,57	11,89	3,69
61	0,05	0,05	0,56	0,36	1,54	1,27	12,05	5,05	79	0,22	0,22	0,81	0,22	2,13	0,15	11,11	3,13
62	0,00	0,00	0,23	0,10	1,93	0,81	20,25	9,48	80	0,00	0,00	1,06	0,22	4,53	1,44	19,77	8,15
63	0,03	0,03	0,60	0,27	2,50	0,72	11,94	2,74	81	0,17	0,14	2,15	0,97	3,26	1,30	20,55	5,28
64	0,02	0,02	0,46	0,26	1,97	0,88	17,33	8,33	82	0,00	0,00	0,19	0,16	1,14	0,46	9,61	3,71
65	0,22	0,11	0,86	0,36	1,81	0,93	8,50	1,88	83	0,11	0,11	0,18	0,14	0,64	0,08	5,00	2,67
66	0,04	0,02	0,29	0,17	1,50	0,68	8,55	1,93	84	0,24	0,24	0,47	0,38	1,17	1,01	36,42	16,98
67	0,03	0,03	0,36	0,19	0,80	0,17	7,33	2,12	85	0,02	0,02	0,50	0,25	0,57	0,15	9,33	2,31
68	0,03	0,03	0,14	0,14	0,24	0,05	4,66	2,78	86	0,00	0,00	0,07	0,05	0,62	0,27	15,00	1,93
69	0,00	0,00	0,28	0,15	0,67	0,34	3,44	2,02	Baraka	0,00	0,00	0,55	0,39	1,56	1,19	15,94	4,53
70	0,00	0,00	0,11	0,11	0,05	0,05	1,78	1,78	BPL 710	0,00	0,00	0,13	0,13	1,21	0,63	7,44	2,11
									SCIABOLA	1,15	0,01	2,19	0,08	3,24	0,06	17,86	0,23



**Figure 37 :** Distribution des différentes populations selon les classes de la sévérité



**Figure 38 :** Distribution des différentes populations selon les classes d'AUCPC calculées à partir de la sévérité

Les analyses de l'ANOVA (**Tableau 8**) pour la sévérité finale et les valeurs de l'AUDPC calculée à partir de la sévérité finale (**Tableau 9**) montrent qu'il y a une différence hautement significative ( $P < 0,001$ ).

**Tableau 8** : Analyse ANOVA de la sévérité finale (Rouille)

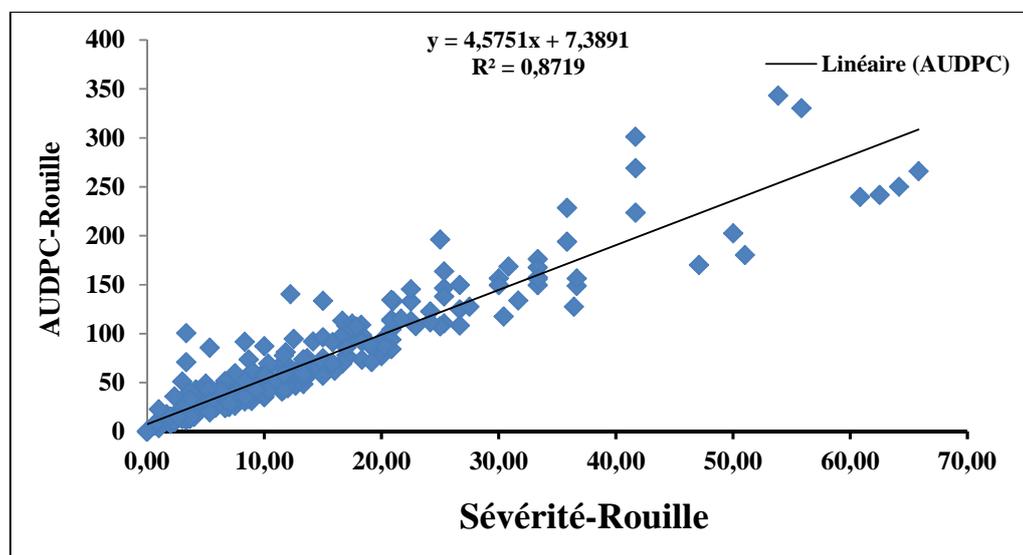
Source de variable	DDL	SCE	CM	VR	Prob
V. Bloc	2	914.52	457.26	4.74	
V. Famille	87	21065.29	242.13	2.51	<.001***
V. Résiduelle	174	16776.59	96.42		
V. Total	263	38756.40			

**Tableau 9** : Analyse ANOVA AUDPC Rouille

Source de variable	DDL	SCE	CM	VR	Prob
V. Bloc	2	17001.	8500.	3.78	
V. Famille	87	519298.	5969.	2.66	<.001***
V. Résiduelle	174	391097.	2248.		
V. Total	263	927396.			

(\*\*\* Différence Hautement Significative à  $p < 0,001$ )

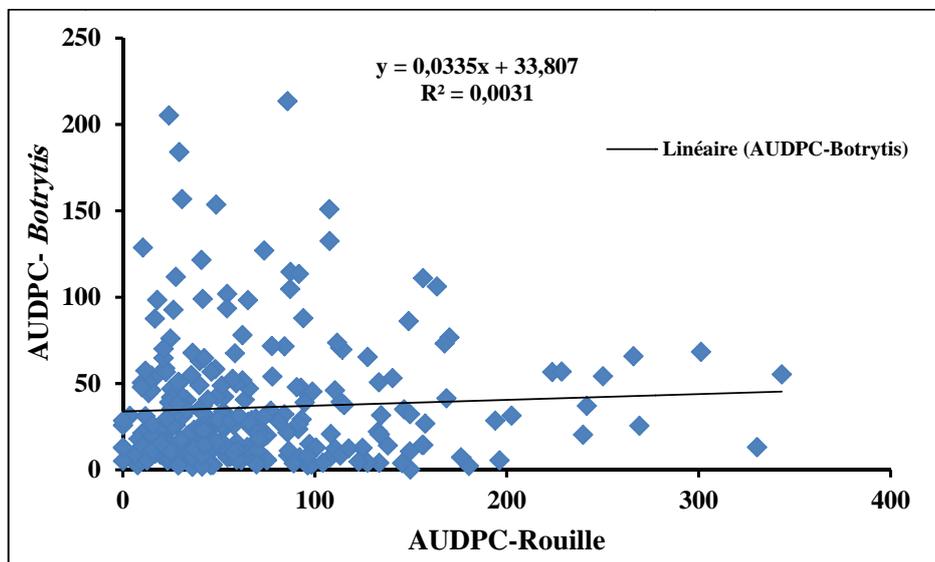
La corrélation entre la sévérité de la maladie et les valeurs AUDPC pour tous les génotypes était élevée et significative ( $P < 0,001$ ) (**Figure 39**).



**Figure 39** : Corrélation entre les valeurs d'AUCPC et leurs respectives valeurs de la sévérité

### 3. CORRELATION ENTRE LES DEUX MALADIES

Les tests d'analyse montrent l'absence de corrélation entre les valeurs d'AUDPC de deux maladies ( $r = 0,056$ ) (**Figure 40**).



**Figure 40** : Corrélation entre les valeurs d'AUCPC des deux maladies

### 4. PRESENCE DE L'OROBANCHE

Notre surveillance du développement des pieds d'orobanche (**Figure 41**) durant toute la culture a révélé la présence de 7 pieds. Selon les caractéristiques morphologiques, il s'agit de l'espèce *Orobanche foetida*.



**Figure 41** : Pied d'orobanche sur fève

## 5. EVALUATION DE LA CROISSANCE ET DE LA PRODUCTION

### 5.1 TAUX DE GERMINATION

Les analyses ANOVA pour le taux de germination, pour les 88 familles ségréantes, révèlent l'existence d'une faible différence significative. A noter que la plus forte des probabilités vaut 0,0307 (**Tableau 10**).

**Tableau 10** : Analyse ANOVA de taux de germination

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	Rapport F	Proba.
<b>Familles</b>	24814,8	87	285,227	1,40	0,0307*
<b>Blocs*</b>	2475,0	1	2475,0	12,17	0,0006
<b>Residual</b>	35591,7	175	203,381		
<b>Total</b>	62881,4	263			

(\* Différence Significative)

### 5.2 CROISSANCE

Les analyses ANOVA pour les résultats des aspects de croissance, pour les 88 familles ségréantes étudié, révèlent l'existence d'une différence hautement significative, pour longueur et largeur des feuilles (**Tableau 11**, **Tableau 12**). Ainsi que, analyse ANOVA pour la largeur des tiges des 88 familles, montrent l'existence d'une différence hautement significative entre eux (**Tableau 13**).

**Tableau 11** : Analyse ANOVA de longueur des feuilles des 88 familles ségréantes

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	Rapport F	Proba.
<b>Familles</b>	69,1741	88	0,786069	3,60	0,0000***
<b>Bloc*</b>	1,36719	1	1,36719	6,27	0,0132
<b>Residual</b>	38,6021	177	0,218091		
<b>Total</b>	109,143	266			

**Tableau 12** : Analyse ANOVA de largeur des feuilles des 88 familles ségréantes

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	Rapport F	Proba.
<b>Familles</b>	36,2849	88	0,412328	2,62	0,0000***
<b>Bloc*</b>	0,682249	1	0,682249	4,33	0,0388
<b>Residual</b>	27,8773	177	0,157499		
<b>Total</b>	64,8444	266			

(\*\*\* Différence Hautement Significative)

**Tableau 13** : Analyse ANOVA de la largeur des tiges

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	Rapport F	Proba.
<b>Familles</b>	0,329455	88	0,0037438	1,79	0,0006***
<b>Bloc*</b>	0,0030764	1	0,0030764	1,47	0,2268
<b>Residual</b>	0,37019	177	0,00209147		
<b>Total</b>	0,702721	266			

(\*\*\* Différence Hautement Significative)

Les analyses effectuées avec le test Newman-Keuls ont permis de classer les populations, qui ont montré une différence significative vis-à-vis du paramètre étudié, pour la longueur des feuilles, une distribution selon un ordre croissant, 25 groupes homogène ont été identifiés, soit la population 29 représente la plus petite amplitude, qui appartient à la classe [a], la population 84 représente la plus grande amplitude, qui se trouve dans la classes [b'] et les restes dans les classes intermédiaire y compris les deux géniteurs (BPL 710, Baraka) et le témoin (SCIABOLA) (**Annexe 8-1**).

Pour la largeur des feuilles, 12 groupes homogènes ont été identifiés, soit la population 29 représente la plus petite amplitude et se trouve dans la classe [a], le témoin SCIABOLA représente la plus grande amplitude se trouve dans la classe [y] et les autres populations y compris les deux géniteurs (BPL 710, Baraka), se trouve dans les classes intermédiaire (**Annexe 8-2**).

Ainsi que, le test Newman-Keuls pour la largeur des tiges des 88 familles, a permis d'identifié 14 groupes homogènes, soit la population 82 se trouve dans la plus petite amplitude [a], le témoin SCIABOLA se trouve dans la plus grande amplitude [n] et les autres familles y compris notre géniteurs (BPL 710, Baraka) se trouve dans les classes intermédiaire (**Annexe 8-3**).

L'analyse ANOVA de la taille des plants pour les 88 familles étudiées, montrent qu'il y a une différence hautement significative entre eux (**Tableau 14**).

**Tableau 14** : Analyse ANOVA de la taille des plants

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	Rapport F	Proba.
<b>Famille</b>	8168,39	88	92,8226	1,92	0,0001***
<b>Bloc*</b>	3376,56	1	3376,56	69,99	0,0000
<b>Residual</b>	8538,67	177	48,2411		
<b>Total</b>	20083,6	266			

Pour la taille des plants, le test Newman-Keuls a permis de classer les 88 populations dans l'ordre croissant, 13 groupes homogènes ont été identifiés, soit la population 53 appartient à la classe [a] qui représente la plus petite amplitude, la population SCIABOLA dans la classe [m] représente la plus grandes et les autres populations y compris les deux géniteurs (BPL 710, Baraka) se trouve aux niveaux des classes intermédiaire (**Annexe 8-4**).

### 5.3 PRODUCTION

Les analyse ANOVA pour les paramètres de production pour notre essai ; révèlent l'existence d'une différence significative pour le nombre de gousses (**Tableau 15**), et différence hautement significative pour la taille de gousses (**Tableau 16**).

**Tableau 15** : Analyse ANOVA de nombre des gousses

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	Rapport F	Proba.
<b>Famille</b>	1477,14	88	16,7856	1,33	0,0567*
<b>Bloc*</b>	252,494	1	252,494	19,99	0,0000
<b>Residual</b>	2235,17	177	12,6281		
<b>Total</b>	3964,8	266			

**Tableau 16** : Analyse ANOVA de la taille de gousses

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	Rapport F	Proba.
<b>Famille</b>	472,204	88	5,36595	4,89	0,0000***
<b>Bloc*</b>	30,9806	1	30,9806	28,23	0,0000
<b>Residual</b>	194,277	177	1,09761		
<b>Total</b>	697,461	266			

(\*\*\*, \* : Différence Hautement et Significative, respectivement)

Les analyses effectuées avec le test Newman-Keuls ont permis de classer les populations, vis-à-vis les paramètres de production ; pour le nombre de gousses 12 groupes homogène ont été prouvé, soit deux populations (29,34) représente la petite amplitude vis-à-vis le paramètre étudié, appartient à la classe [a], soit le géniteur résistant BPL 710 représente la plus grande amplitude, se trouve dans la classe [I] et les restes familles se trouve dans des classes intermédiaire y compris le géniteur susceptible Baraka et le témoin SCIABOLA (**Annexe 8-5**).

Pour le deuxième paramètre de la production étudié (taille de gousses) 17 groupe homogène ont été identifiés, soit la population 11 dans la classe [a], le témoin SCIABOLA se trouve dans la classe [q] qui représente la plus grande amplitude et les autres populations y a compris les deux géniteurs (BPL 710, Baraka) se classe dans des classes intermédiaire (**Annexe 8-6**).

## 5.4 POIDS DE MILES GRAINS (PMG)

L'analyse ANOVA de poids des miles grains (PMG) des 88 populations évaluées dans notre expérimentation, révèlent l'existence d'une différence hautement significative (**Tableau 17**).

**Tableau 17** : Analyse ANOVA de PMG

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	Rapport F	Proba.
Famille	6,12959E6	88	69654,4	2,55	0,0000***
Bloc*	528596,	1	528596,	19,34	0,0000
Résiduel	4,83807E6	177	27333,7		
Total	1,14963E7	266			

(\*\*\* Différence Hautement Significative)

Les analyses effectuées pour le poids de mile grains avec le test Newman-Keuls ont permis de classer les 88 populations dans l'ordre croissant, 12 groupes homogènes ont été identifiés, soit deux populations (72,13) appartient à la classe [a] qui représente la plus petite amplitude, la population SCIABOLA appartient à la classe [I] qui représente la plus grande amplitude et les autres familles appartient à des classes intermédiaires y compris les deux géniteurs (BPL 710, Baraka) (**Annexe 8-7**).

## 6. CORRELATION CROISSANCE/PRODUCTION x MALADIES

### 6.1 CROISSANCE x MALADIES

#### 6.1.1 BOTRYTIS

Les analyses statistiques effectuées entre les résultats de sévérité de *Botrytis* sur terrain et leur AUDPC corrélé avec les paramètres de croissance (longueur et largeur des feuilles, largeur des tiges et la taille des plants), montrent qu'il n'y a pas de corrélation au niveau de longueur des feuilles (**Figure 42-1**, **Figure 42-2**), largeur des feuilles (**Figure**

43-1, Figure 43-2), largeur des tiges (Figure 44-1, Figure 44-2) et au niveau de taille des plants (Figure 45-1, Figure 45-2).

Figure 42-1 : Corrélation entre sévérité-Final *Botrytis* et la longueur des feuilles

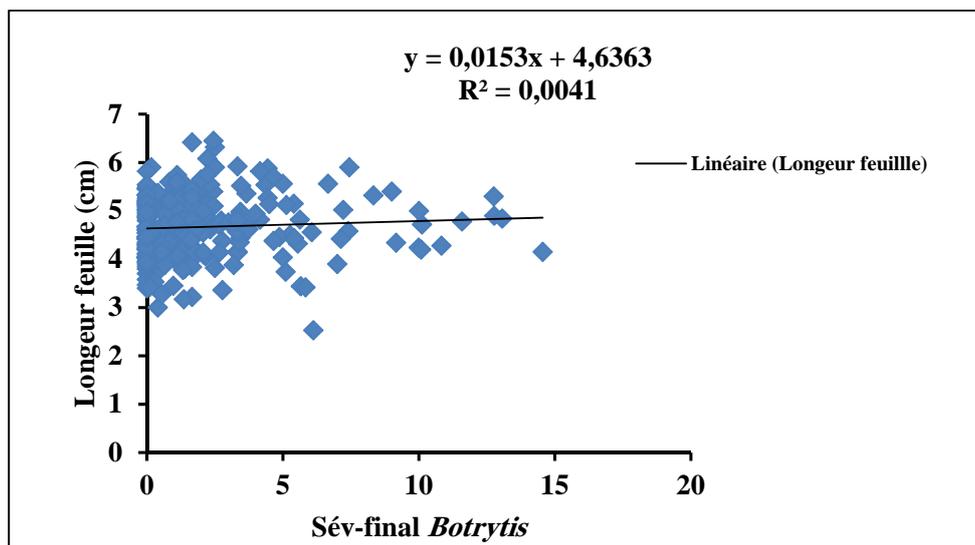
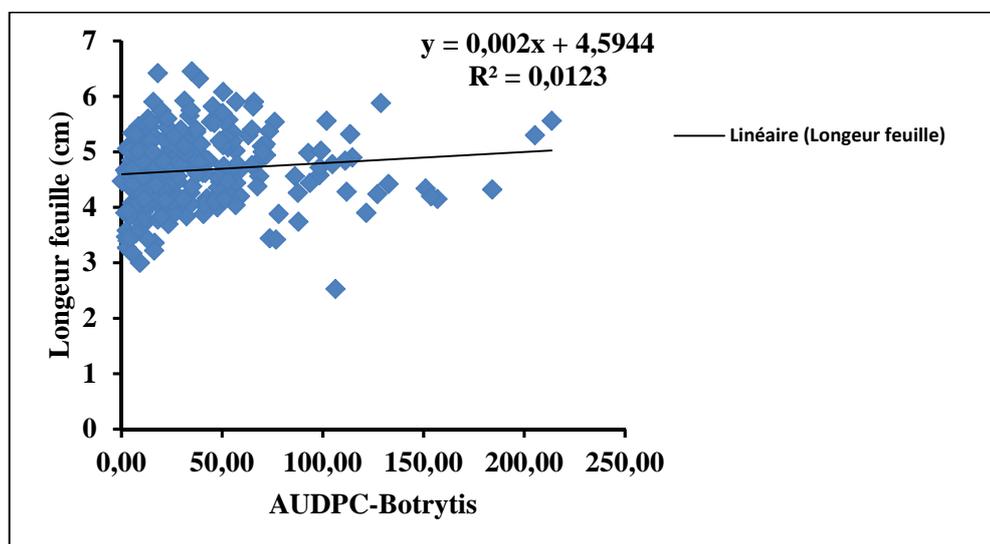


Figure 42-2 : Corrélation entre AUDPC *Botrytis* et la longueur des feuilles



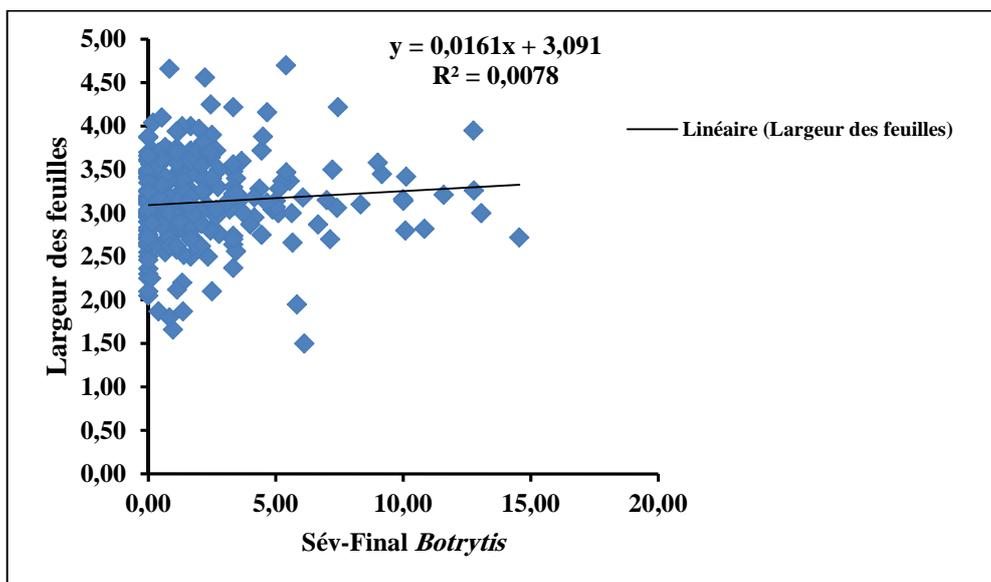
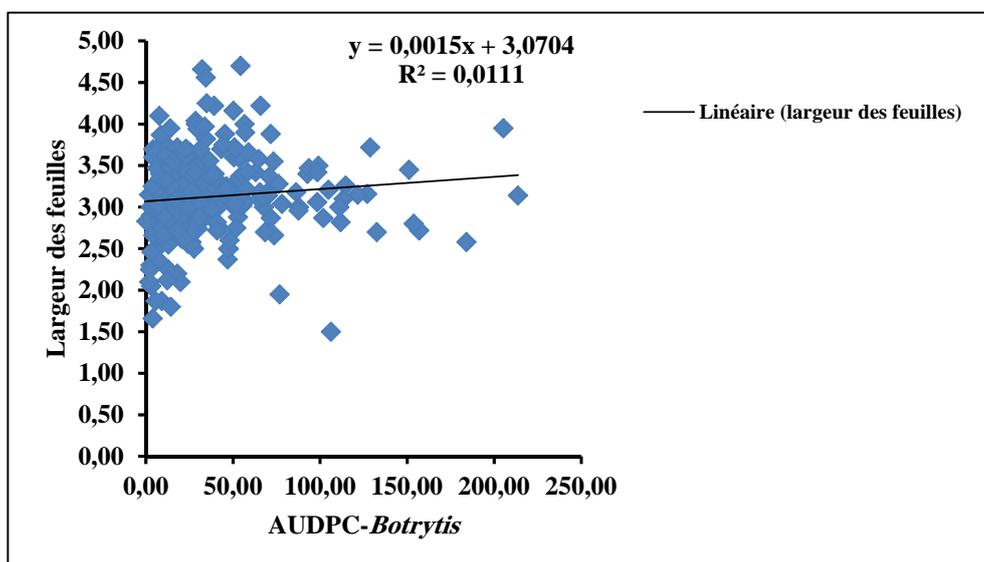
**Figure 43-1 :** Corrélation entre sévérité-Final *Botrytis* et la largeur des feuilles**Figure 43-2 :** Corrélation entre AUDPC *Botrytis* et la largeur des feuilles

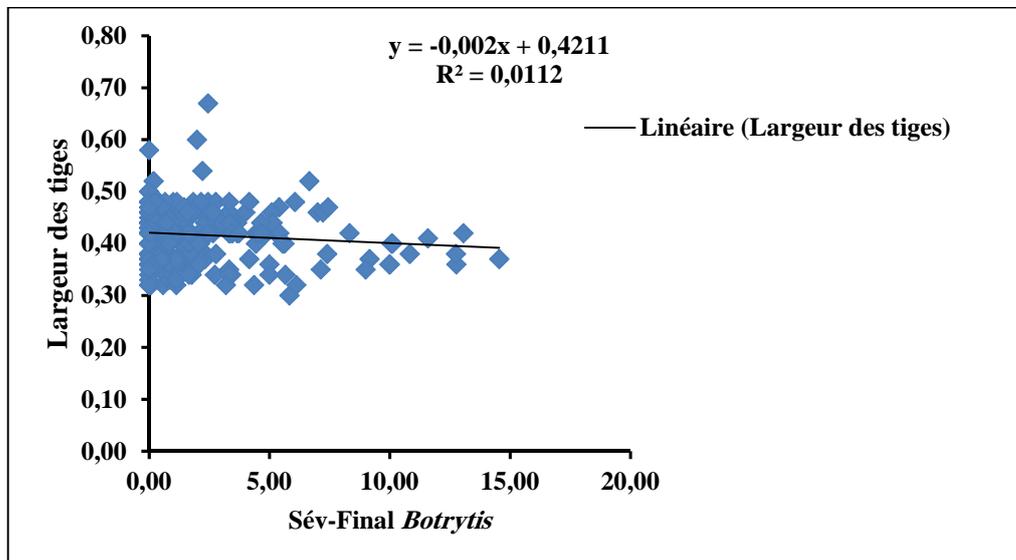
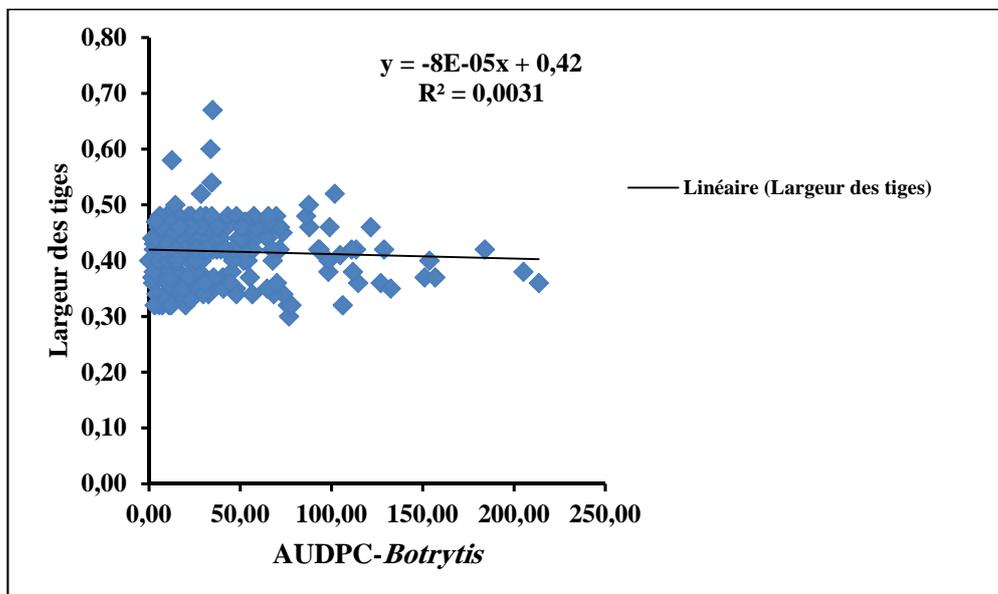
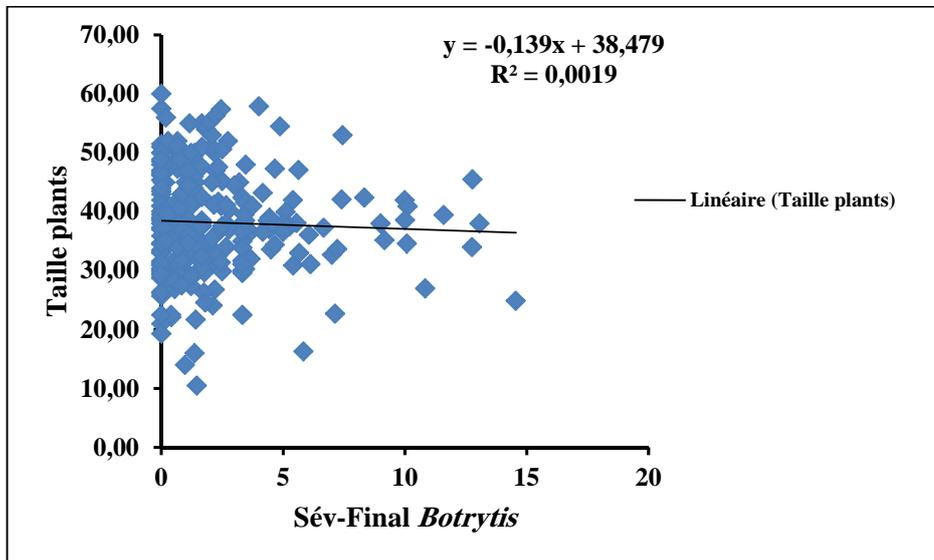
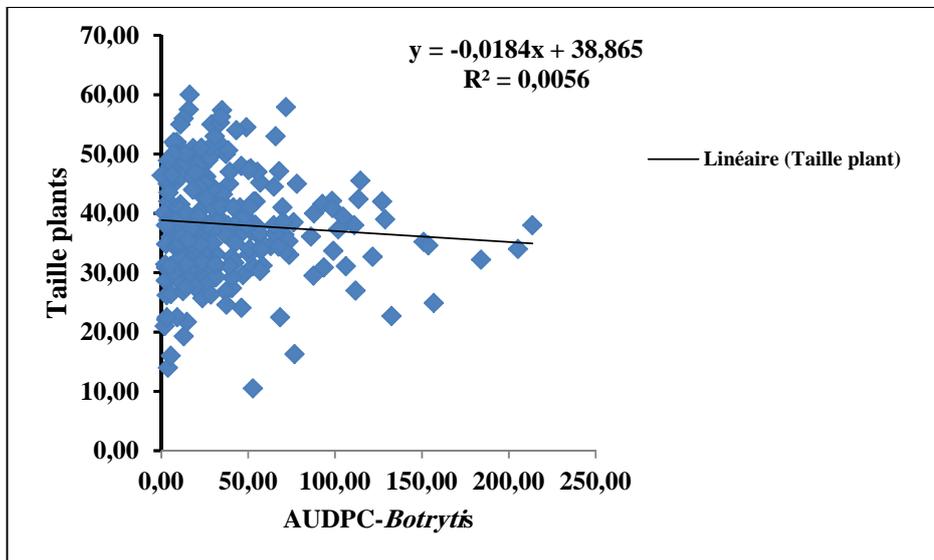
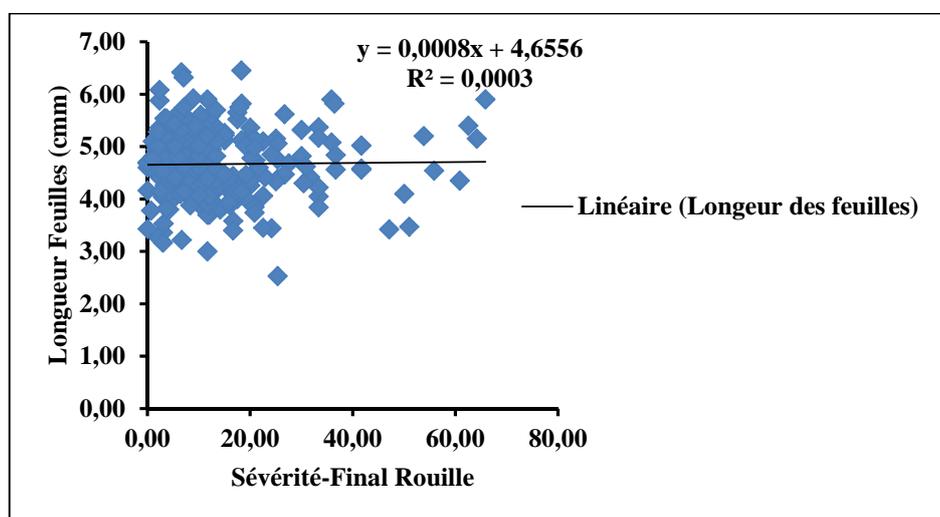
Figure 44-1 : Corrélation entre sévérité-Final *Botrytis* et la largeur des tigesFigure 44-1 : Corrélation entre AUDPC-*Botrytis* et la largeur des tiges

Figure 45-1 : Corrélation entre sévérité-Final *Botrytis* et la taille des plantsFigure 45-2 : Corrélation entre l'AUDPC *Botrytis* et la taille des plants

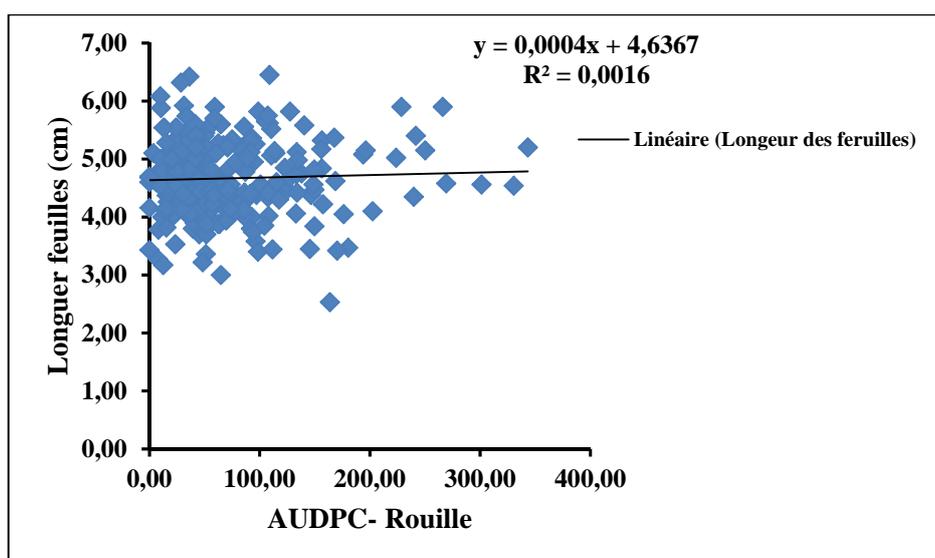
### 6.1.2 ROUILLE

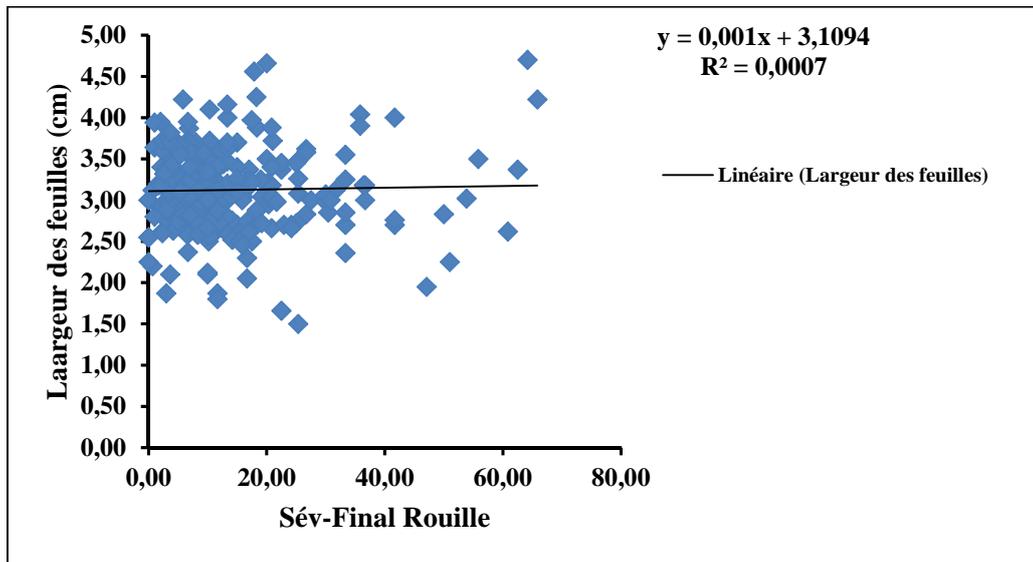
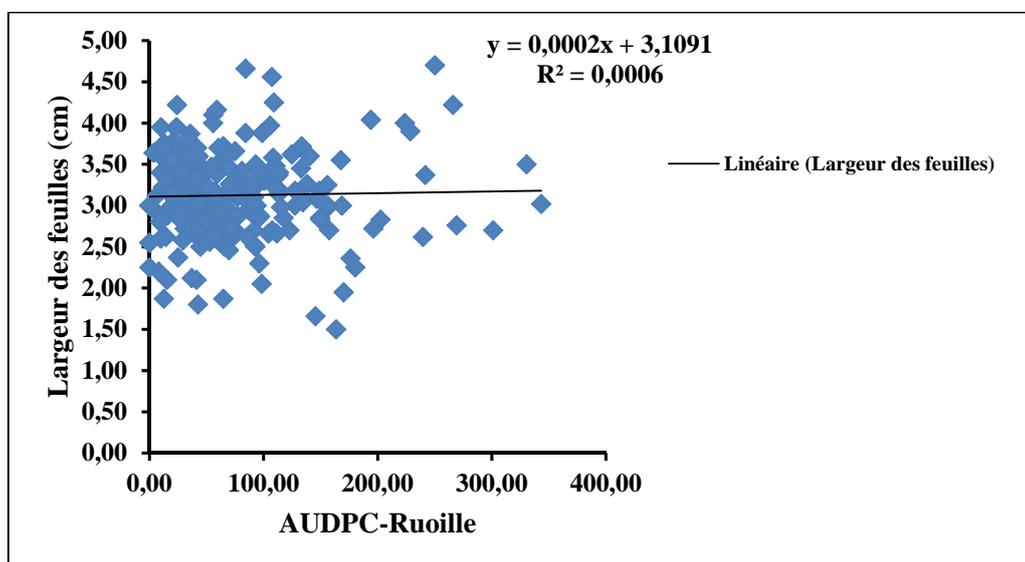
Les analyses statistiques effectuées pour la deuxième maladie (Rouille) entre les résultats de sévérité de la rouille sur terrain et leur AUDPC corrélé avec les paramètres de croissance (longueur et largeur des feuilles, largeur des tiges et la taille des plants), révèlent l'absence de corrélation au niveau de longueur des feuilles (**Figure 46-1**, **Figure 46-2**), largeur des feuilles (**Figure 47-1**, **Figure 47-2**), la largeur des tiges (**Figure 48-1**, **Figure 48-2**) et au niveau de la taille des 88 familles ségréantes testé dans notre expérimentation (**Figure 49-1**, **Figure 49-2**).

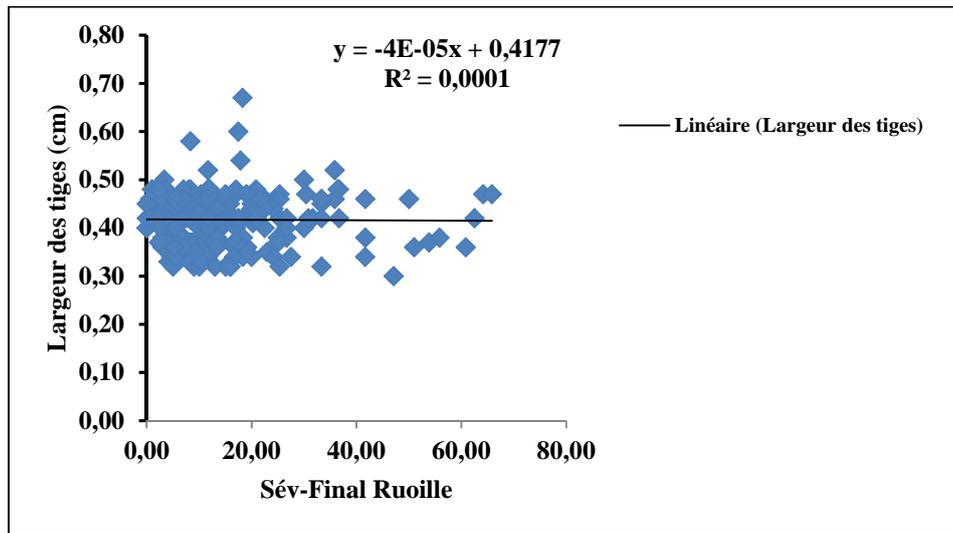
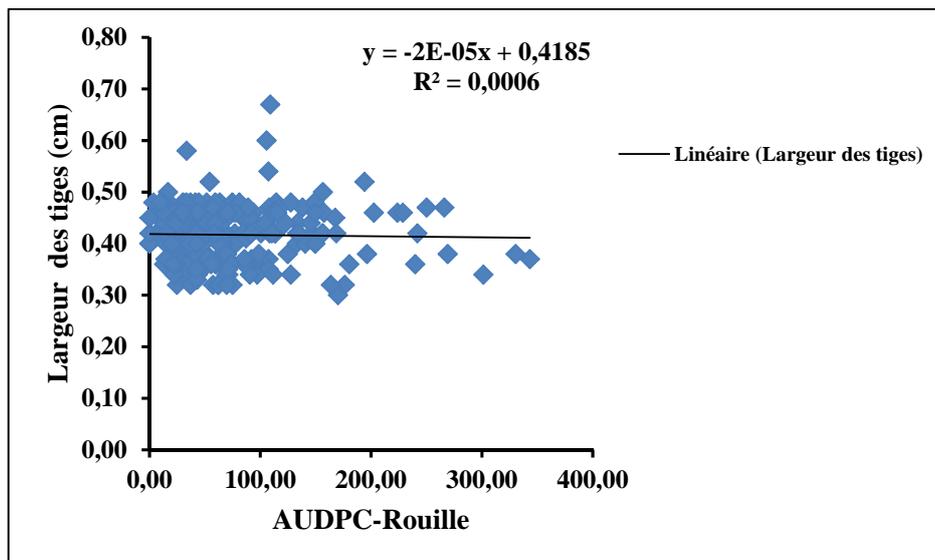
**Figure 46-1** : Corrélation entre sévérité-Final rouille et longueur des feuilles

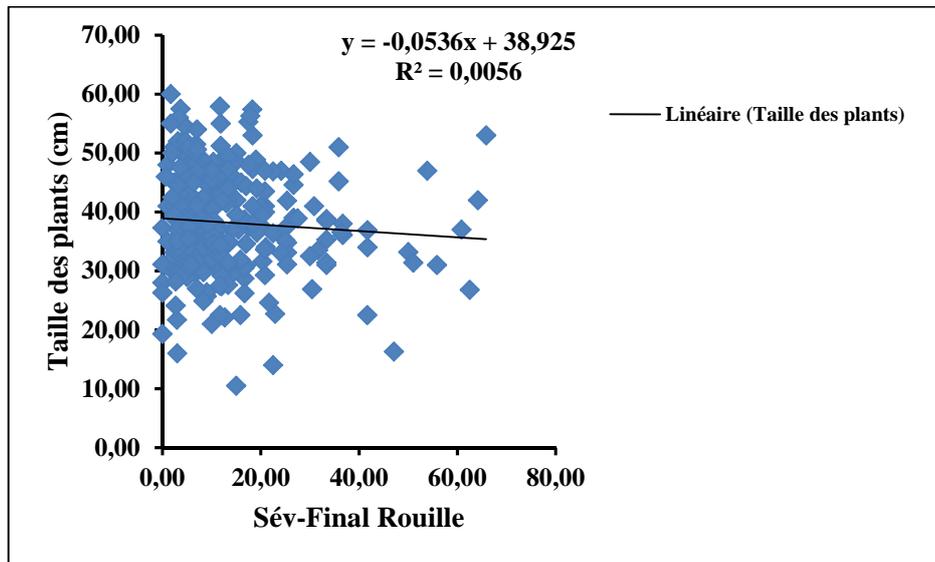
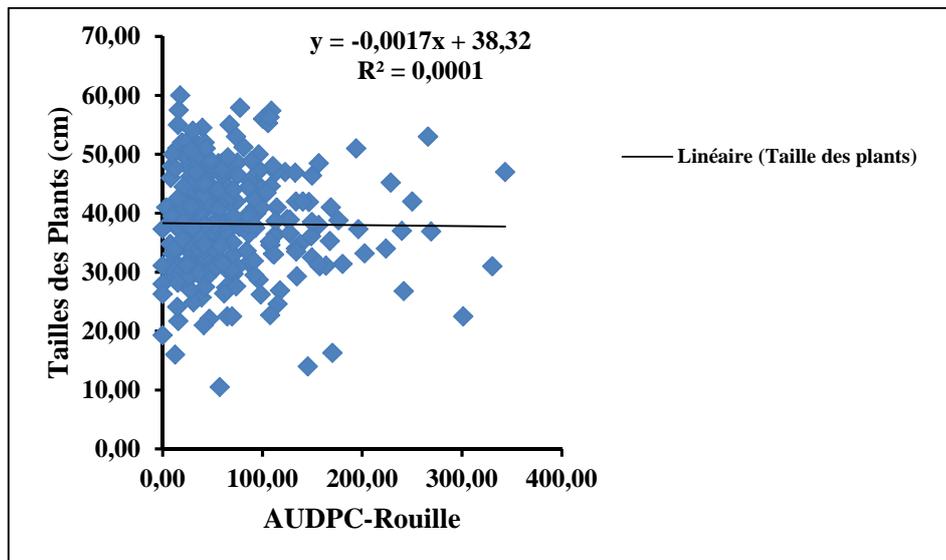


**Figure 46-2** : Corrélation entre AUDPC rouille et longueur des feuilles



**Figure 47-1 :** Corrélation entre sévérité-Final rouille et largeur des feuilles**Figure 47-2 :** Corrélation entre AUDPC rouille et largeur des feuilles

**Figure 48-1** : Corrélation entre sévérité-Final rouille et largeur des tiges**Figure 48-2** : Corrélation entre AUDPC rouille et largeur des tiges

**Figure 49-1** : Corrélation entre sévérité-Final rouille et taille des plants**Figure 49-2** : Corrélation entre AUDPC rouille et taille des plants

## 6.2 PRODUCTION x MALADIE

### 6.2.1 BOTRYTIS

Les analyses statistiques effectuées entre les résultats de sévérité de *Botrytis* sur terrain et leur AUDPC corrélés avec les paramètres de production (Nombre de gousses, Taille des gousses), montrent absence de corrélation au niveau de nombre de gousses par plant (population) (Figure 50-1, Figure 50-2) et même au niveau de taille de gousses (Figure 51-1, Figure 51-2).

Figure 50-1 : Corrélation entre sévérité-Final *Botrytis* et nombre de gousses

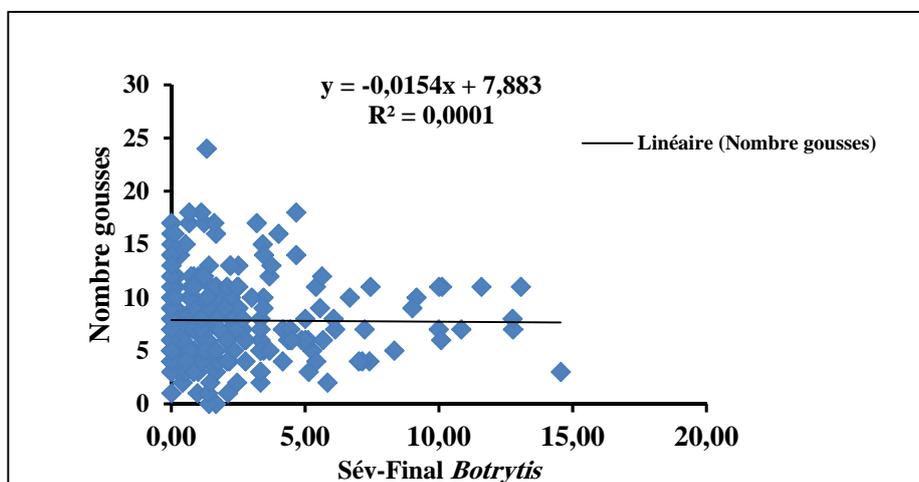
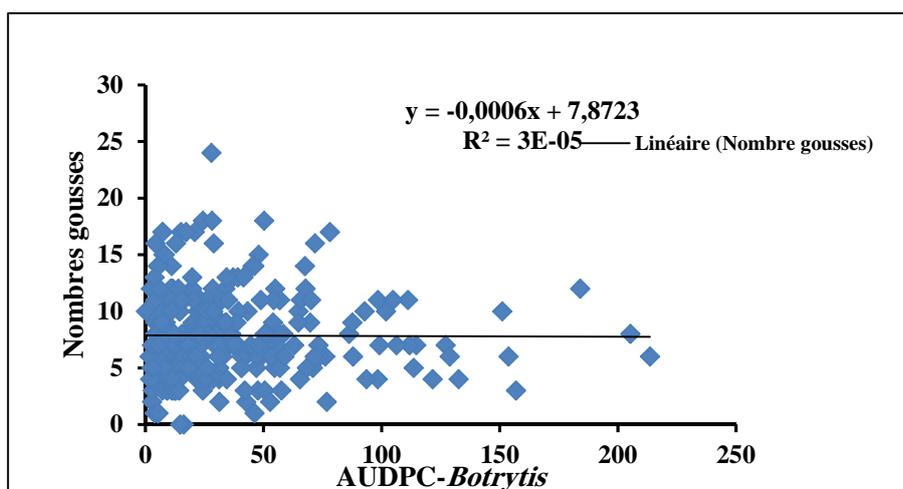
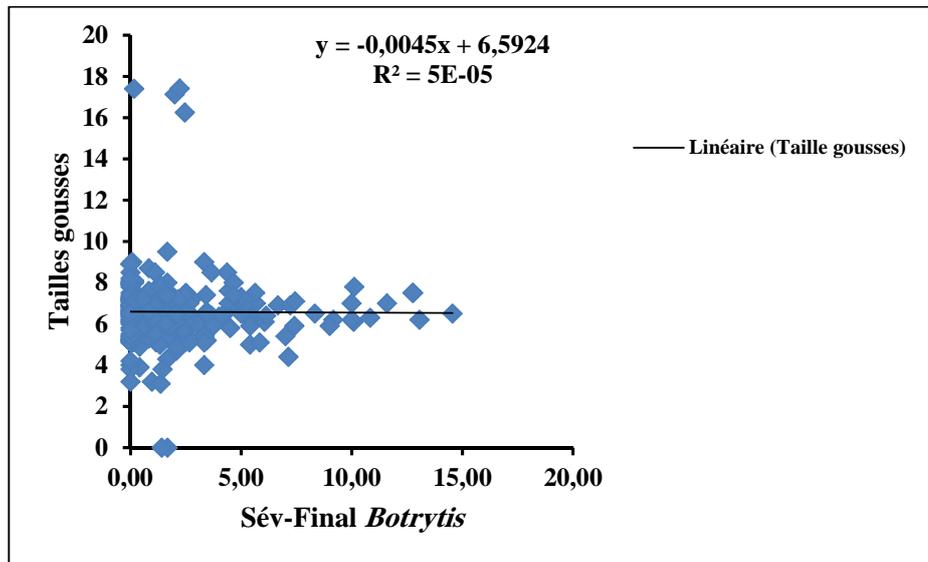
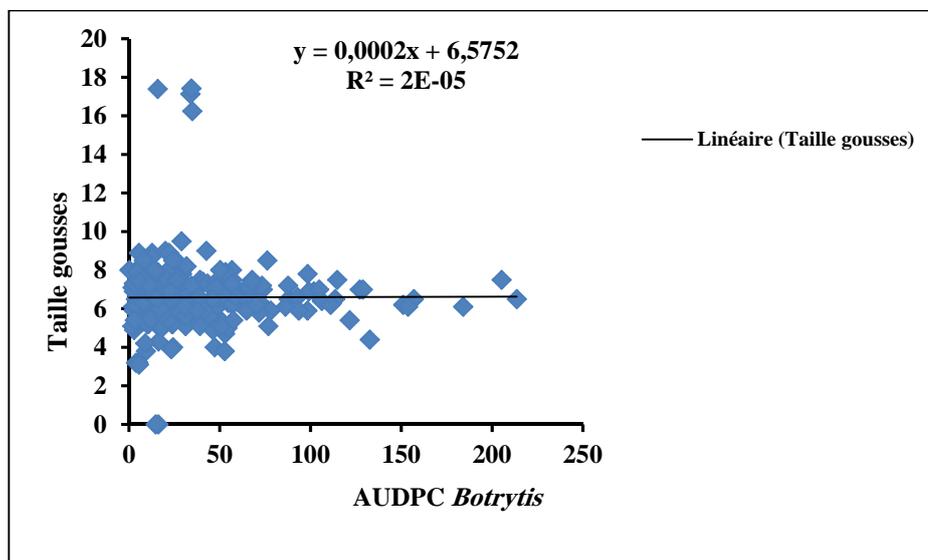


Figure 50-1 : Corrélation entre AUDPC *Botrytis* et nombre de gousses

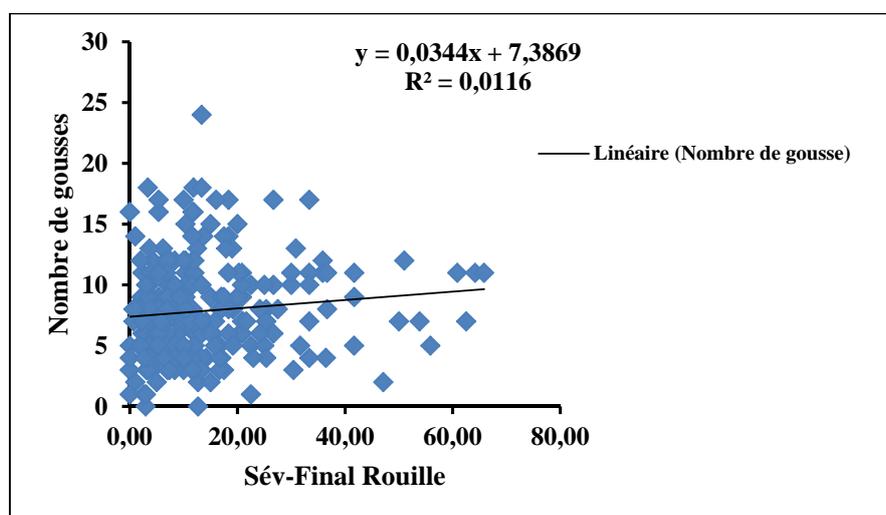


**Figure 51-1 :** Corrélation entre sévérité-Final *Botrytis* et taille des gousses**Figure 51-2:** Corrélation entre AUDPC *Botrytis* et taille des gousses

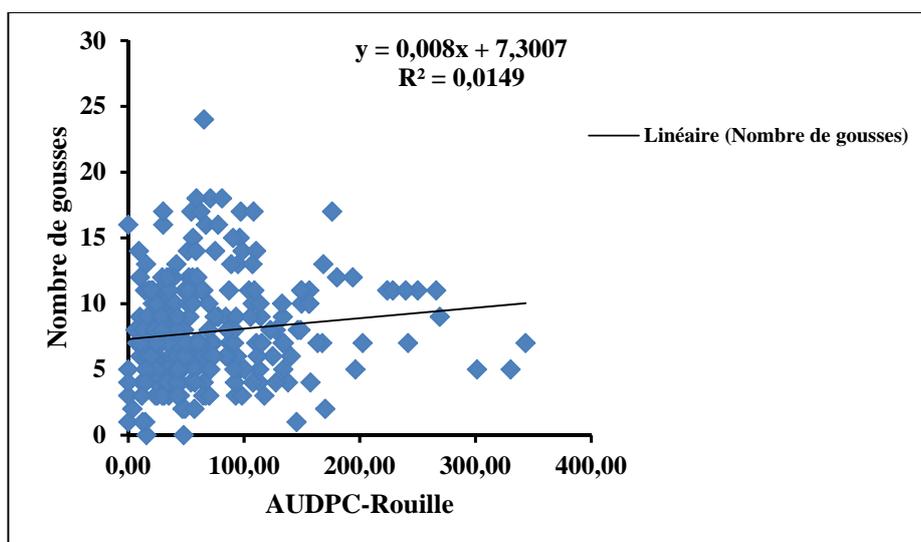
### 6.2.2 ROUILLE

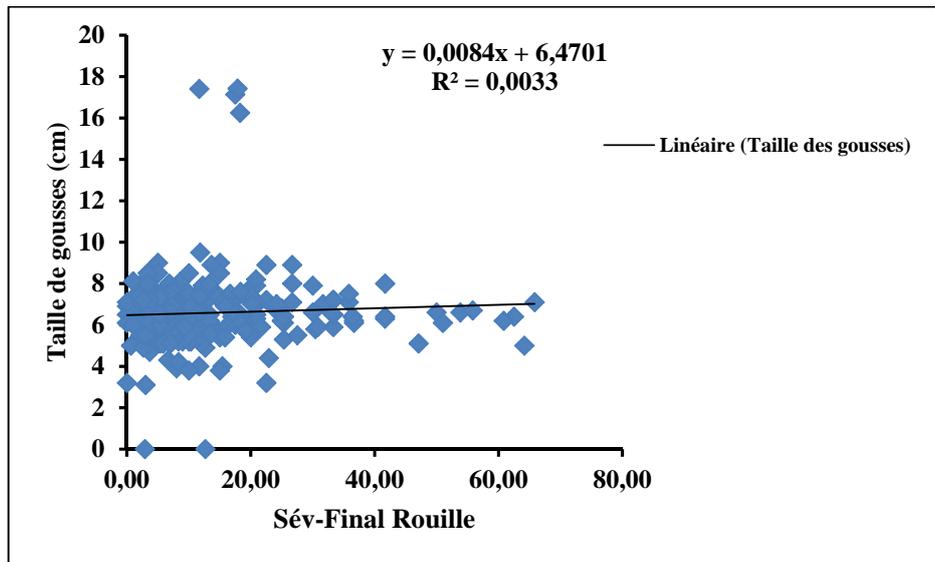
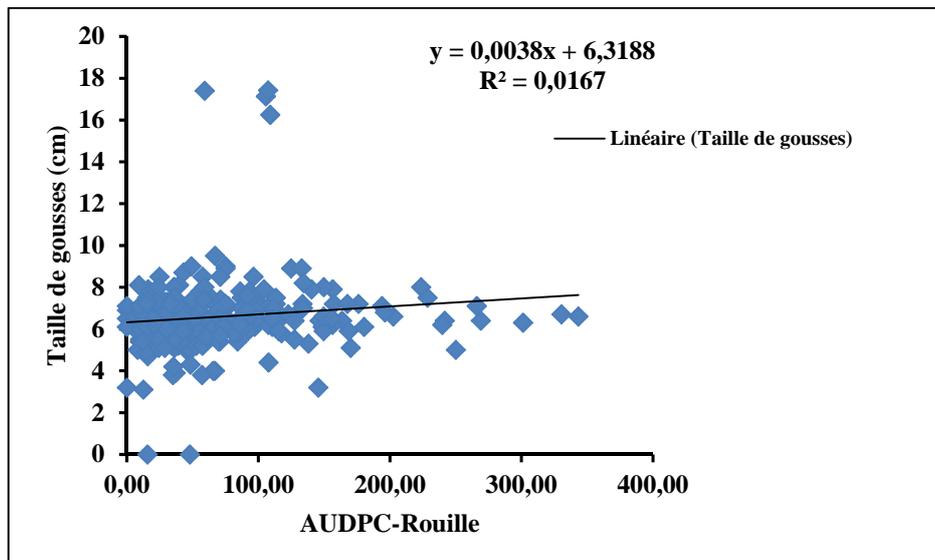
Les analyses statistiques effectuées entre les résultats de sévérité de rouille sur terrain et leur AUDPC corrélé avec les paramètres de production (Nombre de gousses, Taille des gousses), montrent l'absence de corrélation au niveau de nombre de gousses (**Figure 52-1**, **Figure 52-2**) et même au niveau de taille de gousses (**Figure 53-1**, **Figure 53-2**).

**Figure 52-1** : Corrélation entre sévérité-Final rouille et nombre de gousses



**Figure 52-2** : Corrélation entre AUDPC-Rouille et nombre de gousses



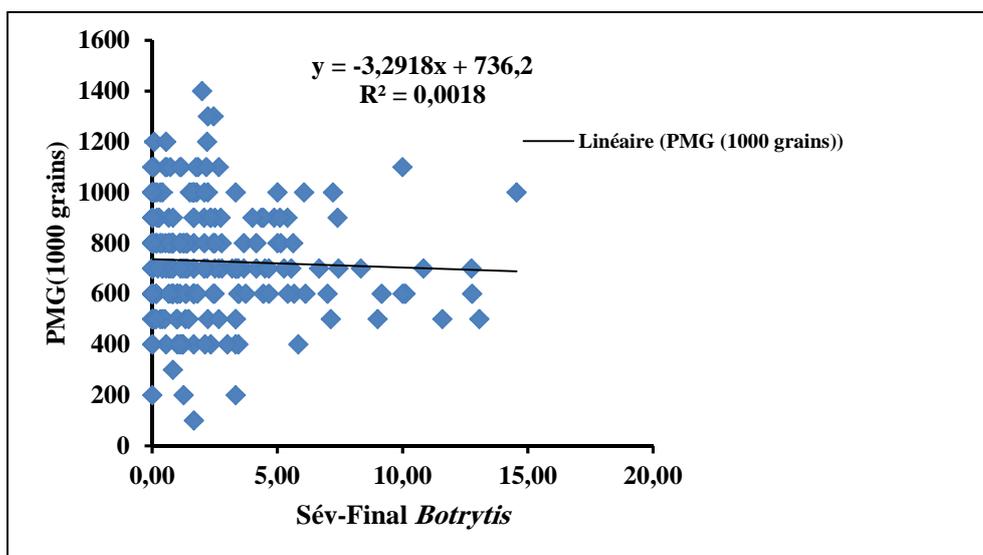
**Figure 53-1 :** Corrélation entre sévérité-Final rouille et taille des gousses**Figure 53-2:** Corrélation entre AUDPC et taille des gousses

## 6.3 CORRELATION PMG x MALADIE

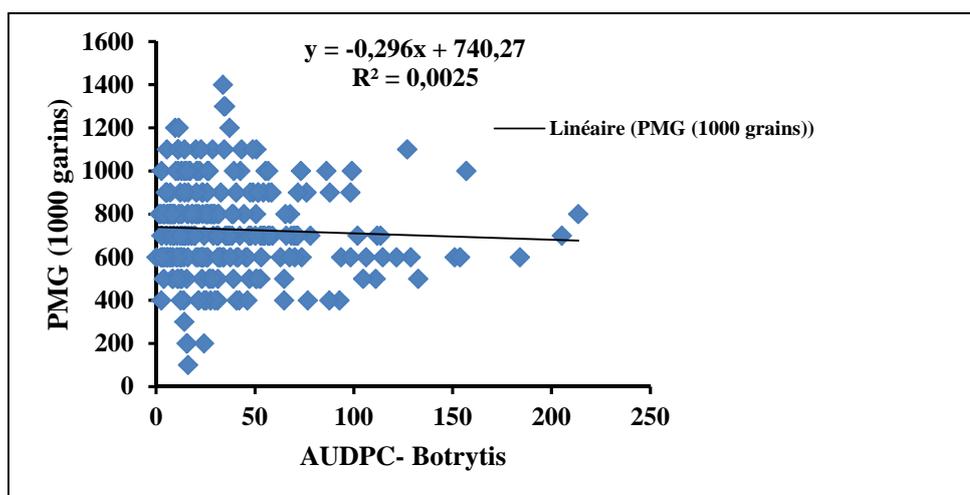
### 6.3.1 BOTRYTIS

Les analyses statistiques effectuées entre les résultats de sévérité de *Botrytis* sur terrain et leur AUDPC corrélé avec le poids de miles grains des 88 familles ségrégantes, montrent l'absence de corrélation pour la sévérité final (**Figure 54-1**) et même au niveau de l'AUDPC (**Figure 54-2**).

**Figure 54-1** : Corrélation entre sévérité-Final *Botrytis* et PMG



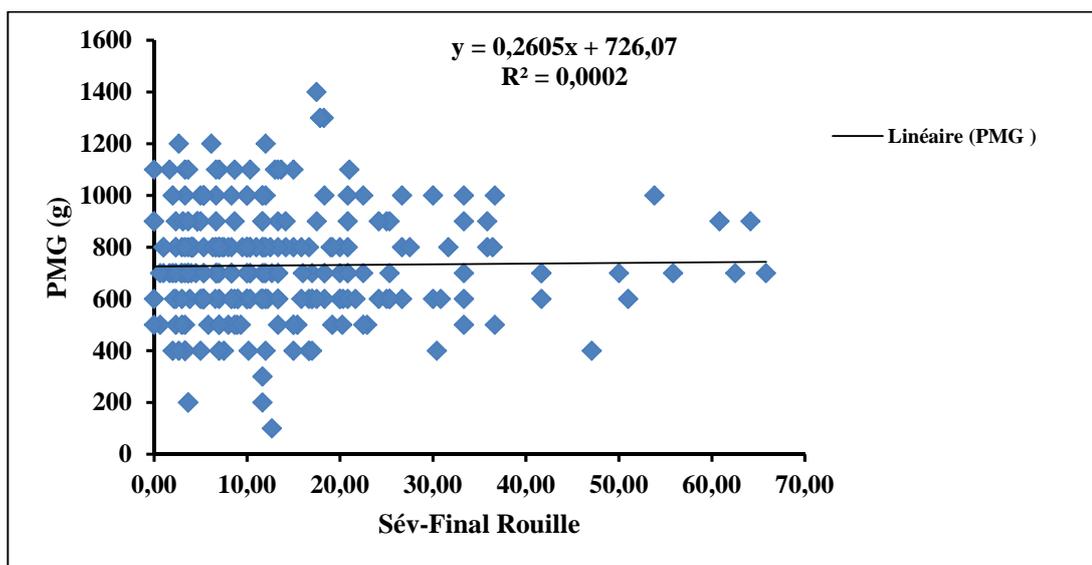
**Figure 54-2** : Corrélation entre AUDPC *Botrytis* et PMG



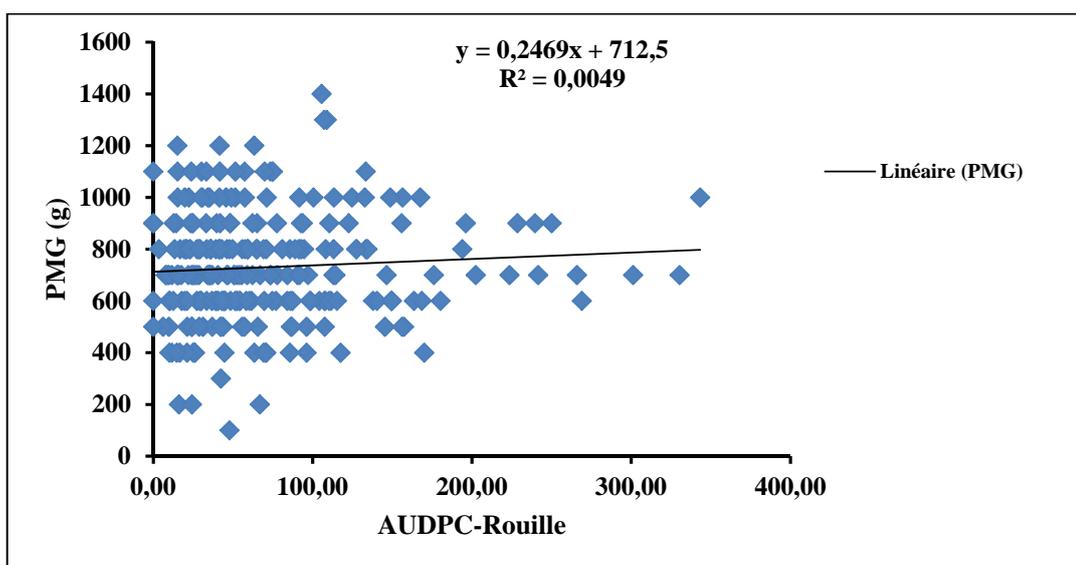
### 6.3.2 ROUILLE

Les analyses statistiques effectuées entre les résultats de sévérité de Rouille sur terrain et leur AUDPC corrélés avec le poids de miles grains des 88 familles ségrégantes, montrent l'absence de corrélation pour la sévérité finale (**Figure 55-1**) et même pour l'AUDPC (**Figure 55-2**).

**Figure 55-1** : Corrélation entre sévérité-Final Rouille et PMG



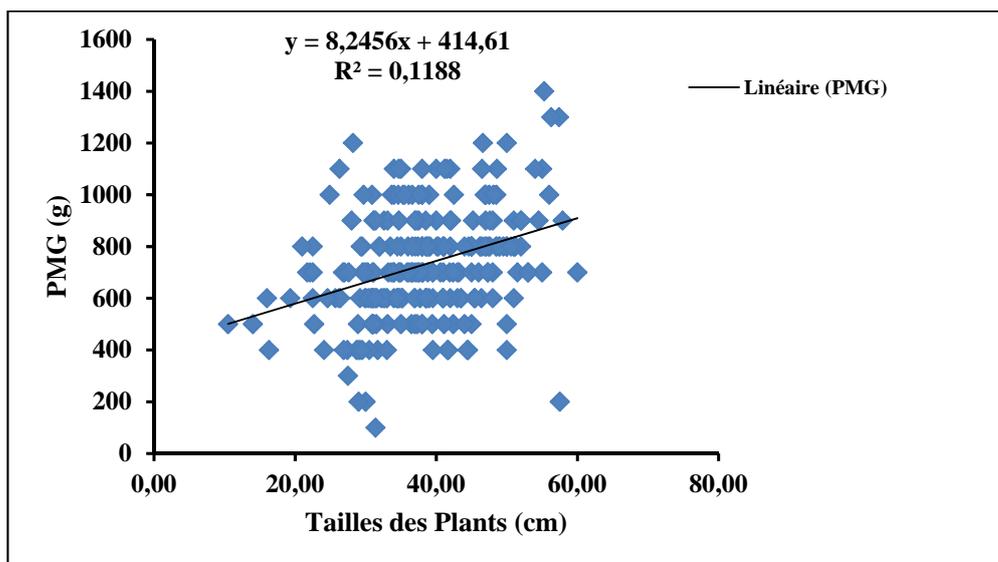
**Figure 55-2** : Corrélation entre AUDPC Rouille et PMG



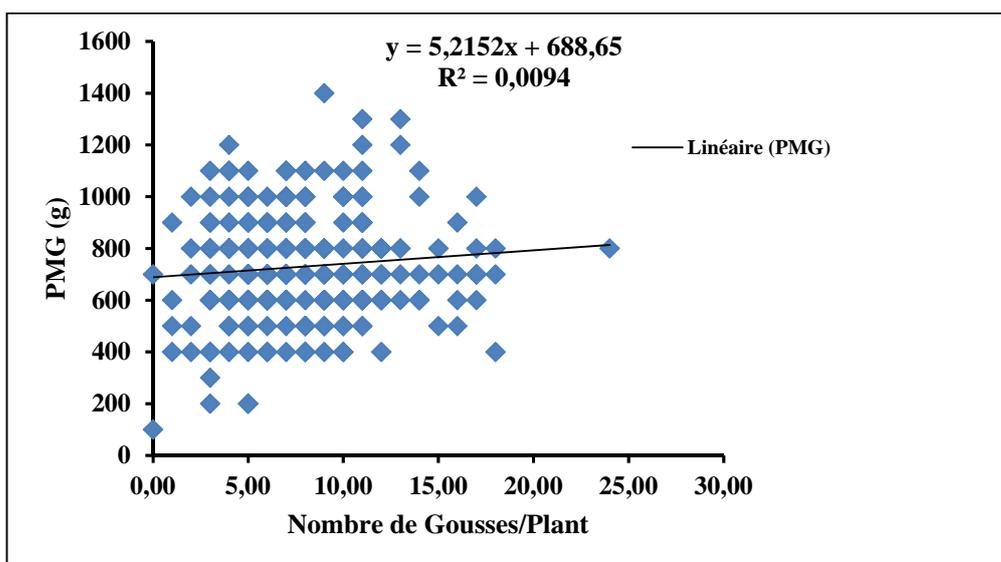
## 6.4 CORRELATION PMG x PRODUCTION

Les analyses statistiques effectuées entre le poids de miles grains (PMG) et la taille des plants des 88 familles ségrégantes, révèlent l'existence d'une faible corrélation entre ces deux paramètres ( $r = 0,34$ ) (**Figure 56**), par contre nous avons observé l'absence de corrélation entre le PMG et le nombre des gousses par plant (population) (**Figure 57**).

**Figure 56** : Corrélation entre PMG et la taille des plants

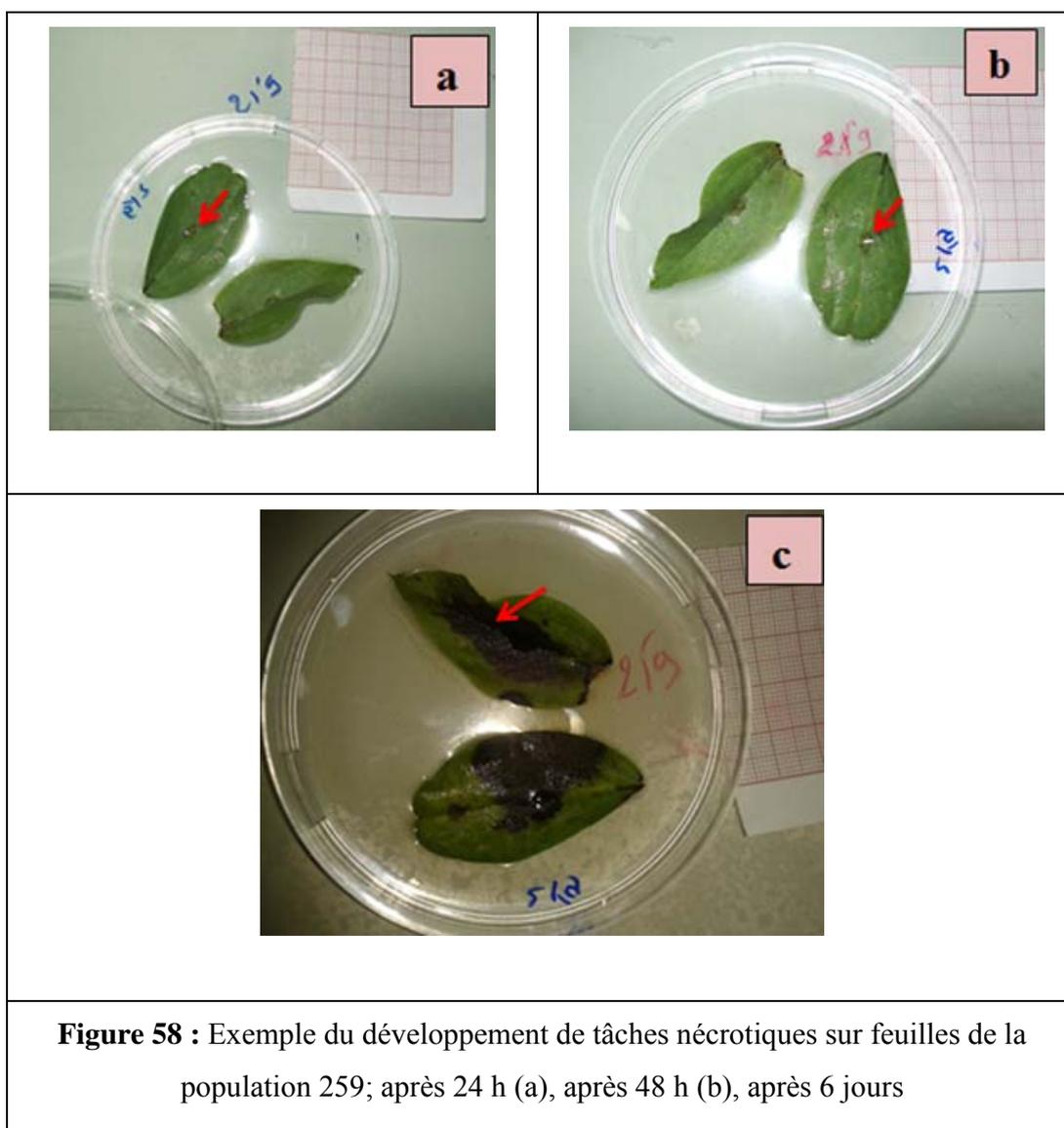


**Figure 57** : Corrélation entre PMG et le nombre de gousses



## 7. EVALUATION *in vitro*

De petites taches nécrotiques sont apparues 24 heures après l'inoculation, qui avait évolué en lésions typiques de la tâche chocolat 24 h plus tard. Des lésions agressives étaient visibles 48 h après l'inoculation. Après 6 jours d'inoculation, il y avait clairement des différences significatives entre les accessions (populations) (**Figure 58**).



Les analyses ANOVA de la taille des lésions finale ont montré l'existence d'une différence significative entre les différentes familles RILs ( $P < .004$ ) (**Tableau 18**).

Les analyses effectuées selon le test de Newman-Keuls ont permis de classer la résistance des 88 populations selon un ordre décroissant ; soit les populations 43 et 85 dans la classe [a] représente la plus résistant vis-à-vis l'inoculation de *Botrytis*, la population 34 dans la classe [p] qui représente la plus grande amplitude résistant par rapport à la 88 familles ségréantes évalué dans notre étude, le reste se trouve dans la classe intermédiaire, compris les géniteurs BPL 710 et BARAKA et le témoin SCIABOLA (**Annexe 8-8**).

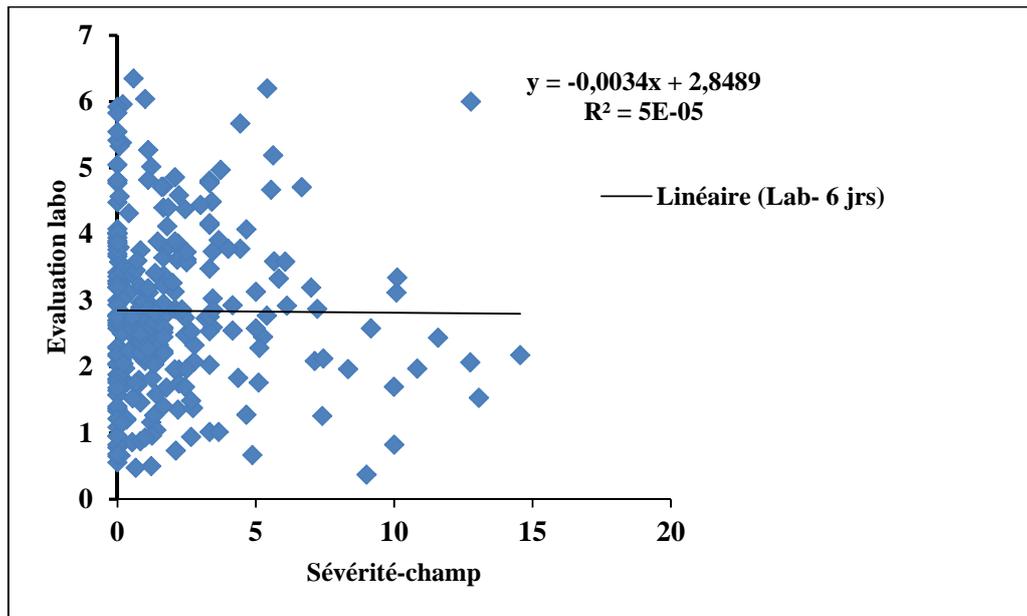
**Tableau 18:** Analyse ANOVA des résultats de laboratoire

Source de variable	DDL	SCE	CM	VR	Prob.
V. Bloc	2	48 392	24 196	19.76	
V. Famille	86	169 867	1 975	1.61	<.004***
V. Résiduelle	172	210 610	1 224		
V. Total	260	428 869			

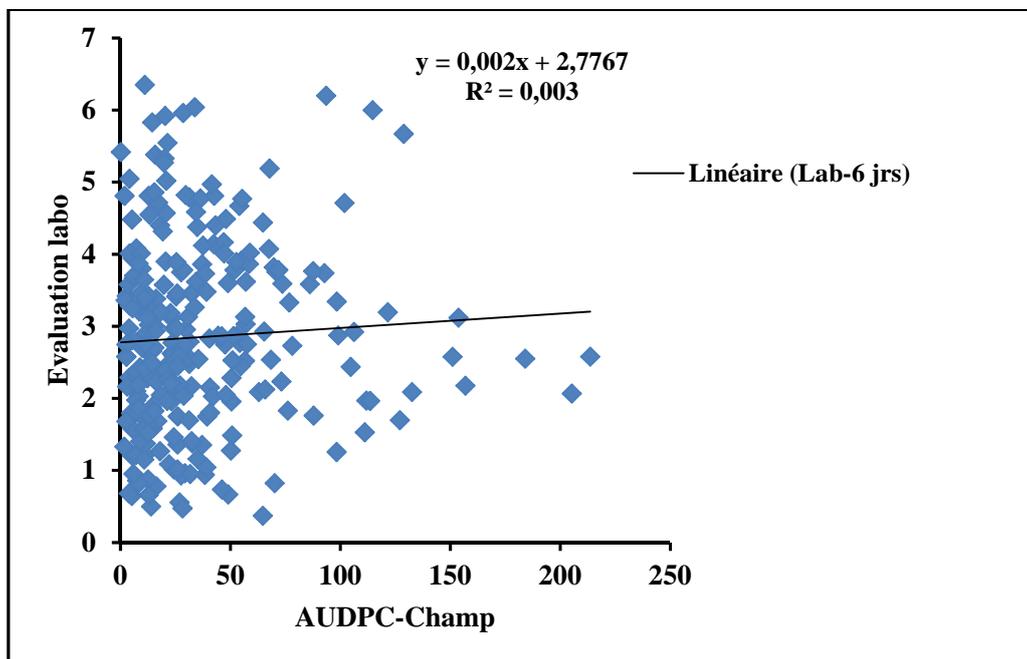
(\*\*\*Différence Significative à  $p < 0,004$ )

## 8. CORRELATION ENTRE LES EVALUATION *in situ* ET *in vitro*

Les analyses statistiques effectuées entre les résultats de la sévérité (**Figure 59**) et de l'AUDPC enregistrées sur terrain et ceux obtenus au laboratoire pour les 88 familles ségréantes évalué pour notre essais, montrent qu'il n'y a pas de corrélation entre eux (**Figure 60**).



**Figure 59 :** Corrélation entre l'évaluation du laboratoire et la sévérité sur terrain



**Figure 60 :** Corrélation entre l'évaluation du laboratoire et les valeurs de l'AUDPC sur terrain

## DISCUSSION

Le criblage du matériel génétique des collections et des lignées pour la résistance aux maladies, est une tâche globale qui englobe différentes approches. Parmi les options disponibles, les essais sur terrain sont considérés comme des outils puissants pour identifier des sources de résistance, car ils reflètent les conditions naturelles auxquelles les génotypes végétaux seront éventuellement soumis. Néanmoins, les essais sur terrain ont l'inconvénient de la variabilité des environnements, car les réponses des plantes peuvent varier d'une situation à une autre (Portapuglia *et al.*, 1994 ; Pinnschmidt et Hovmoller, 2002). C'est ainsi que, la meilleure stratégie pour combattre *Botrytis* est l'utilisation des variétés résistantes (Rhaïem *et al.*, 2002 ; Bouhassan *et al.*, 2004). Afin de les obtenir, on l'exige pour choisir des sources appropriées de résistance. Bien qu'en 20 dernières années un certain matériel résistant a été décrit (Tivoli *et al.*, 2006 ; Sillero *et al.*, 2010), plus d'effort est nécessaire pour incorporer la résistance aux variétés commerciales. Il n'est plus, non seulement de détecter la résistance mais, une fois qu'elles ont été, il est précis à autant de vérifier sa stabilité dans le temps que dans l'espace. C'est pour cela qu'il est important d'effectuer des essais dans des localités multiples dans différentes années. D'ou notre essai fait partie d'une multitude d'essais qui ont été lancé cette année en particulier dans le bassin méditerranéen (Algérie, Espagne, Maroc et Tunisie). Néanmoins, ceci n'a pas été fait toujours où les sources potentielles de résistance sont étudié, parce que les variétés obtenu n'ont pas été évaluées dans différentes atmosphères (Rhaïem *et al.*, 2002 ; Bouhassan *et al.*, 2004). La nécessité des essais de l'atmosphère différents (l'atmosphère comme localité en certaine année) est justifiée parce que l'interaction Génotype x Atmosphère (G X A) sont commun dans les essais du champ des cultures diverses (Carson *et al.*, 2002 ; Hess *et al.*, 2002 ; Pinnschmidt et Hovmoller, 2002 ; Brancourt-Hulmel et Lecomte, 2003 ; Forbes *et al.*, 2005 ; Zinsou *et al.*, 2005). C'est de grande importance pour les programmes de l'amélioration, puisque les interactions (G X A) nécessite des anomalies entre les réponses attendues au choix et obtenues (Hausmann *et al.*, 2001). Ceci suppose qu'il est difficile de réaliser des prévisions sur le comportement des variétés dans différentes situations, qui réduit son adaptabilité régionale (Dixon *et al.*, 2002).

Pour cela notre expérimentation a été conduite en conditions naturelles, l'irrigation est basée sur les eaux de pluie et nous n'avons pas procédé aux inoculations artificielles sur terrain, pour se rapprocher des pratiques agronomiques réelles.

Notre étude s'intéresse au comportement de 88 populations, dont deux géniteurs (BPL 710 et BARAKA), considéré comme résistant et susceptible, respectivement, vis-à-vis deux maladies redoutables connue sur fève (tâche chocolat et rouille). Le témoin SCIABOLA a été employé comme géotypes stable, parmi les variétés les plus cultivé dans la zone de Mitidja, ainsi que pour faciliter la comparaison avec le matériel génétique espagnol testé dans notre essai (88 populations), pour voire certains stabilité génétique vis-à-vis de la résistance pour ces deux maladies. Le comportement de ces populations a été évalué, selon une méthodologie comparative *in situ* (sur terrain) et *in vitro* au laboratoire. Le suivi relatif au comportement de la collection vis-à-vis de la maladie tâche chocolat, nous a permis de constater le développement symptomatologique selon deux cinétiques. En premier lieu un développement lent, qui reflète la phase non agressive. Cette situation s'explique par l'absence, durant cette période des conditions favorable à la progression de la maladie, notamment l'humidité et la température. En effet les relevées climatiques indiquant une température moyenne de 12,6 °C (**Annexe 9-1**) et une humidité, dès le levé aux apparitions de premiers symptômes de la maladie tache chocolat (07/04/2014) étaient dans les alentours de 43,26 (**Annexe 9-2**). De telles conditions sont mentionnées comme des paramètres défavorable au développement du tube germinatif des conidies de l'agent causal (*Botrytis*) (Gourley 1973 ; Bernier *et al.*, 1984 ; Maufra 1985). En deuxième phase, dite agressive, l'évolution n'a pas été foudroyante. La virulence et l'agressivité, qui sont les deux composantes du pouvoir pathogène, c'est-à-dire l'aptitude que possède un agent pathogène à attaquer un hôte et la quantité de la maladie qu'il peut produire (Rapilly, 1991).

Les résultats obtenus à partir des essais au champ montrent un faible taux de maladie, ce qui peut être expliqué par la faible sévérité (gravité) dûe à la faible population fongique ou sa moindre virulence, ou à la faible quantité de l'inoculum, ou bien aux conditions climatiques défavorables surtout en termes de taux d'humidité qui a été probablement infusent pour un meilleur développement de la maladie, où on n'a pas observé une forte gravité de la maladie. Tandis que, plusieurs auteurs rapportent que la

maladie tâche de chocolat est la plus grave en temps humide ou pluvieux (Sardina, 1930; Ikata, 1933; Wilson, 1937; EL-Helaly, 1938; Dillon Weston, 1944; Moore, 1944; Yu, 1945 ; Jauch, 1947; Grainger, 1950; Hogg, 1956; Tupenevich et Kotova, 1970; Hebblethwaite et Davies, 1971). Harrison (1980), rapporte que la phase agressive aura lieu par un temps humide avec une humidité relative supérieure à 90 % et une température autour de 20° C.

Les relevés météorologiques (pluie) pour la région de Blida a enregistré un faible taux de précipitation durant cette année, avec une grande variation enregistrée pendant le mois de Mars avec une moyenne de 109,9 mm (**Annexe 9-3**), autrement dite, cette variation correspond à un mois avant la première évaluation (apparition de première symptôme de la maladie tâche chocolat). Pour cela, le déficit en eau a été couvert par l'irrigation par rigole, pour couvrir le besoin d'une part, d'autre part pour favoriser une meilleure dissémination de la maladie ; toute en essayant de se rapprocher aux conditions réelles, en se rapprochant des méthodes utilisées par nos agriculteurs qui reste dans la majorité des pratiques traditionnels, qui nécessite une amélioration au sein de la main d'œuvre et pour les pratiques appropriées pour mieux explorer les potentialités de nos terrains. Jarvis (1962) a considéré que les gouttelettes d'eau jouent un rôle important dans la dispersion des conidium de *Botrytis*, renforcé par les travaux de Fitt *et al* (1985) a produit l'évidence d'une façon convaincante que le vent et la pluie sont importants dans la dispersion de conidium de *Botrytis*.

L'association entre *Botrytis* et *Vicia faba* peut être envisagée comme une balance entre la production de phytoalexines et leur destruction (métabolisme) (Fraser, 1985). La quantité de phytoalexines accumulée, relativement importante, est largement suffisante pour expliquer l'inhibition du champignon dont l'hyphe infectieuse est relié avec les phytoalexines (Fraser, 1985). Ben Maachis *et al.* (2001) ont suggéré que des oxydases végétales (les peroxydases et les polyphénoloxydases) pourraient avoir un rôle dans les mécanismes de défense de *Vicia faba* suite à l'infection par les deux espèces du *Botrytis*.

Pour la majorité des génotypes testés, la réaction vis-à-vis de la maladie est variable, mais quelques lignées (populations : 3, 10, 52, 53, 73 et 84) ont montré un niveau appréciable en résistance, sans qu'aucune ne soit complètement résistante. Ce résultat suggère la présence d'une résistance quantitative dans ces génotypes (Parlevliet, 1979). En outre, la lignée susceptible (BARAKA) et la lignée résistante (BPL 710) étaient

sensiblement différentes par leurs réactions à la maladie, mais n'ont pas exprimé des réactions extrêmes. En effet, plusieurs lignées étaient plus susceptibles que le géniteur BARAKA et étaient plus résistantes que BPL710. Ce dernier a été décrit comme ayant une résistance durable basée sur les essais multi sites en Asie, en Europe et l'Amérique du nord (Jellis *et al.*, 1982; Hanounik, 1983; Bond *et al.*, 1994). Ceci est dû à la ségrégation transgressive, la descendance possédant un ou plusieurs caractères dont la valeur est supérieure à la plus élevée (résistant) (BPL 710) ou inférieure à la plus basse (susceptible) (BARAKA) de celle qu'on rencontre chez les deux géniteurs (Julien, 2001). Les deux grands types de résistance, à savoir : la résistance horizontale et la résistance verticale ont été mis en évidence chez *Vicia faba*. C'est ainsi, que Hanounik et Maliha (1986) ont trouvé que la lignée BPL 710 porte des gènes pour la résistance horizontale ou générale.

Comparativement, les 88 familles RILs au témoin Italienne SCIABOLA, la réaction de ce derniers vis-à-vis de la maladie tâche chocolat est même que notre deux géniteurs (BLP 710, Baraka).

Dans l'échelle relative à la caractérisation morphologique et physiologique de l'agent causal, *Botrytis fabae* produit un mycélium fin et ras, sa croissance est lente et démarre en mèches, alors que *Botrytis cinerea* produit un mycélium plutôt aérien et lâche avec une croissance rapide et régulière (Lemarchand et Tivoli, 1999). Les conidiophores de *Botrytis fabae* sont plus courtes que ceux de *Botrytis cinerea* (Hanounik et Brisi, 1991). Ils sont serrés avec une sporulation dense pour *Botrytis fabae* et une sporulation diffuse pour *Botrytis cinerea* (Lemarchand et Tivoli, 1999). L'étude de la croissance mycélienne de *Botrytis sp* sur différents milieux, révèle que les milieux PDA et FLPA favorise mieux la croissance de *Botrytis cinerea* que celle de *Botrytis fabae* (Cherif *et al.*, 1998). La taille des conidies ainsi que celle des sclérotés, est souvent prise en compte pour identifier les deux espèces. *Botrytis fabae* est connu pour produire des conidies de grand taille (16-25 x 13-16 µm) et des sclérotés petits (1 – 1,7 mm) et abondants (Onfroy, 1997 ; Cherif *et al.*, 1998 ; Lemarchand et Tivoli, 1999). *Botrytis cinerea* est caractérisé par la production de conidies de petite taille (8-14 x 6-9 µm). La fréquence et la taille des sclérotés sont variables. Des travaux ont montré que la majorité des isolats d'une collection de *Botrytis cinerea*, produit peu de sclérotés mesurant 2-5 mm (Harrison, 1976), alors que des études sur d'autres

isolats montrent que certains d'entre eux produisent une multitude de petits sclérotés rappelant ceux de *Botrytis fabae* (Harrison, 1983, Lemarchand et Tivoli, 1999).

Les travaux menés en Algérie sur une collection d'isolats de *Botrytis sp* corroborent avec les résultats décrits. Certain isolat de *Botrytis cinerea* présentait des conidies dont la taille était similaire à celle retrouvée pour les isolats de *Botrytis fabae* (Merad et Merdjani, 1997). L'existence d'une variabilité inter et intraspécifique a été mise en évidence sur une collection de 34 isolats, aussi bien sur la taille des conidies et sur la présence et la taille des sclérotés (Salhi, 2004). Cette variabilité rend difficile la distinction entre les deux espèces.

Certain auteurs suggéraient que *Botrytis fabae* était le seul agent responsable de la maladie « tache chocolat » sur fève. *Botrytis cinerea* était considéré comme un pathogène de faiblesse produisant des lésions limitées, non coalescentes, sur lesquelles la sporulation ne s'effectuait pas (Purkayastha et Deverall 1965a), alors que *Botrytis fabae* était capable de produire des spores infectieuses à partir des lésions qu'il provoquait, ce qu'il provoquait, ce qui le rendait responsable de la phase agressive (Purkayastha et Deverall 1965b ; Buzi *et al.*, 2003). Certain auteurs ont rapporté que les isolats de *Botrytis fabae* étaient plus agressifs et plus virulents sur les génotypes de fève que ceux de *Botrytis cinerea* (Abouzied *et al.*, 1996 ; Deverall, 1960). D'autres auteurs ont rapporté l'implication de *Botrytis cinerea* dans l'infection et le développement de la maladie (Harrison 1983, Harrison 1988).

Les prospections réalisées en Algérie indiquent la prédominance de *Botrytis cinerea* de fève. L'analyse du pouvoir pathogène montre que les symptômes typiques de la maladie sont causés par les deux espèces et que des isolats de *Botrytis cinerea* pouvaient être plus agressifs que certain isolats de *Botrytis fabae* (Bouznad *et al.*, 1998 ; Kaenaoui et Lounis, 1998).

En Algérie, l'analyse des profils protéique de trois isolats de *Botrytis fabae* et de deux de *Botrytis cinerea* a mis en évidence une variabilité inter et intraspécifique, même si les profils présentent de grande similitudes. Les deux espèces peuvent être identifiées par la présence de deux bandes spécifiques à *Botrytis cinerea* (RF 0,23 et RF 0,45) et d'une bande spécifique à *Botrytis fabae* (RF 0,37) (Allala *et al.*, 2001). Une étude isoenzymatique a été menée sur ces mêmes isolats. L'analyse des profils permet de

distinguer clairement les deux espèces par la présence pour chacune d'elle d'une bande spécifique (Louanchi *et al.*, 2001).

Une étude a porté sur l'évaluation du polymorphisme génétique de 10 isolats de *Botrytis sp* provenant de la fève et de la tomate, par l'utilisation des marqueurs RAPD. 10 amorces ont été utilisées et ont permis de mettre en évidence de grandes similitudes entre les profils et l'existence d'une variabilité inter et intraspécifique (Merabti, 2003 ; Louanchi *et al.*, 2003). Une étude a été menée en utilisant 15 amorces PRAD sur une collection de 12 isolats de *Botrytis sp*. Certaines amorces ont montré un grand polymorphisme inter et intraspécifique (OPB1, OPB15, OPB20, OPE15). L'analyse des profils avec l'amorce OPB1 permet de regrouper deux isolats de *Botrytis fabae* qui s'étaient montrés les plus agressifs dans l'étude du pouvoir pathogène. Celle effectuée avec l'amorce OPB15 permet clairement de la fève et l'autre qui regroupe les isolats de *Botrytis cinerea* récoltés sur d'autres espèces (Salhi, 2004).

Pour assurer la fiabilité du criblage au champ, les constatations symptomatologiques de la sévérité de la maladie étaient suffisantes pour classer les génotypes selon leur réaction à la maladie. Ce résultat est en accord avec l'étude rapportée par Hanounik et Robertson (1988). En plus, les valeurs d'AUDPC ont clairement confirmé la classe des lignées basée sur la sévérité finale. Le paramètre AUDPC présente l'avantage d'inclure l'évolution de la maladie dans le temps.

Nos constatations symptomatologiques du comportement des 88 familles RILs vis-à-vis de la rouille (*Uromyces viciae-fabae*), nous ont permis de révéler deux phases distinctes (non agressive et agressive). La première a eu lieu dès que les conditions de température et surtout d'humidité (**Annexe 9-1, 9-2**) sont favorables à l'installation de la rouille sur fève, avant d'atteindre un stade phénologique réceptif, fait intervenir des épines mises en évidence par Littlefield *et al.* (1979) ; Clement *et al.* (1998) et des matrices extracellulaires (Clement *et al.*, 1993 a et b). Les épines garnissant les urédospores offrent une spore (Clement *et al.*, 1998). Les matrices extracellulaires ont un rôle similaire à celui des épines ; elles contribuent à la fixation des urédospores, conditions prérequis pour un éventuel succès de l'infection (Wynn, 1976). Notre suivi symptomatologique de l'évolution de la rouille a permis de constater la présence de deux stades (urédospores et téléospores) parmi les cinq stades décrits par Littlefield *et al.* (1979).

La germination des urédospores a lieu au stade début de maturation des gousses, où la température varie de 10,3 °C - 23,1 °C proche à celle décrite par Joseph et Hering (1997), qui considèrent que les urédospores germent mieux dans une fourchette de 5-26 °C, avec un optimum à 20 °C. , alors qu'une exposition des spores à une température de 30 °C donnerait peu ou pas de germination, et engendrerait une altération de la majorité des urédospores. Ils considèrent également qu'une durée d'humectation des feuilles de quatre heures suffirait pour avoir une infection. Lorsque cette durée excède les 24 heures, le taux d'infection par le champignon augmente sensiblement. Clement *et al* (1993 a) rejoint Joseph (1997) pour ce qui est de l'optimum thermique, mais considère par ailleurs, que l'optimum en humidité relative varie entre 85 et 95 %.

Au champ, la phase agressive peut s'expliquer par une dissémination rapide des urédospores, qui entraîne au cours du temps une propagation explosive et exponentielle au voisinage du foyer primaire. Selon Sache (1995). Occasionnellement quelques urédospores entraînées à longue distance provoquent l'apparition de foyers secondaires isolés dans le champ. Ces derniers peuvent fusionner avec le foyer initial et accélérer de ce fait la vitesse de propagation de l'épidémie. La forte capacité de sporulation du champignon compense les très grandes pertes d'urédospores intervenant pendant la phase de dissémination (Sache, 1995 et Clement *et al.*, 1998).

La pluie favorise vraisemblablement la libération des urédospores grâce à l'impact des gouttelettes sur les pustules sporulentes. Selon Inglad (1971) in Rapilly (1991), la projection est limitée horizontalement à 0,1-0,2m. Les urédospores se disséminent en amas proportionnellement à la valeur de l'humidité (Rapilly, 1991). L'irrigation par rigole favorise la mouillabilité des feuilles qui joue un rôle important dans la capture des spores (Faucault, 1975), que ce soit par sédimentation ou par leur impact sur les feuilles, de ce fait la capture d'une surface humide est toujours supérieure à celle qui est sèche (Clement *et al.*, 1993).

La résistance de fève vis-à-vis la rouille peut être examinée sur terrain et dans des conditions contrôlées. Dans le premier cas, l'infection devrait être uniforme et assez grave pour éviter des évasions, ce qui peut être assuré par des inoculations artificielles (Sillero *et al.*, 2000). En effet nos résultats sur terrain, positionnés selon l'AUDPC, calculé à partir de la sévérité finale ont permis de localiser 7 familles plus résistantes (populations : 70, 7, 77,

72, 24, 68 et 68) que le géniteur résistant BPL 710 ; par contre nous avons révélé des familles plus susceptible (populations : 2, 10, 20, 22 et 55) que le géniteur susceptible BARAKA, ceci à dû à la ségrégation transgressive. Pour cela, déférentes sources de résistance ont été identifiées, ainsi que la résistance incomplète a été retrouvée (Conner *et al.*, 1982 ; Rashid *et al.*, 1986), l'information sur la base génétique de cette résistance reste encore limitée (Sillero *et al.*, 2000).

Comparativement, les 88 familles espagnoles avec le témoin Italienne SCIABOLA, la réaction de ce derniers vis-à-vis la maladie de rouille selon les classes de sévérité et selon la position AUDPC montre des niveaux basse de résistance, où nous avons trouvés que la variété SCIABOLA est plus susceptible que le géniteur susceptible Baraka. Suggérant l'idée que la variété SCIABOLA montre pour l'essai en atmosphère Algérien (région de Blida) un niveau très bas de résistance pour la maladie de rouille. Donc on peut dire que la variété SCIABOLA a perdu sa stabilité génétique, puisque le risque de perde la résistance existe (Villegas-Fernandez *et al* 2009).

*Uromyces viciae-fabae* est considérée comme assez complexe et variable. Récemment, des isolats spécialisés ont été rapportés qui ne peuvent pas infecter la fève (Emeran, 2005), suggérant qu'*Uromyces* peut-être subdivisés en au moins 3 groupes de populations selon la pathogénicité différentielle à la fève, à la vesce ou à la lentille. Cette subdivision a été soutenue par des analyses moléculaires récentes (Emeran, 2008). Depuis longtemps, plusieurs races d'*Uromyces* infectant la fève ont été identifiées. La première race a été décrite en se basant sur la taille des colonies (Conner *et al.*, 1982). Plus tard, une autre variable a été décrite, qui permettait l'identification des races en se basant sur la présence/absence de la nécrose, comme critères discriminatoires (Emeran *et al.*, 2001).

L'évidence de la spécialisation physiologique chez *Uromyces viciae-fabae* suggère qu'il soit peu susceptible avoir l'utilisation des gènes de résistance simples dans les cultivars comme outils pour la lutte durable, ainsi que la surveillance des populations de pathogènes pour des variantes possibles est clairement importante dans l'exploitation de la résistance. Il sera donc nécessaire de rechercher la résistance aux races les plus virulentes et aux stratégies utilisées pour prolonger la longévité de cette résistance, telle que la diversification des gènes pour la résistance par l'introduction de multi lignées.

L'inexistence de corrélation entre les deux maladies signifie que les gènes de résistance, chez les populations de fève étudiées, se situent sur des régions chromosomiques différentes et éloignées. Suggérant le but des travaux menés par le centre CSIC de Cordoue (Espagne), qui essayant d'après des années de recherche et de sélection et d'amélioration national et international, dont notre travail (essais) fait partie ; d'avoir des variétés résistantes non seulement à une maladie, mais de deux ou plus. Pour cela, ils essayent d'introduire deux gènes dans la même plante. Afin de les exposer à des atmosphères différentes pour mieux comprendre l'interaction Génotype x Atmosphère. Donc l'idée idéale serait que les variétés cultivées ont possédé la résistance aux maladies multiples, cela a été défini comme la résistance de génotypes aux deux maladies ou plus (Nene, 1988). Bien qu'exemples des évaluations multiples aux différentes maladies (Fininsa et Tefera, 2006 ; Pande *et al.*, 2006 ; Hussain *et al.*, 2008 ; Gurung *et al.*, 2009), la situation la plus courante est que les évaluations pour une maladie simple sont réalisées. Cette stratégie de « chaque fois » nécessite une utilisation inefficace des ressources et le temps à l'heure d'obtenir des variétés commerciales avec la résistance aux maladies multiples. D'une part, il est nécessaire de multiplier le nombre d'évaluations et, de l'autre, quand les génotypes appropriés ont été identifiés, elle est précise pour combiner des gènes venant des différentes sources au même fond (génotype) (Villegas-Fernandez, 2012).

Les plantes adventices constituent un facteur limitant qui peut affecter les rendements et provoquent des pertes sur la culture de fève, dans notre travail, le suivi particulier du développement des adventices de l'orobanche, n'a pas noté un envahissement important. Les grains d'orobanche germent surtout, à partir du mois d'avril, quand les exsudats racinaires de fève sont intenses, engendrant des développements spectaculaires de ces adventices (Ait abdellah et Hamadach., 1996). Face à cette situation, il est intéressant de prendre en considération les pertes occasionnées par cette espèce. Des études récentes proposent de cultiver la fève en intercalaire avec les céréales ou avec le fenugrec (*Trigonella foenum-graecum* L.) et ou avec le trèfle (*Trifolium alexandrinum* L.), pour réduire la germination des grains d'orobanche, par allélopathie (Fernández *et al.*, 2012).

Le rendement d'une variété est le résultat des phases successives de croissance et de développement comprenant: la mise en place d'organes, de processus liés à la

photopériode et à la somme des températures, leur croissance en taille directement liée à l'énergie lumineuse interceptée, la disponibilité en eau et en éléments minéraux absorbés par le système racinaire. Le remplissage des grains dépend de la nutrition azotée, et hydrique notamment en fin de cycle ainsi que de l'état sanitaire du plant (Prieur et Laffont, 2009).

Pour la deuxième partie de notre étude, où nous avons évalué les paramètres de croissance et de production, des variabilités significatives ont été enregistrées pour la plupart des paramètres accordant le génotype et l'épreuve considérés. En effet, pour bien comprendre l'effet des deux maladies (tache chocolat et rouille) sur les paramètres étudiés (croissance et production), nous sommes passés à une corrélation entre la sévérité et leur AUDPC des deux maladies et ces paramètres mesurés pour déterminer la dépendance ou l'indépendance de ces paramètres vis-à-vis de l'effet des deux maladies. Autrement dit sont vraiment indicatrice. Les analyses des résultats de l'évaluation morphologique des paramètres de croissance et de production, notamment les feuilles et les gousses des parties aériennes de notre culture a montré qu'il y a des variations entre les 88 populations étudiées. L'existence d'une faible différence significative (peut négligeable) dans le taux de germination peut s'expliquer par la dépendance de ce paramètre des conditions de l'environnement. Etant donné que, La germination c'est l'ensemble des phénomènes par lesquels, la plantule, en vie ralentie dans les graines, reprend une vie active et se développe (Hennouni, 2011). Ainsi que, les résultats concernant la longueur, la largeur des feuilles et la largeur des tiges ont montré une faible différence significative entre les 88 accessions évaluées, où nous avons remarqué une certaine homogénéité aux seins de ces trois paramètres. En effet, le test Newman-Keuls a permis de bien classer et montré cette légère différence entre les familles testées. Ceci s'explique par le déterminative génotypique (variétés), qui sont globalement homogènes pour les populations étudiées. La différence significative notée avec les largeurs et les longueurs des feuilles, peut-être dû aux effets de stress abiotique (climat) et biotique (maladies), mais qui sont pas vraiment indicateurs. L'absence de corrélation entre la sévérité et l'AUDPC pour les deux maladies vis-à-vis ces trois paramètres de croissance. Donc on peut dire qu'il n'a aucun effet directement des deux maladies sur ces paramètres. Ceci peut refléter la stabilité de ce paramètre indépendamment des conditions d'épreuves, ainsi la capacité d'adaptation de ces génotypes parmi des conditions environnementales.

Les analyses effectuées pour la taille des plants n'ont pas montré des différences significatives. Pendant la moisson, la hauteur de la plante joue un rôle important dans la réduction de perte de rendement. En fait, il est plus difficile moissonner des génotypes courts mécaniquement que des génotypes grands (Magda *et al.*, 2000 ; Talaat *et al.*, 2008). Pour notre étude, aucune corrélation entre la taille des plants et les paramètres de la maladie (sévérité, AUDPC). Dans d'autres études, une variabilité significative a été détectée entre quelques génotypes pour ce paramètre (El-Metwally *et al.*, 2000 ; Daur *et al.*, 2010 ; Nawar *et al.*, 2010). De même, quelques génotypes de fève ont montré des valeurs plus hautes et sensiblement variables de la hauteur de la plante (Thalji., 2009). Sadiki *et al* (2002) et Sifi *et al* (2002) ont constaté que la plante haute n'était pas sensiblement variable pour certains des génotypes étudiés de *Vicia faba*.

Nous avons constaté selon l'analyse de la variance que le comportement variétal des 88 populations étudiée, présente des différences significatives dans le nombre, la taille des gousses et poids de mille grains (PMG). Concernant le nombre de gousse par plant, selon le test Newman-Keuls les résultats variés entre les 88 génotypes (**Annexe 8-5**). L'absence de corrélation entre ce paramètre et les paramètres de la maladie suggérant l'idée de l'indépendance de ce paramètre des conditions. Donc on peut dire que la différence enregistré au niveau de nombre de gousse est du probablement au caractère variétale de ces génotypes. En effet, Sadiki *et al* (2002) a étudié la variabilité pour les mêmes espèces de la collection du Maghreb (161 lignes) et a démontré la variabilité dans ce paramètre. En conséquence, Bond *et al* (1985) a confirmé que le génotype de fève détermine le nombre de graine /plant. Néanmoins, Daur *et al* (2010) n'a trouvé aucune variabilité significative nombre de graine entre douze génotypes de fève étudiés.

Pour le deuxième paramètre de rendement mené dans notre étude (taille des gousses), la présence d'une différence significative entre les 88 populations RILs due probablement au caractère variétale, suggérant l'indépendance de ce paramètre des variations d'épreuve. L'absence de corrélation de la sévérité et leur AUDPC pour les deux maladies (tache chocolat et rouille) vis-à-vis la taille de gousses, donc on peut minimiser l'idée que cette différence enregistré au niveau de la taille de gousse est due directement par l'influence des deux maladies sur ce paramètre, autrement dit que ne sont pas vraiment indicatrice.

Le poids de mille grains (PMG) est un critère essentiellement variétal qui dépend beaucoup des conditions de culture qui l'influencent de façon significative (Ait-Kaki, 2008). Les analyses statistiques (ANOVA, test Newman-Keuls) pour ce paramètre, révèlent l'existence d'une différence significative entre les 88 familles étudiées. Tandis que, leur corrélation avec la sévérité et les résultats d'AUDPC des deux maladies révèlent l'absence d'une corrélation entre le PMG et les mesures de sévérité et leur AUDPC. En effet plusieurs travaux ont prouvé que les pertes de rendement causées par les maladies sont strictement liées à la diminution du poids de 1000 grains (Schteinberg *et al*, 1990 ; Knot, 1993).

Les analyses statistique effectuées entre le poids de miles grains (PMG) et la taille des plants des 88 familles ségréantes, révèlent la présence d'une corrélation entre ces deux paramètres ( $r = 0,34$ ). Ce résultat, est semblable que les travaux mené par Magda *et al* (2000) ; Talaat *et al* (2008) qui ont montré que la hauteur de la plante joue un rôle important dans la réduction de perte de rendement. Autrement dit, on peut dire que la taille des plants des 88 familles a influence sur la qualité et remplissage des grains d'où nous avons remarqué une corrélation entre ces deux paramètres.

Le faible coefficient de corrélation entre les essais de laboratoire et les résultats de terrain peut s'explique principalement par la faible sévérité de la maladie au champ et la variation observée au laboratoire entre les différentes familles ; ceci est dû probablement au choix des feuilles utilisées (état et âge). En effet, les travaux de Villegas-Fernández *et al* (2011) ont prouvé que l'influence de l'âge de feuille dépend du génotype, puisque la susceptibilité plus élevée des feuilles plus anciennes n'était pas présente dans un grand nombre d'accessions évaluées. Ceci pourrait suggérer que de jeunes feuilles de *Vicia faba* présent plus de résistance à l'infection par *Botrytis* que les plus ancien. donc on peut dire que l'essai au laboratoire est insuffisant pour déterminé le comportement variétal vis-à-vis de cette maladie.

Les méthodes d'évaluation, se basant sur des essais *in vitro* (laboratoire), utilisant généralement des feuilles détachées de leurs plants ne donnent pas suffisamment de satisfaction. En effet, les travaux de Bouhassan *et al* (2004) ont déjà signalé les doutes sur l'efficacité de ces techniques dans le cas de la maladie tâche chocolat. Donc, il s'avère difficile de se prononcer sur les sources de résistance. Dans ces travaux, ils ont étudié

d'éventuelles corrélations entre différents composants de la résistance qui ont été mesurés dans des essais avec des feuilles coupées et corrélées avec les valeurs de l'AUDPC de l'indice des lésions sur le terrain.

Nos résultats ne soutiennent pas l'idée que les essais des feuilles coupées sont plus compatibles aux résultats de champ dans le cas des géotypes fortement susceptibles et de haute résistance. Avec des anomalies principalement trouvées chez de nombreuses populations montrant des réactions intermédiaires à la maladie (Bouhassan *et al* 2004). Des résultats similaires ont été signalés par Tivoli *et al* (1986). Cette méthode supprime partiellement la réaction physiologique intrinsèque de la plante et de sa réaction avec l'environnement par enlever des feuilles. Néanmoins, ce test a été utilisée avec succès pour évaluer les réactions des géotypes de la fève vis-à-vis *Botrytis fabae* à plusieurs auteurs (Shaaban et Harrison, 1981; Hanounik & Maliha, 1986; Hanounik & Robertson, 1988; Tivoli *et al.*, 1988). Ainsi, le test de la feuille individuelle peut être très utile pour l'entreprise pour la première projection d'un grand nombre de lignes et éliminant de ce fait très sensibles géotypes avant de procéder à des tests sur le terrain coûteuses. Par conséquent, des essais de plantes entières devraient être employés au lieu des essais des feuilles coupées autant que possible.

## CONCLUSION

Les légumineuses alimentaires, sont des cultures importantes sur le plan alimentation humaine et animale; elles offrent un apport élevé en protéines végétales et constituent un excellent précédent cultural avec les céréales, notamment dans l'exploitation de certaines régions à pauvre potentiel agricole.

Entre ces légumineuses, la fève fait objet de plusieurs travaux de recherche à travers le monde. Notre étude a comme objectif d'évaluer le comportement de 88 populations dans la région méditerranéenne vis-à-vis des maladies de la tâche chocolat et la rouille, considérées comme redoutables sur cette culture. Ce travail fait partie du projet de recherche de l'institut CSIC (l'Institute for Sustainable Agriculture, Córdoba, Spain).

L'expérimentation a été structurée en trois parties, (1) le suivi du comportement à l'état naturel sur terrain de ces populations vis-à-vis des deux maladies, (2) la mesure de certains paramètres de croissance et de production, (3) l'évaluation au laboratoire par des méthodologies appropriées.

Le suivi de développement des 88 populations sur terrain (Janvier- Mai 2014), a permis de constater des comportements variables, vis-à-vis de la maladie tâche chocolat ; les évaluations des taux d'infections et de la sévérité ont montré, à travers le calcul de l'AUDPC, que 35 populations sont considérées plus résistantes que le géniteur résistant (BPL 710), dont les plus résistantes sont : 41, 48, 1, 31, 27 et 37 ; un comportement similaire à ce géniteur a été noté chez 29 populations, le reste (25 populations) se classe inférieur à ce géniteur. Par rapport à leurs comportements vis-à-vis la deuxième maladie étudiée, la rouille, les résultats obtenus soulignent que, seul 7 populations (70, 7, 77, 72, 24, 68 et 68) sont considérées plus résistantes que le géniteur résistant (BPL 710), 15 populations présentent un comportement similaire à ce géniteur et la majorité se classe inférieure à ce géniteur (soit 65 populations). Comparativement, la réaction de matériel génétique espagnol (88 familles ségréantes) par rapport au témoin Italienne SCIABOLA la réaction vis-à-vis la maladie de tâche chocolat est même que nos géniteurs (BPL 710, Baraka). Par contre, par rapport à la deuxième maladie le témoin SCIABOLA est moins susceptible que le géniteur susceptible Baraka. Le paramètre AUDPC (Area under the disease progress curve) présente l'avantage de prendre en considération l'évolution des maladies dans le temps.

La corrélation entre les résultats des deux maladies par rapport à certains paramètres de croissance et de production a permis de définir certains dépendance ou indépendance de ces paramètres vis-à-vis l'influence des deux maladies. Tandis que, soit aucun déterminisme n'a été identifié pour dire que les maladies ont vraiment un effet directement sur la croissance et la production chez 88 populations testé.

Comparativement aux essais d'évaluation du laboratoire, même si les résultats sont acceptables sur le plan pratique et méthodologique, leur corrélation avec les résultats de terrain reste très faible et même inexistante.

L'absence de corrélation entre les résultats *in situ* et *in vitro* mis en évidence la difficulté d'évaluer le comportement au laboratoire avec la méthode des feuilles détachées. Nous suggérons dans l'avenir de réaliser des essais avec des plants entiers, ou bien de réaliser les essais en conditions contrôlées.

L'inexistence de corrélation entre les deux maladies, révèle que les gènes de résistance chez des maladies sont situés sur des régions chromosomiques différentes et éloignées.

A la lumière, de nos résultats nous pouvons suggérer dans l'avenir d'utiliser ces populations ayant montré un niveau de résistance plus élevé que le géniteur résistant (BPL 710) dans des programmes de croisement et d'amélioration multi-environnement, pour mieux exploiter ces sources de résistance. Un problème additionnel à l'heure d'effectuer un programme d'amélioration pour la résistance aux maladies est que la résistance peut-être qui est obtenue n'est pas durable. Par conséquent, la résistance qui sont employés doivent être les plus stables que lui est possible, qui suppose que les sources potentielles de résistance doivent être évaluées dans différentes atmosphères et différentes années.

En plus il devient impératif de recourir aux marqueurs moléculaires pour cibler et identifier les gènes de résistances et leur éventuelle transmission à travers les générations.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Abbes Z., Kharrat M., Shaaban K. et BAYAA B., 2010.** Comportement de différentes accessions améliorées de féverole (*Vicia faba* L.) vis-à-vis d'*Orobanche crenata* Forks. Et *Orobanche foetida* Poir. Cah. Agric, 19 n°3 :194-199p.
- **Abouzed N.M., El-Morsy G.A., Hassanein A.M and Abdel-Rahman S., 1996.** Variability and distribution of *Botrytis* isolates in Egypt. Pp. 141-150. In: Proceeding du Symposium Régional sur les maladies des céréales et des légumineuses alimentaires 11-14 Novembre 1996, Rabat, Maroc.
- **Abu-Zinada A.A.H., Cobb A. and Boulter D., 1975.** An electron-microscopic study of the effects of parasite interaction between *Vicia faba* L. And *Uromyces Vicia-fabae*. Physiol plant Pathol. 5: 113-118p.
- **Agrios G.N., 1997.** Plant Pathology. 4<sup>e</sup> edition. Ed Academic Press; New York. 619 p.
- **Ait Abdellah F et Hamadache A., 1996.** Effet de la période de semis, de la variété et de l'utilisation de Glycophosphate sur le contrôle de l'orobanche chez la fève (*Vicia faba*) dans une zone sub-humide numéro spécial fève N° 29, 27-30p.
- **Allala L., Bustillo A.J., Gronenbon B., Aronson M., Timchenco T., Ventten H.J. and Katul L., 2001.** Serological and molecular characterization of FBNYB in the major legumes in the center of Algeria. Pp9.In: Book of poster legumed. Grain legumes in the Mediterranean Agriculture. IAV Hassan II, Rabat, Morocco.
- **Allen P.J., Strange R.N. and Elnaghy M.A., 1971.** Properties of germination inhibitor from stem rust uredospores. Phytopathology. 61: 1382-1389p.
- **Amamra M., 2002.** Le Développement du Secteur des Légumineuses Alimentaires en Algérie : point de Vue de la Profession Proceedings du 2<sup>ème</sup> séminaire du réseau REMAFEVE/ REMALA, «le devenir des Légumineuses Alimentaire dans le Maghreb», Hammamet, Tunisie, 100p.
- **Anonyme 1., 2010.** Fiches techniques valorisées des cultures maraîchères et Industrielles. La culture de fève. ITCM.
- **Anonyme 2., 1969.** Les maladies des plantes. Paris-France. ACTA. 114-115p
- **Arnaud G., 1931.** Traité de pathologie végétale. Tome 1.Ed Paul le chevalier & fils, Paris, 993p.
- **Barnes E.H., 1979.** Atlas and Manuel of plant pathogens. Ed plenum press. 325p.
- **Barnett H.L and Hunter B.B., 1972.** Illustrated Genera of Imperfect Fungi. 3<sup>e</sup> edition. Edby Burgess Publishing Compagny. 241p.
- **Ben maachis S., Cherif Md., Kharrat M., Cherif M. et Harrabi M., 2001.** Rôles des oxydases végétales dans les mécanismes de défense de *Vicia-faba* suite à l'infection par *Botrytis sp.* In Symposium of Legumed Grain legumes in the Mediterranean Agriculture. IAV Hassan II, Rbat, Morocco. Disease areview. Plant Pathology, 37: 168-201p.
- **Benachour K., Alouadi K. et Terzo M., 2007.** Rôle des abeilles sauvages et domestiques (Hymenoptera ; Apoidea) dans la pollinisation de la fève (*Vicia faba* L. var major) (Fabaceae) en région de Constantine (Algérie).Ann. Soc. Entomol. Fr. (n.s), 43 (2) :213-219p.
- **Berger G., 1936.** Une maladie grave de la fève au Maroc *Botrytis fabae* Sard. In : Extrait de revue de pathologie végétale et d'entomologie agricole T.XXIV. Fascicule 2. 1937p.

- **Bernier C.C., Hannounik S.B., Hussein M.M and Mouhamed H.A., 1984.** Field manual of common *faba bean* diseases in the Nil valley. Rapport ICARADA, 40p.
- **Boizet F., Chaillet I., Crosson P., Killmayer M., Pointereau, Pierre Taupin B., Vache R C., Vannetzel E., Verdier JC., 2014.** Féverole de printemps et d'hiver - Guide de culture 2014-2015 © ARVALIS - Institut du végétal. 2:20.
- **Bond D.A., Lawes D.A., Hawtin G.C., Saxena M.C et Stephens J.H., 1985.** Faba bean (*Vicia faba L.*). In: Summerfield RJ, Roberts EH (Eds) Grain Legume Crops, Collins, London; pp. 199-265.
- **Bond, D.A., G.J. Jellis, G.G. Rowland, J. Le Guen, L.D. Robertson, S.A. Khalil & L. Li-Juan, 1994.** Present status and future strategy in breeding faba beans (*Vicia faba L.*) for resistance to biotic and abiotic stresses. *Euphytica* 73: 151–166.
- **Boreicka H. and Millikan D.F., 1973.** Stimulatory effect of pollen and pistillate parts of some horticultural species upon the germination of *Botrytis cinerea* spores. *Phytopathology* 63: 1431-1432p.
- **Bouhassan A., Sadiki M and Tivoli B., 2004.** Evaluation of a collection of *faba bean* (*Vicia faba L.*) genotypes originating from the Maghreb for resistance to chocolate spot (*Botrytis fabae*) by assessment in the field and laboratory. *Euphytica* 135, 55-62p.
- **Bouhassan A., Sadiki M., Tivoli B and Khiati N.E., 2003.** Analysis by detached leaf assay of components of partial resistance of faba bean (*Vicia faba L.*) to chocolate spot caused by *Botrytis fabae* Sard. *Phytopathologia Mediterranea* 42, 183-190p.
- **Boussad F et Doumandji S., 2004.** Les principaux ravageurs et prédateurs de la fève inventoriés à la ferme pilote d'EL-Alia. Lab. Entomo. Dép.Zoo.Agri. et for., Inst.Nat.Agro., El-Harrach, p9.
- **Bouttet D., Boizet F., Chaillet I., Crosson P., Killmayer M., Pointereau, Pierre Taupin B., Vacher C., Vannetzel E., Verdier JC., 2014.** Féverole de printemps et d'hiver - Guide de culture 2014-2015 © ARVALIS - Institut du végétal. 2:20.
- **Bouznad Z., Louanchi M., Allala L et Merabti N., 2011.** Les maladies de la fève en Algérie : cas de la maladie a tache chocolat causée par *Botrytis* spp. Quatrième journées scientifiques et techniques phytosanitaires. I.N.A El Harrach, 2p.
- **Bouznad Z., Louanchi M., Allala L. et Merabti N., 2001.** Données sur les maladies de la fève en Algérie : cas de la maladie de tache chocolat causée par *Botrytis* spp.
- **Bouznad Z., Lounachi M., Moumène S., Bouhraoua Z., Achour F., Merad S., et Merdjani., 1998.** Involvement of *Botrytis cinerea* and *Botrytis fabae* in the chocolate spot disease of faba in Algeria. Third AEP conference, Valladolid, Espana, 14-19 novembre 1998.
- **Brancourt-Hulmel M., Lecomte C., 2003.** Effect of environmental variates on genotype x environment interaction of winter wheat: A comparison of biadditive factorial regression to AMMI. *Crop Science* 43, 608-617.
- **Breukelen E.W., 1985.** Screening faba beans for resistance to *Ascochyta fabae* by artificial inoculation of seedling. *Euphytica*, 34: 425–430p.
- **Buzi A., Chilosi G., Timperio A.M., Zolla L., Rossall S. and Margo P., 2003.** Polygalacturonase produced by *Botrytis fabae* as elicitor of tow furanoacetylenic phytoalexins in *Vicia faba* pods. *Journal of plant Pathology*, 85 (2), 111-116p.
- **Carson, M.L., Goodman, M.M., Williamson, S.M., 2002.** Variation in aggressiveness among isolates of *Cercospora* from maize as a potential cause of genotype x environment interaction in gray leaf spot trials. *Plant Disease* 86, 1090-1093.

- **Chase M.W et Reveal J.L., 2009.** « A Phylogenetic Classification Of The Land Plants To Accompany APG III». Bot. J. Linn. Soc. Vol. 161. Pp 122-127.
- **Chaux C. et Fouty C., 1994.** Production légumières secs, Tome 3, légumineuses potagères, légumes, fruits. Technique et documentation Lavoisier F75384 Paris cedex 08, pp 3-15.
- **Chaux CL et Foury CL., 1994.** Productions légumières secs. Légumineuses potagères légumes et fruits. Tom 3. Technique et documentation Lavoisier. Pp 7-13.
- **Cherif M., Amari I and Harrabi M., 1988.** Morphological characterization of *Botrytis fabae* and *Botrytis cinerea* isolates from Tunisia. In: Part III- Posters-Diseases and pests. 3<sup>rd</sup> European Conference on Grain Legumes. Valladolid.
- **Clement J.A., Butt T.M and Beckett A., 1993 a.** Characterization of extra cellular matrix produced *in vitro* by urediniospores and sporeling of *Uromyces viciae-fabae*. Myc. Res, 97: 594-602p.
- **Clement J. A., Butt T.M and Beckett A., 1993 b.** characterization of the extra cellular matrix produced *in vitro* by urediniosores and sporeling of *Uromyces viciae-fabae*. Mycological Research, 97(5): 594-602p.
- **Conner R.L and Bernier C.C., 1982.** Host range of *Uromyces viciae-fabae*. Phytopathol. 71: 687-689p.
- **Cotelle S., 1999.** Etude de la génotoxicité de matrices complexes à l'aide de plantes supérieures. Metz: Université de Metz. 179 p.
- **Cubero J.L., 1974.** On the evolution of *Vicia fabae*. L. Theorie, application genetic. pp 45-51.
- **Dajoz R., 2000.** Eléments d'écologie. Ed. Bordas. Paris, 5 ème édition. 540p.
- **Daoui K., 2007.** Recherche de stratégies d'amélioration de l'efficacité d'utilisation du phosphore chez la fève (*Vicia faba* L.) dans les conditions d'agriculture pluviale au Maroc. Thèse de doctorat. Science agronomiques et ingénierie biologique. Louvain.227p.
- **Daur I., Sepetoğlu H., Marwat K.B., Geverek M.N., 2010.** Pakistan Journal of Botany, 42(5), 3477-3484.
- **Delphine B et Isabelle C., 2009.** La culture de la féverole en Agriculture Biologique. Fiche technique. Arvalis-Institut du Végétal. 8p.
- **Deverall B.J. 1960.** A study of the growth of *Botrytis spp.* in leaves of field bean. Trans. Br. Mycol.Soc, 43:462-463p.
- **Dillon Weston W.A.R., 1944.** Chocolate spot of beans. Journal of the Ministry of Agriculture 51. 325-326.
- **Dixon, A.G.O., Ngeve, J.M., Nukenine, E.N., 2002.** Genotype x environment effects on severity of cassava bacterial blight disease caused by *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*. European Journal of Plant Pathology 108, 763-770.
- **Duc G., Bao S., Baum M., Redden B., Sadiki M., Jose Suso M., Vishniakova M and Zong X., 2010.** Diversity maintenance and use of *Vicia faba* L. genetic resources. Field Crops Research 115, 270-278p.
- **El-Helaly A.F., 1938.** A chocolate spot disease of beans (*Vicia faba*). Part I. Bulletin, Ministry of Agriculture. Egypt Uo. 191.
- **El-Metwally I.M., Abdelhamid M.T., 2008.** Planta Daninha, 26 (3), 585-594.

- **Emeran A.A, Roman B, Sillero J.C, Satovic Z and Rubiales D., 2008.** Genetic variation among and within *Uromyces* species infecting legumes. J Phytopathol 156:419-424p.
- **Emeran A.A, Sillero J.C and Rubiales D., 2001.** Physiological specialisation of *Uromyces viciae-fabae*. Proceedings, 4th European Conference on Grain Legumes, Cracow, Poland, 263p.
- **Emeran A.A, Sillero J.C, Niks R.E and Rubiales D., 2005.** Infection structures of host-specialized isolates of *Uromyces viciae-fabae* and of other species of *Uromyces* infecting leguminous crops. Plant Dis 89:17-22p.
- **Ernst G., 1950.** Principale of infection. London, 543 p.
- **Fatemi Z., 1998.** Les cultures des légumineuses alimentaires au Maroc. INRA. Domaine expérimental de Douyet. Fès. Morocco. N° 148. 38p.
- **Feliachi K., 2002.** Le développement des légumineuses alimentaires et les perspectives de relance en Algérie. In : proceedings du symposium sur le Devenir des légumineuses alimentaires au maghreb. Hammamet, Tunisie. Pp 32-39.
- **Fernández M., Emeran A.A and Rubiales D., 2012.** Inter-cropping *faba bean* with berseem, fenugreek or oat can contribute to broomrape management. GRAIN LEGUMES No. 56 - April 2011. P 36.
- **Fininsa, C., Tefera, T., 2006.** Multiple disease resistance in common bean genotypes and their agronomic performance in eastern Ethiopia. International Journal of Pest Management 52, 291-296.
- **Fitt B.D.L., Creighton N.F. et Bainbridge A., 1985.** Role of wind and rain in dispersal of *Botrytis fabae* conidia. Transactions of the British Mycological SociWv 85, 307-312.
- **Forbes, G.A., Chacon, M.G., Kirk, H.G., Huarte, M.A., Van Damme, M., Distel, S., Mackay, G.R., Stewart, H.E., Lowe, R., Duncan, J.M., Mayton, H.S., Fry, W.E., Andrivon, D., Ellisseche, D., Pelle, R., Platt, H.W., MacKenzie, G., Tarn, T.R., Colon, L.T., Budding, D.J., Lozoya- Saldana, H., Hernandez-Vilchis, A., Capezio, S., 2005.** Stability of resistance to *Phytophthora infestans* in potato: an international evaluation. Plant Pathology 54, 364-372.
- **Fraser R.S.S., 1985.** Mechanisms of resistance to plant diseases. Martimes Nighoff /DRW. Junk Publisher, 462p.
- **Gerard C., 1990.** La féverole, encyclopédique technique agricoles. Partie production végétale: 2213 p.
- **Gordon M. M., 2004.** Haricots secs : Situation, Prospective et Agroalimentaire. Canada, pp 1-7.
- **Gourley C.O. and Delbridge R.W., 1973.** *Botrytis fabae* and *Ascochyta fabae* on Broad Bean in Nova Scotia. Can. Plant Dis. Surv, 2:53p.
- **Goyoaga C., Burbano C., Cuadrado C., Romero R., Guillamo'n E., Varela A., Pedrosa M.M and Muzquiz M., 2011.** Content and distribution of protein, sugars and inositol phosphates during the germination and seedling growth of two cultivars of *Vicia faba*. Journal of Food Composition and Analysis 24, 391-397p.
- **Grainger J., 1950.** Crops and diseases. I. A digest of results of the disease phenology plots maintained and recorded by the Department of Plant Pathology, West ( Scotland Agricultural College, Auchincruive, Ayr, 1945 44 West of Scotland Agricultural College Research Bulletin 9, 18 21.

- **Green C. F., Hebblethwai A and HELENE R., 1986.** The practice irrigating of *faba bean*. Revue fabis newsletter N<sup>o</sup> 5 Ed.ICARDA (Syrie), 26-31p.
- **Gull K and Trainci A.P.I., 1971.** Fin structure of spore germination in *Botrytis cinerea*. Journal of general of microbiology, 68: 207-220p.
- **Gurung, S., Bonman, J.M., Ali, S., Patel, J., Myrfield, M., Mergoum, M., Singh, P.K., Adhikari, T.B., 2009.** New and diverse sources of multiple disease resistance in wheat. Crop Science 49, 1655-1666.
- **Guyot A. L., 1957.** Les urédinées (rouille des végétaux). Etude morphologique et biologique des champignons de ce groupe qui vivent en Europe, Asie occidentale, Afrique septentrionale et révision des espèces connues dans les autres parties du Monde. Tome II. Ed Paul le chevalier, Paris, 647 P.
- **Hamadache A., 1996.** Stratégie de lutte contre l'orobanche en culture de fève au Maghreb. Bulletin de liaison et d'information technique, n<sup>o</sup>2.REMAFEVE
- **Hamadache A., 2003.** La féverole. Institut Technique de Grand Culture (I.T.G.C), 13p.
- **Hanounik S.B and Bisri M., 1991.** Status of diseases of *faba bean* in Mediterranean region and their control. Options méditerranéennes 10 : 56-66p.
- **Hanounik S.B and Maliha M., 1986.** Horizontal and vertical resistance in *Vicia faba* to chocolate spot caused by *Botrytis fabae*. Plant Diseases, 70(8): 770-773p.
- **Hanounik S.B and Robertson L.D., 1986.** New sources of resistance in *Vicia faba* to chocolate spot caused by *Botrytis fabae*. Plant Disease 72, 696-698p.
- **Hanounik S.B., Robertson L.D and Linke K.H., 1988.** Food Legume Improvement Program. Annual report ICARDA-146 En. Box 5466, Aleppo, Syria. Pp 362 (24).
- **Hanounik, S.B., 1983.** Resistance in *faba bean* to chocolate spot. FABIS Newsl 5: 24-26.
- **Hariot P., 1908.** Les urédinées (rouille des plantes). Ed o. Doin ; Paris ; 392p.
- **Harrison J.G and Hargreaves A.J., 1977.** Production and germination in vitro of *Botrytis fabae* microconidia. Trans. Br. Mycol. Soc.69 (2), 332-335p.
- **Harrison J.G., 1978.** Role of seed borne infection in epidemiology of *Botrytis fabae* on field beans. Trans. Br. Mycol.Soc. 70 (1): 35-40p.
- **Harrison J.H., 1979.** Over wintering of *Botrytis fabae*. Transaction of the British Mycological Society, 72: 389-394p.
- **Harrison J.G., 1980.** The production of toxins by *Botrytis fabae* in relation to growth of lesions of field bean leaves at different humidities. Annals of Applied Biology 95: 53-61p.
- **Harrison J.G., 1983.** Survival of *Botrytis fabae* in air. Trans. Br. Mycol. Soc, 80 (2): 263-269p.
- **Harrison J.G., 1984.** *Botrytis cinerea* as an important cause of chocolate spot in field beans. Trans. Br. Mycol. Soc, 83 (2): 631-637p.
- **Harrison J.G., 1988.** The biology of *Botrytis* spp. on *Vicia* beans and chocolate spot disease-a review. Plant Pathology 37 (2): 168-201p.
- **Hausmann, B.I.G., Hess, D.E., Reddy, B.V.S., Mukuru, S.Z., Kayentao, M., Welz, H.G., Geiger, H.H., 2001.** Pattern analysis of genotype x environment interaction for striga resistance and grain yield in African sorghum trials. Euphytica 122, 297-308.
- **Hebblethwaite P.D. et Davies G.M., 1971.** The Production. Marketing and Utilisation of the Field Bean (*Vicia faba*), pp. 17-18. Rank Hovis Mc Dougal Agriculture.

- **Hennouni N., 2011.** Evaluation du métabolisme respiratoire et enzymatique des racines de blé dur (*Triticum durum* Desf) issues de plantes infectées par les maladies cryptogamiques et de plantes traitées avec un fongicide (ARTEA EC 330). Th. Doc. P 90.
- **Hess D.E., Bandyopadhyay R., Sissoko I., 2002.** Pattern analysis of sorghum genotype x environment interaction for leaf, panicle, and grain anthracnose in Mali. *Plant Disease* 86, 1374-1382.
- **Hiratsuka Y., 1973.** The nuclear cycle and the terminology of spores states in uredinales. *Mycologia*. 65: 432-443p.
- **Hogg W.H., 1956.** Weather and the incidence of chocolate spot on beans. *NA AS Quarterly Review* 32, 87-92.
- **Hussain, S., Ali, A., Zahid, M.A., Iqbal, S.M., 2008.** Multiple disease resistance in lentil germplasm from Pakistan. *Pakistan Journal of Botany* 40, 897- 903.
- **Ikata S., 1933.** Studies on red spot disease (chocolate spot disease) of *Vicia faba*. Report of the Agricultural Experiment Station. Okayamaken. Extra 38. (Abstract in Review of Applied Mycology 13, 741).
- **Jackson A.J., Walters D.R. et Marshall G., 1994.** Evaluation of *Penicellium chrysogenum* and its antifungal extracts as potential biological control agents against *Botrytis fabae* on *faba bean*. *Mycological research* 98 (10): 1117-1126p.
- **Jarvis W.R., 1962.** Splash dispersal of spores of *Botrytis cinerea Pers.* *Nature* 193, 599.
- **Jauch C., 1947.** La "mancha chocolate" de las habas Reista de Investigaciones Agrícolas 1, 65-80.
- **Jaz. R.I.,M.El .B.,2011.** Inheritance Assessment of chocolate spot and Rust Disease Tolerance in Mature Faba bean *Vicia Faba L.*, *Pakistan Botanic Journal* ., Vol .N°43.,pp 1389-1402.
- **Jellis, G.J., D.A. Bond & J. Old, 1982.** Resistance to chocolate spot (*Botrytis fabae*) in ICARDA accessions of *Vicia faba*. *FABIS Newsl* 4: 53–54.
- **Jellis G.J., Lockwood G and Aubury R.G., 1984.** Resistance to *Ascochyta* blight (*Ascochyta fabae*) in a winterhardy line of faba bean (*Vicia faba equina*). *FABIS*, 10: 27–2.
- **Jellis G.J., Plumb A.S and Clarke M.H., 1991.** Resistance to *Didymella fabae* in faba beans. *Aspects of Applied Biology*, 27: 63–66p.
- **Jones D R., 1986 a.** Control of rust *Uromyces viciae fabae* on spring field bean. Test of Agrochemical and cultivars, 7. *Annals of Applied Biology*, 108 p 42.
- **Jones D R., 1986 b.** Control of rust *Uromyces viciae fabae* on winter field bean. Test of Agrochemical and cultivars, 7. *Annals of Applied Biology*, 108 p 46.
- **Joseph M.E and Hering T.F., 1997.** Effect of environnement on spore germinatiuon and infection by broad bean rust (*Uromyces Viciae-fabae*). *Journal of Agricultural Science* (97), 128: 73-78.
- **Julien Demol., 2002.** EDI : TEC DOC, P 566.
- **Kaenaoui A. et Lounis S. 1998.** Etude de la maladie « tache chocolat » sur fève : implication des deux espèces *Botrytis fabae* et *Botrytis cinerea* dans l'expression de la maladie et comparaison du pouvoir pathogène des deux espèces sur fève. *Mem.Ing, I.N.A.*

- **Khairi H., Temani R., 2009.** Mécanismes de protection des plantes de pois par des polysaccharides extraits d'une souche de *Rhizobium* contre *Orobanche crenata*. Th. Uni de MONASTIR : Inst Sup des Sciences Appliquées & Technologie de Mahdia. 15 p.
- **Khalidi R., Zekri S., Maatougui M.E.H et Ben Yassine., 2002.** L'Economie des Légumineuses Alimentaire au Maghreb et dans le Monde. Proceedings du 2<sup>ème</sup> séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, «Le devenir des Légumineuses Alimentaires dans le Maghreb», Hammat, Tunisie, 100p.
- **Kharrat M., Amri I. et Cherif M., 1996.** Surveillance des maladies de la fève en Tunisie. In : Proceeding du Symposium Regional sur les maladies des Céréales et des Légumineuses Alimentaires, Rabat, Maroc. Pp.113-120.
- **Kharrat M., Sadiki M. et Maatougui M.E.H., 2002.** Analyse de la Stabilité du Rendement de Lignées Améliorées de Fève et Féverole dans la Région du Maghreb. Proceedings du 2<sup>ème</sup> séminaire du réseau REMAFEVE/ REMALA, « Le devenir des Légumineuses Alimentaires dans le Maghreb », Hammamet, Tunisie, 100p.
- **Kharrat., 2002.** Sélection de Lignées de Féverole Résistantes à l'Anthracnose, Causée par *Ascochyta fabae*. Proceedings du 2<sup>ème</sup> séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, « Le devenir des Légumineuses Alimentaires dans le Maghreb», Hammamet, Tunisie, 100p.
- **Knott, D.R., 1993.** Agronomic and quality characters of near – isogenic lines of wheat carrying genes for stem rust resistance. Euphytica., 68: 33-41.
- **Koike S., Gladders P and Paulus O., 2007.** Subvert plant immunity. Annual Review of Phytopathology. Acolor Handbook . Academic Press. Vol 46. Pp.189-215.
- **Labdi M., Oufroukh A., Sellami S., Adim H., Agad D., Kaouani A et Boudieb M., 1996.** Enquête sur les maladies des légumineuses alimentaires en Algérie. P : 27-35. In : Ezzahiri B, Lyamani A, Farih A et El Yamani M (eds.). Proceedings du symposium Régional sur les maladies des céréales et des légumineuses alimentaires, Rabat, Maroc.
- **Larrad J and Martinez J.A., 1991.** Nutritional value of *faba bean*: effect on nutrient utilization, protein turnover and immunity. Options méditerranéennes: present statut and future perspectives of *faba bean* production, I.C.A.R.D.A. Série A, N°10, PP. 111-117.
- **Laumonier R., 1979.** Cultures légumières et maraîchères, Tome 3. ED.J.B. BAILLIERE, 276 p.
- **Laundon G.F., 1973.** Uridinales pp. 247-279. In: Ainworth G.L., Sparrow F. K & Sussman A.S. The fungi, an Advanced treatise. Vol. IVB. Academic press, New York.
- **Laurence F., 2009.** Fiche Technique - La culture de la féverole en Agriculture Biologique. Arvalis-Institut du Végétal. France, 8p.
- **Lebreton J.C., Legraet S., Guibert S., Masson F., Rigaud J.P and Roction L., 2009.** La féverole d'hiver, chambre d'agriculture de l'Ome, 10p.
- **Lemarchand E et Tivoli B. 1999.** Maladies fongique aériennes des légumineuses alimentaires. In : Atelier FRYMED, 6-15 Avril, Rabat.
- **Littelfield L.J and Heath M.C., 1979.** Utrastructure of rust fungi. Academic press, New York. 277p.
- **Louanchi M., Bouznad Z., Allala L., Merabti N., Maatougui M.E.H., Labdi M. et Ouffroukh A., 2001.** Caractérisation biologique, biochimique et moléculaire de *Botrytis fabae* et *Botrytis cinerea* agent de la maladie « Tache chocolat » de la fève (*Vicia faba L.*) en Algérie. In : Book of poster legumed. Grain Legumes in the Mediterranean Agriculture 25, 26 et 27 Octobre, IAV Hassan II, Rabat, Morocco.

- **Louanchi M., Zouaoui Z., Allala L., Merabti N., Maatougui M.E.H Labdi M. et Ouffroukh A., 2003.** Caractérisation biologique, biochimique et moléculaire des champignons phytopathogènes des légumineuses alimentaires : cas de *Botrytis* de la fève. Le phto seme la graine pour l'avenir 47: p10.
- **Maalouf F., Khalil S., Ahmed S., Akintunde AN., Kharrat M., El Shama'a K., Hajjar S et Malhotra RS., 2011.** Yield stability of faba bean lines under diverse broomrape prone production environments. Field Crops Research. 124: 288-294.
- **Maatougui M.E.H., 1996.** Situation de la culture des fèves en Algérie et perspectives de relance, in réhabilitation of *faba bean*. Ed. actes, Rabat (Maroc) 202 P.
- **Mabsoute L. et Sadaoui E.M., 1996.** Maladies cryptogamiques de la fève au Maghreb In : Proceedings Rehabilitation of *faba bean*. Rabat (Morocco). Pp 137-148.
- **Macleode B., 1996.** *Faba bean*: Rust diseases. Plant pathologist, Plant Research and Development Services, Northam. Agriculture Western Australia ([http://www. Agric. Wa. Au/AGENCY/PUBNS/FARMNOTE/1996/fi\\_1496.htm](http://www.Agric.Wa.Au/AGENCY/PUBNS/FARMNOTE/1996/fi_1496.htm)).
- **Madeira A.C., Clarck J.A and Rossall., 1988.** Growth, light interception and disease in field bean (*Vicia faba*): The effect of late infection by *Ascochyta fabae*. Ann. Appl. Biol, 112, 585-595p.
- **Magda A.F et Shalaby H.M.H., 2000.** Annals of Agricultural Science Moshtohor, 38, 1485-1502.
- **Mahmoud S.A and Khalil S.A., 1996.** Orview on *faba bean* production in Egypt. In Proceeding Rehabilitation of *faba bean*. Ed by Bertenbreiter W and Sadiki M. Acte Rabat (Moroco) 137-148.
- **Makkouk K and Robertson L.D., 1988.** Food Legume Improvement Program. Annual report ICARDA-146 En. Box 5466, Aleppo, Syria. Pp 362 (25).
- **Malki M., Hamadache A., 1999.** Les légumineuses alimentaires en Algérie : Situation actuelle et perspectives. Collectif, 1999. 150 p. Ed. ITGC.
- **Maoui R., Say B., El Hadj B., Frikh A et Girard C., 1990.** La culture de la fève en Tunisie. Ed. I.N.R.A.T, O.N.H. AGROPOL et I.T.C.F. 16p.
- **Maufras J.Y., 1985.** Les maladies des fèves. Phytoma-Défence des cultures N° 372 :46-48p.
- **Merabti N., 2003.** Utilisation du marqueur moléculaire RAPD pour l'identification et la caractérisation de *Botrytis cinerea* et *Botrytis fabae* agent de la tache chocolat de la fève. Mem. Magister, I.N.A., El-Harrach 8pp.
- **Merad S.F et Merdjani N. 1997.** Contribution à l'étude des maladies fongique de la fève (*Vicia faba*) : Analyse de la mycoflore des semences et caractérisation des *Botrytis spp* agent des « taches chocolat ». Mem.Ing, I.N.A., EL-Harrach.40pp.
- **Meskine M., 1996.** Détermination de la gamme d'hôtes d'*Uromyces viciae-fabae*. P : 135-140. In : B. Ezzahiri, Lyamani A., Farih A. et Le Yamani M (eds.). Proceedings du Symposium Régional sur les maladies des céréales et des légumineuses alimentaires, Rabat, Moroc.
- **Messiaen C.M., Blancard D., Rouxel F., Laffont R. 1981.** Les maladies des plantes maraichères. 3<sup>e</sup> Edition. Ed INRA, 546p.

- **Mezani S., 2011.** Bioécologie de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* Both. (Coleoptera : Bruchidae) dans des parcelles de variétés de fèves différentes et de féverole dans la région de Tizi-Rached (Tizi-Ouzou). Thèse. Magister. Uni. Mouloud Maameri, 8 (114) p.
- **Moore W.C., 1944.** Chocolate spot of beans. *Agriculture* 51, 266-269.
- **Moreau B et Leteinturier J., 1997.** La protection phytosanitaire : légumes et petits fruits. Ed. CTIFL, Paris, 505 p.
- **Muehlbauer F.J and Abebe Tullu., 1997.** *Vicia faba* L. New CROP Fact SHEET. ([www.hort.perdue.edu/cropfactsheet/fababean.html](http://www.hort.perdue.edu/cropfactsheet/fababean.html)).
- **Nawar A.I., Al-Fraihat A.H., El-Sayed Khalil H., Abou El-Ela A.M., 2010.** International Journal Of Agriculture & Biology, 12, 606-610.
- **Neergaard P., 1979.** Seed Pathology. Ed The Mac Millan Pers. 1191 p.
- **Nene, Y.L., 1988.** Multiple-disease resistance in grain legumes. Annual review of phytopathology, 203-217.
- **Onfroy C., 1997.** Maladies fongiques aériennes des légumineuses alimentaires. Rapport INRA, 11p.
- **Ouffroukh and Aggad H., 1996.** Identification des viroses affectant la fève (*Vicia faba* L.) en Algérie. Pp. 173-178. In: proceeding rehabilitation of *faba bean*. Ed by Berthenbreiter W et Sadiki M. Actes ED. Rabat (Marroco), 173-178p.
- **Pande, S., Kishore, G.K., Upadhyaya, H.D., Rao, J.N., 2006.** Identification of sources of multiple disease resistance in mini-core collection of chickpea. *Plant Disease* 90, 1214-1218.
- **Parlevliet, J.E., 1979.** Components of resistance that reduce the rate of epidemic development. *Annu Rev Phytopathol* 17: 203–222p.
- **Pérez-de-luque A., Eizenberg H., Grenz JH., Sillero., Avila C., Sauerborn J et Rubiales D., 2010.** Broomrape management in faba bean. *Field Crops Research*. 115 : 319-328.
- **Peron J-Y., 2006.** Références. Productions Légumières. 2<sup>ème</sup> Ed. DUC, Paris. 613p.
- **Pinnschmidt H.O and Hovmoller M.S., 2002.** Genotype-environment interactions in the expression of net blotch resistance in spring and winter barley varieties. *Euphytica* 125, 227–243p.
- **Planquaert P.H et Girard G., 1987.** La féverole d’hiver, *Revue, I.T.C.F* 3<sup>ème</sup> Trim. 32p.
- **Pohanka A., Capleau K., Brobrg A., Stenlid J., Stanstrom E and Kenne L., 2004.** Enniatins of fusarium sp. Strain F31 and their inhibition of *Botrytis cinerea* spore germination. *J.Nat. Prod.* 67(5): 85 18-57p.
- **Portapuglia A., Bernier C.C., Jellis G.J., Kaiser W.J and Reddy M.V., 1994.** Screening techniques and sources of resistance to foliar diseases caused by fungi and bacteria in cool-season food legumes. *Euphytica* 73, 11–25p.
- **Prieur., L et Laffont., 2009.** Essai Variétés de blé dur en agriculture biologique. Campagne 2008-2009. C.R.E.A.B. MIDI-PYRENEES Centre Régional de Recherche et d’Expérimentation en Agriculture Biologique Midi-Pyrénées. 12.
- **Purkayastha R.P and B.J Deverall., 1965a.** The growth of *Botrytis fabae* and *Botrytis cinerea* into leaves of bean (*Vicia faba* L.) *Annals of Applied Biology* 56: 139-147p.
- **Purkayastha R.P. and B.J Deverall., 1965b.** The detection of antifungal substances before and after infection of beans (*Vicia faba* L.) with *Botrytis* species. *Annals of Applied Biology* 56: 269-277p.

- **Rachef S.A., Ouamer F et Ouffroukh A., 2005.** Inventaire des ravageurs de la fève en Algérie (Identification et caractérisation). I.N.R.A. 16 : 36-41p.
- **Rapilly F., 1991.** L'épidémiologie en pathologie végétale des mycoses aériennes. (Ed) INRA, Paris, 310 p.
- **Rhaïem A., Cherif, M., Boussad M., Cherif M and Harrabi M., 2002.** New *faba bean* genotypes resistant to chocolate spot caused by *Botrytis fabae*. *Phytopathologia Mediterranea* 41, 99-108p.
- **Rieuf P., Clerjeau M et Lafon R., 1980.** Ma pourriture grise en culture légumière tomate, salades et autre production. *Phytoma*, 230 :19-21p.
- **Robertson L.D and El-Sherbeeney., 1988.** Food Legume Improvement Program. Annual report ICARDA-146 En. Box 5466, Aleppo, Syria. Pp 362 (22-24).
- **Roger L., 1955.** Encyclopedie mycologique XVII : phythopathologie des pays chaud TI. Ed. Lechevalier, Paris, France : 1122p.
- **Rubiales D., Sillero J.C., Fondevilla S., Davidson J., Vaz Patto M.C., Warkentin TD., and Thomas J., 2006.** Screening techniques and sources of resistance to rusts and mildews in grain legumes. *Euphytica* 147:255-272p.
- **Rubiales, D., 2010.** Faba beans in sustainable agriculture Introduction. *Field Crops Research* 115, 201-202.
- **Sache I., 1994.** La dissémination éolienne des maladies cryptogamiques. In: *Phytoma*. La défense des végétaux. N° 467. décembre 1994. 20-26p.
- **Sache I., 1995.** Epidémiologie de la rouille de la fève. In : *Phytoma*. La défense des végétaux. N° 473. Juin 199. 40-41p.
- **Sadiki M et Halila H., 1997.** Les ressources génétiques des légumineuses à graines et leur utilisation dans les pays méditerranéens. In: *Les Colloques n°68*, Ed. I.N.R.A., Paris.
- **Sadiki M., Belqadi L., Mahdi M., Jarvis D., 2002.** Diversité des variétés locales de fève à la ferme au Maroc: Base scientifique pour la conservation *In Situ*. Le devenir des légumineuses alimentaires dans le Maghreb 2<sup>ème</sup> Séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, Hammamet, Tunisie, pp. 65.
- **Sahli N., 2004.** Evaluation de la diversité génétique d'une collection de *Botrytis fabae Sard* et *Botrytis cinerea Pers*. Agent de la maladie tache chocolat de la fève. *Mem. Magister, I.N.A., El-Harrach* 135pp.
- **Sardina J.R., 1929.** Una nueva especie de *Botrytis* que ataca a las habas. *Memorias de la R. Sociedad Espanola de Historia Natural*. 15 :291-295p.
- **Sardifia J.R., 1930.** Dos nuevas enfermedades de las habas. *Boletin de Patologia Vegetal y Entomologia Agricola* 5, 59-80.
- **Saxena M.C., 1991.** Status and crop for production bean in the Mediterranean countries. *Options méditerranéennes*. 10: 15-20p.
- **Sayoud R., Ezzahiri B et Bouznad Z., 1999.** Les maladies des céréales et des légumineuses au Maghreb. ED. I.T.G.C. Alger.
- **Semal J., 1989.** *Traité de pathologie végétale*. Ed les presses Agronomiques de Gembloux. 162p.
- **Shaaban, A. et J.G. Harrison, 1981.** Methods of evaluating faba bean materials for chocolate spot. *FABIS Newsl* 3: 51–52.

- **Shtienberg, D., Bergeron, S.N., Nicholson, A.G., Fry, W.E., & Ewing, E. E., 1990.** Development and evaluation of a general model for yield loss assessment in potatoes. *Phytopath.*, 80: 466 - 472.
- **Sibennacheur A., 2007.** Les Techniques de Production Optimales (TPO) pour la fève (Faba bean L.). Ed. ITGC, El-Harrach, 101p.
- **Sifi B., Kharrat M., Mondragão-Rodrigues F., Farinha N., 2002.** Effet de l'irrigation de complément sur le rendement et ses composantes chez les fèves et le pois chiche. Séminaire scientifique tuniso-portugais, Hammamet, Tunisie, pp. 284.
- **Sillero J.C, Moreno M.T and Rubiales D., 2000.** Characterization of new sources of resistance to *Uromyces viciae-fabae* in a germplasm collection of *Vicia faba*. *Plant Pathol* 49:389-395.
- **Sillero J.C., Avila C.M., Moreno M.T and Rubiales D., 2001.** Resistance to *Ascochyta* blight (*Ascochyta fabae*) in faba bean (*Vicia faba*). 4th European Conference on Grain Legumes, Cracow, Poland, 188.
- **Sillero J.C., Fondevilla S., Davidson J., Vaz Patto M.C., Warkentin T.D., Thomas J and Rubiales D., 2006.** Screening techniques and sources of resistance to rusts and mildews in grain legumes. *Euphytica* 147:255-272p.
- **Sillero J.C., Villegas-Fernandez A.M., Thomas, J., Rojas-Molina, M.M., Emeran, A.A., Fernandez-Aparicio, M., Rubiales, D., 2010.** Faba bean breeding for disease resistance. *Field Crops Research* 115, 297-307.
- **Sillero, J.C., Moreno, M.T., Rubiales, D., 2000.** Characterization of new sources of resistance to *Uromyces viciae-fabae* in a germplasm collection of *Vicia faba*. *Plant Pathology* 49, 389-395.
- **Singh S.R and Singh N.I., 1986.** Seed mycoflora of broad bean and its control. *Indian phytopathology*. 39, 541-543.
- **Stoddard F.L., Nicolas A.H., Rubiales D., Thomas J et Villegas-Fernandez A.M., (2010).** Integrated pest management in faba bean. *Field Crops Research*. 115: 308-318.
- **Strydhorst., 2013.** PULSE CROP NEWS. Official Magazine of Alberta Pulse Growers. BASF Canada. P: 32. (Site: [www.pulse.ab.ca](http://www.pulse.ab.ca)).
- **Sundheim L., 1973.** *Botrytis fabae*, *Botrytis cinerea* and *Ascochyta fabae* on broad bean (*Vicia faba* L.) in Norway. Pp. 43-51. In: *Compendium of soil fungi*. Acta Agric. Scand. Ed. Academic press, London.
- **Suso M.J., Vishnyakova M., Ramos A., Ambrose M., Duc G and Maggioni L., 2005.** Report of a Survey on Conservation, Management and Regeneration of Grain Legume Genetic Resources. 111 pp. ([http://www.ecpgr.cgiar.org/workgroups/grain\\_legumes/grain\\_legumes.htm](http://www.ecpgr.cgiar.org/workgroups/grain_legumes/grain_legumes.htm)) (verified July 2008).
- **Talaat N.B. et Abdallah A.M., 2008.** *Journal of Applied Sciences Research*, 4 (9), 1092-1102.
- **Thalji T., 2009.** *Bioscience Research*, 6 (1), 35-39.
- **Thomas F., 2008.** La féverole confirme son intérêt. *Technique culturales simplifiées* N°48. 4<sup>ème</sup> édition. 102 p.
- **Thorben L., 2007.** Dept. Of Plant Biology. KVL, Denmark.

- **Tiffrent A., 2009.** Évaluation de la résistance de 36 cultivars de fève au puceron noir de la luzerne *Aphis craccivora* Koch, 1854 (Homoptera : Aphididae) dans la région de Biskra. Thèse Ing. Agro. Dep. Agro., Batna, 60p.
- **Tivoli B and Maurin N., 1992.** Strain variability of *Ascochyta fabae*. In: 1st European Conference on Grains Legumes, Angers, 323-324p.
- **Tivoli B et Gondran G., 1978.** Les maladies en végétation: La fêverole. Perspectives agricoles. 45-50p.
- **Tivoli B et J Gondran., 1984.** Les taches chocolat de la fêverole causées par *Botrytis fabae* Sard. Perspectives agricoles 77 :22-25p.
- **Tivoli B., Baranger A., Avila C.M., Banniza S., Barbetti M., Chen W.D., Davidson J., Lindeck K., Kharrat M., Rubiales D., Sadiki M., Sillero J.C., Sweetingham M et Muehlbauer F.J., 2006.** Techniques de criblage et sources de résistance aux maladies foliaires provoquées par les mycètes necrotrophes importants en légumineuses à grains. Euphytica 147, 223-253p.
- **Tivoli B., Halila H et Porta-Puglia A., 1997.** Les anthracoses des légumineuses à grosses graines, dans les pays du pourtour méditerranéen. Les légumineuses alimentaires méditerranéennes. 2<sup>ème</sup> séminaire GRAM. 20-22 Février 1997, Ed I.N.R.A. Paris 1998.
- **Tivoli B., Maurin N., Onfroy C., 1989.** Maladies fongiques de la fêverole. INRA, station de pathologie végétale, 150-153p.
- **Tivoli B., Reynaub B., Berthelem P and Leguen J., 1986.** Comparaison de quelques méthodes pour l'évaluation de la réaction de différentes accessions de fève aux fabae d'*Ascochyta*. Bulletin de FABIS, 17h35 – 38p.
- **Tivoli, B., Baranger, A., Avila, C.M., Banniza, S., Barbetti, M., Chen, W.D., Davidson, J., Lindeck, K., Kharrat, M., Rubiales, D., Sadiki, M., Sillero, J.C., Sweetingham, M., Muehlbauer, F.J., 2006.** Screening techniques and sources of resistance to foliar diseases caused by major necrotrophic fungi in grain legumes. Euphytica 147, 223-253.
- **Tivoli, B., D. Berthelem, J. Le Guen & C. Onfroy, 1988.** A study of the performance of certain faba bean genotypes in relation to *Botrytis fabae* and *Ascochyta fabae* in France. FABIS Newsl 21: 36–39.
- **Tupenevich S.M. et Kotova V.V., 1970.** Biological features of the causal agent of bean brown patch. Trudy Vsesoyuznogo Institutu Zashchity Rastenii 29, 143-150.
- **Verdie R et Lenormand M., 1984.** Modulation de l'expression du pouvoir pathogène de *Botrytis fabae* Sard. et *Botrytis cinerea* Pers. par des bactéries du phylloplante de *Vicia faba* L. Agronomie 4(8): 721-728p.
- **Villegas-Fernandez A.M., 2012.** Mejora de habas (*Vicia faba* L.) para resistencia a *Botrytis fabae* Sard. TESIS DOCTORAL. Uni. Córdoba. Spain. 233P.
- **Villegas-Fernandez A.M., Sillero J.C et Rubiales, D., 2011.** Screening faba bean for chocolate spot resistance: evaluation methods and effects of age of host tissue and temperature. Eur J Plant Pathol (2012) 132:443–453.
- **Villegas-Fernandez A.M., Sillero J.C., Emeran, A.A., Winkler J., Raffiot B., Tay J., Flores F et Rubiales, D., 2009.** Identification and multi-environment validation of resistance to *Botrytis fabae* in *Vicia faba*. Field Crops Research 114: 84–90.
- **Wagner A.H., Backer A.I and Wagner K.G., 1993.** Nucleoside/ nucleotide content in *Uromyces viciae-fabae* uredospores and its correlation to germination. Physiological and Molecular Plant Pathology. 43: 275-281p.

- **Wagner A.H., Backer A.I and Wagner K.G., 1994.** Changes in the nucleoside- nucleoside pools of *Uromyces viciae-fabae* uredospores during imbibition at low temperature *Physiol and Mol Plant Pathol.* 45: 81-87p.
- **Wilson A.R., 1937.** The chocolate spot disease of beans (*Viciafaba L.*) caused by *Botrytis cinerea Pers.* *Annals of Applied Biology* 24, 258-288.
- **Wynn W. K., 1976.** Appressorium formation over stomates by bean rust fungus response to surface contact. *Phytopathology*, 66: 136-146p.
- **Yu T.F., 1945.** The red-spot disease of broad beans (*Viciafaba L.*) caused by *Botrytis fabae Sardina* in China. *Phytopathology* 35, 945-954.
- **Zaghouane., 1991.** The situation of *Faba bean (Vicia faba L.)* in Algérie. Options méditerranéennes. Present statut and future perspects of *faba bean* production, I.C.A.R.D.A. Serie A, N<sup>o</sup>10. 123-125p.
- **Zaidi A et Mahiout B., 2012.** Voyage Au Cœur Des Aliments. 200p.
- **Zinsou, V., Wydra, K., Ahohuendo, B., Hau, B., 2005.** Genotype x environment interactions in symptom development and yield of cassava genotypes with artificial and natural cassava bacterial blight infections. *European Journal of Plant Pathology* 111, 217-233.

**Annexe 1 : Superficies, rendements, production de féveroles et de grosses fèves dans le monde en 2013 (FAO, 2013)**

Pays	Culture : Fèves sèche ... Eléments (Unités)...		
	..Surface cultivée (Ha)...	...Production (tonnes)...	...Rendement Hg/Ha...
Algérie	37 668	42 386	11 252
Albanie	150	200	13 333
Australie	112 000	297 500	26 562
Chine (ex)	922 000	1 586 000	17 201
Équateur	6333	2402	3792
Bolivie	14 000	12 500	8928
Brésil	23 469	7957	3390
Égypte	46 200	158 000	34 199
France	68 096	245 546	36 058
Allemagne	16 500	59 700	36 181
Italie	42 584	77 948	18 304
Maroc	205 520	156 669	7623
Soudan	73 200	156 700	21 407
Espagne	18 400	28 100	15 271
Syrie	13 000	24 000	25 704
Autre Pays	1 170 162	270 055	686 323
<b>Total</b>	<b>2 040 542</b>	<b>3 503 299</b>	<b>17 168</b>

**Annexe 2 : Valeur nutritionnelle pour 100 g de fève potagère (*Vicia faba L.*). [Source : www.Gerbeaud.com]**

<b>Kcal</b>	64	<b>K</b>	210 mg	<b>Vitamine B1</b>	0,3 mg
<b>Eau</b>	82 g	<b>Mg</b>	18 mg	<b>Vitamine B2</b>	0,2 mg
<b>Protéines</b>	5,4 g	<b>P</b>	105 mg		
<b>Glucides</b>	10 g	<b>Ca</b>	24 mg	<b>Vitamine C</b>	28 mg
<b>Lipides</b>	0,3 g	<b>Fe</b>	1 mg		
<b>Fibres</b>	6,5 g				

**Annexe 3** : Superficies, rendements, production de féveroles et de grosses fèves dans le monde en 2012 (FAO, 2012)

Pays	Culture : Fèves sèche ... Eléments (Unités)...		
	...Production (tonnes)...	..Surface cultivée (Ha)...	...Rendement Hg/Ha...
<b>Algérie</b>	36 835	40 507	10 996
<b>Albanie</b>	190	220	11 578
<b>Australie</b>	160 000	425 000	26 562
<b>Chine</b>	953 000	1 735 000	18 205
<b>Équateur</b>	13 287	2237	1 683
<b>Bolivie</b>	13 500	13 000	9 629
<b>Brésil</b>	20 969	5032	2 399
<b>Égypte</b>	41 121	140 713	34 219
<b>France</b>	60 340	273 539	45 332
<b>Allemagne</b>	15 800	61 300	38 797
<b>Italie</b>	46 130	95 996	20 809
<b>Maroc</b>	187 160	147 993	7 907
<b>Soudan (ex)</b>	73 144	156 590	21 408
<b>Espagne</b>	24 600	25 900	10 528
<b>Syrie</b>	12 720	23 553	18 516
<b>Autre Pays</b>	223 086	263 973	67 7582
<b>Total</b>	<b>4 564 769</b>	<b>2 514 209</b>	<b>18 155</b>

**Annexe 4 : Maladies de la fève quelques pays de bassin méditerranéen (Bouznad *et al.*, 2001)**

Maladies	agent pathogène	Importance				
		Maroc	Algérie	Tunisie	France	Italie
Anthracnose	<i>Ascochyta fabae</i>					
	<i>Phoma medicaginis</i>	+	+	+	+	+
	<i>Var.pinodella</i>					
Flétrissement	<i>Fusarium sp</i>	+	+	+		
Pourriture racinaire	<i>Fusarium solani</i>	+	+	+	+	+
Tache chocolat	<i>Botrytis fabae</i>	+++	+++	+++	+++	++
	<i>Botrytis cinerea</i>					
	<i>Uromyces fabae</i>	++	++	++		
Rouille	<i>Uromyces fabae</i>	++	++	++		
Alternariose	<i>Alternaria alternata</i>	++	++	++	+	+
Mildiou	<i>Peronospora viciae</i>	+	+	+		
Oïdium	<i>Erysiphe polygoni</i>	+	+	+		
nématodes de tiges	<i>Ditylenchus dipsaci</i>	+++	++	++	+++	++
Virus de jaunisse nécrotique	<i>FBNYS</i>	++	++	++		
Virus de l'enroulement des feuilles	<i>BLRV</i>	+	+	+		
Orobanche	<i>Orobanche crenata</i>	+++	+	++++		
	<i>orobanche foetida</i>					

**Annexe 5 : Collections de fève *Vicia faba* dans le monde entier en 2008 (Duc *et al.*, 2010)**

<b>Pays</b>	<b>Institute/ ville</b>	<b>Nombre des accessions</b>
Australie	Gene BFL/Vienna	<b>110</b>
	AAHFS/Linz	<b>86</b>
Azerbaïdjan	GRI-ANAS/Baku	<b>17</b>
	RICH/Baku	<b>10</b>
Bulgarie	IIPGR/ Sasovo	<b>692</b>
Chypre	ARI/Nicosie	<b>100</b>
France	INRA/Dijon	<b>1900</b>
Allemagne	Gene Bank IPK/ Gatersleben	<b>1920</b>
Grèce	Gene bank Thessaloniki/ Thermi Agric. Univ./Athens	<b>150</b> <b>55</b>
Hongrie	Inst Agrobot/ Tapioszele	<b>341</b>
Israël	Gene Bank/Dagan	<b>343</b>
Italie	Gene Bank/Bari	<b>1876</b>
Pays Bas	DLO/Wageningen	<b>726</b>
Pologne	PBAI/Radzikow	<b>856</b>
	IOPG-PAS/Poznań	<b>1258</b>
Portugal	INRB-IP/Obéiras	<b>788</b>
Russie	VIR/St Petersburg	<b>1881</b>
Spain	CNR/Madrid	<b>1622</b>
	Germplasm/Zaragoza	<b>43</b>
Slovaquie	SCPV-RIPP/Piešťany	<b>60</b>
Slovénie	AIS/Ljubljana	<b>41</b>
Suède	Nordic Gene Bank/Alnarp	<b>72</b>
République Tchèque	AGRITEC/ Šumperk	<b>392</b>
	RICP/Prague	<b>46</b>
Turque	AARI/Izmir	<b>373</b>
Royaume-Uni	JIC/Norwich	<b>168</b>
	NIAB/Cambridge	<b>180</b>
Ukraine	YIPB/ Kharkov	<b>114</b>
Total Europe	30 collections	<b>18 076</b>
Syrie	ICARDA/Aleppo	<b>9000</b>
China	CAAS/Beijing	<b>5200</b>
Australie	DPI/Victoria	<b>2445</b>
Maroc	INRA/Rabat	<b>1715</b>
Ethiopie	PGRC/Addis Ababa	<b>1118</b>
USA	USDA/Pullman	<b>575</b>
Canada	PGRC/Saskatchewan	<b>231</b>
Autres: Afghanistan, Egypte, Inde, Iran, Iraq, Pérou, Pakistan	Inconnu	<b>Inconnu</b>
Total world	<b>37 connus collections</b>	<b>38 360 connus accessions</b>

Source: G. Duc *et al.*, 2010 (Field Crops Research)

**Annexe 6:** Fiche technique semence SCIABOLA VERDE d'Italie

<b>Traitement</b>	THIRAM ROUGE
<b>Pureté</b>	99%
<b>Germination</b>	85%
<b>Année de récolte</b>	2013
<b>Origine</b>	Italie

**Annexe 7:** Caractéristiques physico-chimique du sol (ITAFV, 2014)

<b>Granulométrie</b>	<b>Taux d'Argile (A %)</b>	<b>09,25%</b>
	<b>Limons fins (LF %)</b>	<b>12,78%</b>
	<b>Limons grossiers (LG %)</b>	<b>11,63%</b>
	<b>Sable fin (SF %)</b>	<b>32,73%</b>
	<b>Sable grossiers (SG %)</b>	<b>33,61%</b>
<b>CE</b>	<b>0,035</b>	
<b>pH</b>	<b>7,30</b>	
<b>CT</b>	<b>1,8</b>	
<b>MO</b>	<b>22,75</b>	
<b>C</b>	<b>15,99</b>	
<b>C/N</b>	<b>32,6</b>	
<b>N</b>	<b>0,49</b>	
<b>P</b>	<b>27,23</b>	
<b>K</b>	<b>231,9</b>	

## Annexe 8 : Test Newman-Keuls

**Annexe 8-1 : Tests des amplitudes multiples pour longueur des feuilles**

Familles	Effectifs	Moyenne	Groupe homogène	Familles	Effectifs	Moyenne	Groupe homogène
29	3	3,48667	a	55	3	4,68	defghijklmnopqrstuvw
31	3	3,53333	ab	9	3	4,68	defghijklmnopqrstuvw
77	3	3,84333	abc	65	3	4,68667	defghijklmnopqrstuvw
30	3	3,96333	abcd	40	3	4,70667	defghijklmnopqrstuvw
51	3	3,99667	abcde	68	3	4,71333	defghijklmnopqrstuvw
56	3	4,02	abcdef	27	3	4,73667	efghijklmnopqrstuvw
73	3	4,02667	abcdefg	36	3	4,77333	efghijklmnopqrstuvw
49	3	4,03333	abcdefg	62	3	4,78	efghijklmnopqrstuvw
19	3	4,07	abcdefgh	15	3	4,78667	fghijklmnopqrstuvw
28	3	4,07333	abcdefgh	3	3	4,78667	fghijklmnopqrstuvw
11	3	4,09333	abcdefgh	14	3	4,82667	ghijklmnopqrstuvw
13	3	4,1	abcdefghi	17	3	4,86333	hijklmnopqrstuvw
42	3	4,11667	abcdefghi	32	3	4,88333	ijklmnopqrstuvw
35	3	4,12667	abcdefghij	16	3	4,88333	ijklmnopqrstuvw
66	3	4,14	abcdefghijk	67	3	4,89667	klmnopqrstuvw
79	3	4,15	abcdefghijk	2	3	4,9	klmnopqrstuvw
45	3	4,16667	abcdefghijkl	71	3	4,9	klmnopqrstuvw
82	3	4,18333	abcdefghijkl	50	3	4,92333	klmnopqrstuvw
64	3	4,2	abcdefghijkl	38	3	4,92667	klmnopqrstuvw
34	3	4,21333	abcdefghijklm	39	3	4,97667	lmnopqrstuvw
25	3	4,22	abcdefghijklm	47	3	4,99333	mnpqrstuvw
43	3	4,24	abcdefghijklmn	18	3	4,99667	mnpqrstuvw
12	3	4,28333	bcdefghijklmno	83	3	5,01	nopqrstuvw
70	3	4,3	cdefghijklmnop	74	3	5,04667	nopqrstuvw
23	3	4,32333	cdefghijklmnop	76	3	5,05333	opqrstuvw
21	3	4,33333	cdefghijklmnopq	33	3	5,06667	pqrstuvw
4	3	4,35333	cdefghijklmnopq	81	3	5,08	pqrstuvw
63	3	4,36333	cdefghijklmnopqr	78	3	5,12	qrstuvw
24	3	4,39	cdefghijklmnopqrs	46	3	5,14	rstuvw
Baraka	3	4,4	cdefghijklmnopqrs	10	3	5,15	rstuvw
57	3	4,41	cdefghijklmnopqrs	80	3	5,19667	stvwxyz
53	3	4,41333	cdefghijklmnopqrs	60	3	5,21333	stvwxyz
54	3	4,45	cdefghijklmnopqrst	8	3	5,21333	stvwxyz
41	3	4,45667	cdefghijklmnopqrst	1	3	5,26	tvwxyz
22	3	4,46333	cdefghijklmnopqrst	69	3	5,32	uvwxyz
61	3	4,48333	cdefghijklmnopqrst	7	3	5,36	vwxz
58	3	4,48667	cdefghijklmnopqrst	85	3	5,36667	vwxz
37	3	4,5	cdefghijklmnopqrstu	6	3	5,44	wxyz
75	3	4,54	cdefghijklmnopqrstu	59	3	5,51333	xyz
48	3	4,57333	cdefghijklmnopqrstu	26	3	5,51667	xyz
BPL 710	3	4,59333	cdefghijklmnopqrstu	20	3	5,67667	yz
86	3	4,60333	cdefghijklmnopqrstuv	5	3	5,72667	z
52	3	4,62	defghijklmnopqrstuv	SCIABOLA	3	5,95	a
72	3	4,62	defghijklmnopqrstuv	84	3	6,01333	b
44	3	4,67	defghijklmnopqrstuv				

**Annexe 8-2 : Tests des amplitudes multiples pour largeur des feuilles.**

Familles	Effectifs	Moyenne	Groupe homogène	Familles	Effectifs	Moyenne	Groupe homogène
29	3	2,18333	a	54	3	3,12667	cdefghijklmnopqrstuv
77	3	2,19	ab	11	3	3,14	defghijklmnopqrstuv
34	3	2,46333	ab	21	3	3,16667	defghijklmnopqrstuvw
82	3	2,48667	abc	64	3	3,17	defghijklmnopqrstuvw
57	3	2,54	abcd	55	3	3,18667	efghijklmnopqrstuvw
73	3	2,57333	abcde	39	3	3,19	efghijklmnopqrstuvw
86	3	2,59333	abcdef	33	3	3,2	efghijklmnopqrstuvw
13	3	2,61333	abcdefg	52	3	3,2	efghijklmnopqrstuvw
41	3	2,63	abcdefgh	78	3	3,20667	efghijklmnopqrstuvw
42	3	2,63667	abcdefgh	12	3	3,20667	efghijklmnopqrstuvw
37	3	2,71333	abcdefghi	62	3	3,21	efghijklmnopqrstuvw
14	3	2,72667	abcdefghij	38	3	3,23667	fghijklmnopqrstuvw
58	3	2,73	abcdefghij	69	3	3,24667	ghijklmnopqrstuvw
23	3	2,74667	abcdefghijk	BPL 710	3	3,25667	ghijklmnopqrstuvw
79	3	2,76667	abcdefghijkl	65	3	3,26333	hijklmnopqrstuvw
47	3	2,78	abcdefghijklm	80	3	3,29667	ijklmnopqrstuvw
53	3	2,81333	abcdefghijklmn	4	3	3,3	ijklmnopqrstuvw
66	3	2,84667	bcdefghijklmn	81	3	3,30667	ijklmnopqrstuvw
30	3	2,85	bcdefghijklmn	24	3	3,31	ijklmnopqrstuvw
70	3	2,87333	bcdefghijklmno	46	3	3,31333	ijklmnopqrstuvw
25	3	2,88667	bcdefghijklmnop	27	3	3,31667	ijklmnopqrstuvw
51	3	2,88667	bcdefghijklmnop	36	3	3,35667	ijklmnopqrstuvw
19	3	2,89	bcdefghijklmnop	5	3	3,37	ijklmnopqrstuvw
31	3	2,9	bcdefghijklmnop	44	3	3,38	klmnopqrstuvw
50	3	2,91333	bcdefghijklmnop	83	3	3,4	lmnopqrstuvw
Baraka	3	2,91333	bcdefghijklmnop	6	3	3,4	lmnopqrstuvw
28	3	2,92	bcdefghijklmnop	63	3	3,42	mnopqrstuvw
35	3	2,93333	bcdefghijklmnopq	72	3	3,43333	nopqrstuvw
32	3	2,96	bcdefghijklmnopqr	20	3	3,43667	nopqrstuvw
68	3	2,98333	bcdefghijklmnopqrs	22	3	3,45333	nopqrstuvw
67	3	2,99333	bcdefghijklmnopqrs	60	3	3,51667	opqrstuvw
56	3	3,00333	bcdefghijklmnopqrst	1	3	3,52667	pqrstuvw
76	3	3,01	bcdefghijklmnopqrst	16	3	3,53	pqrstuvw
9	3	3,01667	bcdefghijklmnopqrst	8	3	3,56667	qrstuvw
40	3	3,01667	bcdefghijklmnopqrst	7	3	3,57	qrstuvw
61	3	3,02667	bcdefghijklmnopqrst	84	3	3,6	rstuvw
26	3	3,03333	bcdefghijklmnopqrstu	85	3	3,62667	stuvwxy
45	3	3,05	bcdefghijklmnopqrstu	74	3	3,64	tuvwxy
17	3	3,07667	bcdefghijklmnopqrstuv	18	3	3,67333	uvwxy
48	3	3,08667	bcdefghijklmnopqrstuv	10	3	3,69667	vwxxy
2	3	3,09667	bcdefghijklmnopqrstuv	3	3	3,71333	vwxxy
43	3	3,09667	bcdefghijklmnopqrstuv	59	3	3,78667	wxy
71	3	3,09667	bcdefghijklmnopqrstuv	75	3	3,99333	xy
15	3	3,11333	cdefghijklmnopqrstuv	SCIABOLA	3	4,26	y
49	3	3,12667	cdefghijklmnopqrstuv				

### Annexe 8-3 : Tests des amplitudes multiples pour la largeur des tiges

Familles	Effectifs	Moyenne	Groupe homogène	Familles	Effectifs	Moyenne	Groupe homogène
82	3	0,333333	a	81	3	0,42	cdefghijklm
44	3	0,34	ab	72	3	0,42	cdefghijklm
23	3	0,35	abc	71	3	0,42	cdefghijklm
51	3	0,36	abcd	66	3	0,423333	cdefghijklm
46	3	0,366667	abcde	61	3	0,423333	cdefghijklm
14	3	0,366667	abcde	Baraka	3	0,423333	cdefghijklm
29	3	0,366667	abcde		39	3	0,423333
83	3	0,373333	abcdef	67	3	0,423333	cdefghijklm
58	3	0,376667	abcdefg	73	3	0,426667	defghijklm
53	3	0,38	abcdefgh	6	3	0,426667	defghijklm
85	3	0,383333	abcdefghi	BPL 710	3	0,426667	defghijklm
40	3	0,383333	abcdefghi		43	3	0,426667
9	3	0,386667	abcdefghij	76	3	0,426667	defghijklm
70	3	0,386667	abcdefghij	36	3	0,43	defghijklm
41	3	0,386667	abcdefghij	63	3	0,43	defghijklm
56	3	0,386667	abcdefghij	30	3	0,43	defghijklm
35	3	0,386667	abcdefghij	47	3	0,43	defghijklm
54	3	0,393333	abcdefghijk	42	3	0,43	defghijklm
45	3	0,393333	abcdefghijk	37	3	0,433333	defghijklm
69	3	0,393333	abcdefghijk	5	3	0,433333	defghijklm
55	3	0,393333	abcdefghijk	19	3	0,433333	defghijklm
32	3	0,393333	abcdefghijk	48	3	0,433333	defghijklm
4	3	0,393333	abcdefghijk	10	3	0,433333	defghijklm
57	3	0,396667	abcdefghijkl	80	3	0,433333	defghijklm
17	3	0,396667	abcdefghijkl	7	3	0,433333	defghijklm
25	3	0,396667	abcdefghijkl	38	3	0,44	efghijklm
33	3	0,4	abcdefghijklm	2	3	0,443333	fghijklm
59	3	0,4	abcdefghijklm	24	3	0,443333	fghijklm
12	3	0,403333	abcdefghijklm	21	3	0,446667	fghijklm
28	3	0,403333	abcdefghijklm	27	3	0,446667	fghijklm
49	3	0,406667	abcdefghijklm	75	3	0,446667	fghijklm
79	3	0,406667	abcdefghijklm	1	3	0,446667	fghijklm
68	3	0,406667	abcdefghijklm	8	3	0,446667	fghijklm
65	3	0,41	bcdefghijklm	78	3	0,45	ghijklm
62	3	0,41	bcdefghijklm	16	3	0,45	ghijklm
34	3	0,41	bcdefghijklm	77	3	0,453333	hijklm
86	3	0,41	bcdefghijklm	64	3	0,453333	hijklm
11	3	0,41	bcdefghijklm	22	3	0,456667	ijklm
52	3	0,413333	bcdefghijklm	74	3	0,46	jklm
50	3	0,413333	bcdefghijklm	3	3	0,466667	klm
15	3	0,416667	cdefghijklm	18	3	0,466667	klm
60	3	0,42	cdefghijklm	84	3	0,47	lm
20	3	0,42	cdefghijklm	26	3	0,473333	m
31	3	0,42	cdefghijklm	SCIABOLA	3	0,603333	n
13	3	0,42	cdefghijklm				

**Annexe 8-4 : Tests des amplitudes multiples pour la taille des plants**

Familles	Effectifs	Moyenne	Groupe homogène	Familles	Effectifs	Moyenne	Groupe homogène
53	3	25,5333	a	2	3	38,5667	abcdefghijkl
34	3	26,1	ab	42	3	38,8	bcdefghijkl
57	3	27,9667	abc	59	3	38,8667	bcdefghijkl
29	3	28,9	abcd	43	3	38,8667	bcdefghijkl
44	3	28,95	abcd	12	3	38,9333	bcdefghijkl
24	3	29,2	abcd	16	3	39,1667	bcdefghijkl
70	3	30,3	abcde	4	3	39,2	bcdefghijkl
86	3	30,3333	abcde	37	3	39,3333	cdefghijkl
52	3	30,8667	abcdef	69	3	39,3333	cdefghijkl
77	3	31,0333	abcdefg	62	3	39,45	cdefghijkl
54	3	31,1333	abcdefg	72	3	39,5333	cdefghijkl
82	3	31,2	abcdefgh	39	3	39,5333	cdefghijkl
13	3	31,2667	abcdefgh	81	3	40,1333	cdefghijkl
45	3	32,6333	abcdefghi	21	3	40,7333	cdefghijkl
47	3	33,0667	abcdefghi	64	3	40,9	cdefghijkl
28	3	33,2	abcdefghi	3	3	40,9	cdefghijkl
48	3	33,2667	abcdefghi	23	3	41,1333	cdefghijkl
25	3	33,4	abcdefghi	71	3	41,1667	defghijkl
73	3	33,7333	abcdefghij	15	3	41,2667	defghijkl
35	3	33,7667	abcdefghij	85	3	41,3	defghijkl
30	3	33,8667	abcdefghijk	79	3	41,3333	defghijkl
55	3	34,0	abcdefghijk	10	3	41,8	defghijkl
67	3	34,4667	abcdefghijk	74	3	41,8333	defghijkl
58	3	34,8	abcdefghijk	46	3	41,8667	defghijkl
56	3	34,9	abcdefghijk	33	3	41,9333	defghijkl
83	3	35,1333	abcdefghijk	36	3	42,8	efghijkl
61	3	35,2333	abcdefghijk	18	3	43,1667	efghijklm
6	3	35,5667	abcdefghijkl	40	3	43,8667	fghijklm
51	3	35,7	abcdefghijkl	7	3	43,8667	fghijklm
75	3	35,7667	abcdefghijkl	68	3	43,9333	fghijklm
BPL 710	3	35,8	abcdefghijkl	8	3	44,0333	fghijklm
11	3	36,4667	abcdefghijkl	41	3	44,0667	ghijklm
Baraka	3	36,5667	abcdefghijkl	31	3	44,3533	hijklm
76	3	36,6667	abcdefghijkl	78	3	44,4667	ijklm
60	3	36,7	abcdefghijkl	22	3	44,7667	ijklm
66	3	36,9667	abcdefghijkl	38	3	45,2	ijklm
1	3	37,1667	abcdefghijkl	17	3	45,3333	ijklm
80	3	37,2333	abcdefghijkl	20	3	45,4667	ijklm
26	3	37,5333	abcdefghijkl	9	3	46,7	ijklm
50	3	37,7333	abcdefghijkl	84	3	46,7333	ijklm
19	3	37,9333	abcdefghijkl	5	3	46,9667	klm
49	3	38,0	abcdefghijkl	14	3	48,4333	lm
32	3	38,2	abcdefghijkl	27	3	48,5	lm
65	3	38,3333	abcdefghijkl	SCIABOLA	3	56,3333	m
63	3	38,3333	abcdefghijkl				

**Annexe 8-5 : Tests des amplitudes multiples pour le nombre de gousses**

Familles	Effectifs	Moyenne	Groupe homogène	Familles	Effectifs	Moyenne	Groupe homogène
34	3	3,0	a	82	3	7,66667	abcdefghijkl
29	3	3,0	a	46	3	7,66667	abcdefghijkl
11	3	3,33333	ab	10	3	7,66667	abcdefghijkl
86	3	3,66667	abc	72	3	7,66667	abcdefghijkl
13	3	4,0	abcd	23	3	7,66667	abcdefghijkl
12	3	4,33333	abcd	61	3	8,0	abcdefghijkl
53	3	4,66667	abcde	6	3	8,0	abcdefghijkl
67	3	5,0	abcdef	30	3	8,0	abcdefghijkl
7	3	5,0	abcdef	19	3	8,0	abcdefghijkl
24	3	5,0	abcdef	49	3	8,0	abcdefghijkl
21	3	5,0	abcdef	84	3	8,0	abcdefghijkl
79	3	5,33333	abcdefg	36	3	8,33333	abcdefghijkl
63	3	5,66667	abcdefg	32	3	8,33333	abcdefghijkl
70	3	5,66667	abcdefg	76	3	8,33333	abcdefghijkl
28	3	5,66667	abcdefg	22	3	8,66667	abcdefghijkl
54	3	5,66667	abcdefg	59	3	8,66667	abcdefghijkl
83	3	5,66667	abcdefg	68	3	8,66667	abcdefghijkl
55	3	5,66667	abcdefg	51	3	9,0	abcdefghijkl
69	3	5,66667	abcdefg	8	3	9,0	abcdefghijkl
43	3	6,0	abcdefghi	78	3	9,0	abcdefghijkl
75	3	6,33333	abcdefghi	66	3	9,33333	bcdefghijkl
60	3	6,66667	abcdefghij	57	3	9,33333	bcdefghijkl
58	3	6,66667	abcdefghij	56	3	9,33333	bcdefghijkl
47	3	6,66667	abcdefghij	48	3	9,33333	bcdefghijkl
52	3	6,66667	abcdefghij	5	3	9,66667	cdefghijkl
42	3	6,66667	abcdefghij	26	3	9,66667	cdefghijkl
40	3	6,66667	abcdefghij	27	3	10,0	defghijkl
35	3	6,66667	abcdefghij	73	3	10,0	defghijkl
45	3	6,66667	abcdefghij	39	3	10,0	defghijkl
Baraka	3	6,66667	abcdefghij	3	3	10,6667	efghijkl
33	3	7,0	abcdefghij	65	3	11,0	fghijkl
74	3	7,0	abcdefghij	62	3	11,0	fghijkl
77	3	7,0	abcdefghij	14	3	11,0	fghijkl
25	3	7,0	abcdefghij	SCIABOLA	3	11,0	fghijkl
4	3	7,0	abcdefghij	71	3	11,0	fghijkl
80	3	7,33333	abcdefghij	81	3	11,3333	ghijkl
20	3	7,33333	abcdefghij	17	3	11,3333	ghijkl
2	3	7,33333	abcdefghij	37	3	11,6667	hijkl
1	3	7,33333	abcdefghij	41	3	11,6667	hijkl
50	3	7,33333	abcdefghij	16	3	11,6667	hijkl
9	3	7,33333	abcdefghij	38	3	12,0	ijkl
18	3	7,33333	abcdefghij	85	3	12,6667	jkl
44	3	7,5	abcdefghij	64	3	13,6667	kl
31	3	7,5	abcdefghij	BPL 710	3	14,0	l
15	3	7,66667	abcdefghijkl				

**Annexe 8-6 : Tests des amplitudes multiples pour la taille des gousses**

Familles	Effectifs	Moyenne	Groupe homogène	Familles	Effectifs	Moyenne	Groupe homogène
11	3	3,6	a	32	3	6,46667	cdefghijklmno
24	3	4,3	ab	52	3	6,46667	cdefghijklmno
42	3	5,23333	abc	61	3	6,46667	cdefghijklmno
50	3	5,4	abcd	1	3	6,46667	cdefghijklmno
77	3	5,43333	bcd	39	3	6,5	cdefghijklmno
82	3	5,46667	bcde	76	3	6,53333	cdefghijklmno
86	3	5,5	bcdef	7	3	6,53333	cdefghijklmnop
Baraka	3	5,56667	bcdefg	4	3	6,56667	cdefghijklmnop
49	3	5,6	bcdefgh	63	3	6,6	cdefghijklmnop
72	3	5,63333	bcdefghi	5	3	6,6	cdefghijklmnop
45	3	5,7	bcdefghi	BPL 710	3	6,63333	cdefghijklmnop
16	3	5,73333	bcdefghij	70	3	6,63333	cdefghijklmnop
69	3	5,76667	bcdefghijk	74	3	6,63333	cdefghijklmnop
18	3	5,8	bcdefghijk	58	3	6,7	cdefghijklmnop
79	3	5,8	bcdefghijk	85	3	6,7	cdefghijklmnop
25	3	5,8	bcdefghijk	84	3	6,7	cdefghijklmnop
30	3	5,83333	bcdefghijkl	59	3	6,73333	cdefghijklmnop
65	3	5,83333	bcdefghijkl	26	3	6,8	cdefghijklmnop
27	3	5,86667	bcdefghijklm	36	3	6,83333	cdefghijklmnop
56	3	5,86667	bcdefghijklm	35	3	6,83333	cdefghijklmnop
17	3	5,93333	bcdefghijklmn	51	3	6,83333	cdefghijklmnop
31	3	5,95	bcdefghijklmn	67	3	6,93333	cdefghijklmnop
40	3	5,96667	bcdefghijklmn	60	3	6,96667	cdefghijklmnop
81	3	6,0	bcdefghijklmn	55	3	6,96667	cdefghijklmnop
68	3	6,03333	bcdefghijklmn	62	3	7,0	cdefghijklmnop
57	3	6,03333	bcdefghijklmn	47	3	7,0	cdefghijklmnop
6	3	6,03333	bcdefghijklmn	80	3	7,06667	defghijklmnop
22	3	6,06667	bcdefghijklmno	54	3	7,1	defghijklmnop
75	3	6,1	bcdefghijklmno	12	3	7,1	defghijklmnop
64	3	6,16667	cdefghijklmno	83	3	7,16667	defghijklmnop
53	3	6,16667	cdefghijklmno	29	3	7,26667	efghijklmnop
78	3	6,2	cdefghijklmno	8	3	7,3	fghijklmnop
44	3	6,25	cdefghijklmno	41	3	7,3	fghijklmnop
48	3	6,26667	cdefghijklmno	21	3	7,36667	ghijklmnop
23	3	6,26667	cdefghijklmno	3	3	7,4	hijklmnop
10	3	6,26667	cdefghijklmno	20	3	7,43333	ijklmnop
66	3	6,33333	cdefghijklmno	46	3	7,53333	jklmnop
15	3	6,33333	cdefghijklmno	33	3	7,56667	klmnop
13	3	6,33333	cdefghijklmno	37	3	7,63333	lmnop
71	3	6,35	cdefghijklmno	34	3	7,66667	mnop
73	3	6,36667	cdefghijklmno	38	3	7,7	nop
9	3	6,36667	cdefghijklmno	43	3	7,86667	op
19	3	6,36667	cdefghijklmno	14	3	8,36667	p
28	3	6,4	cdefghijklmno	SCIABOLA	3	16,9333	q
2	3	6,43333	cdefghijklmno				

**Annexe 8-7 : Tests des amplitudes multiples pour le poids des miles grains (PMG)**

Familles	Effectifs	Moyenne	Groupe homogène	Familles	Effectifs	Moyenne	Groupe homogène
72	3	400,0	a	14	3	733,333	bcdefghij
13	3	400,0	a	32	3	733,333	bcdefghij
11	3	466,667	ab	2	3	733,333	bcdefghij
35	3	466,667	ab	19	3	733,333	bcdefghij
57	3	500,0	abc	29	3	733,333	bcdefghij
44	3	500,0	abc	79	3	733,333	bcdefghij
7	3	500,0	abc	41	3	733,333	bcdefghij
86	3	500,0	abc	1	3	766,667	cdefghij
62	3	533,333	abcd	80	3	766,667	cdefghij
50	3	566,667	abcde	84	3	766,667	cdefghij
73	3	600,0	abcdef	43	3	766,667	cdefghij
30	3	600,0	abcdef	68	3	766,667	cdefghij
67	3	600,0	abcdef	60	3	800,0	defghij
48	3	600,0	abcdef	34	3	800,0	defghij
42	3	600,0	abcdef	58	3	800,0	defghij
54	3	600,0	abcdef	20	3	800,0	defghij
81	3	600,0	abcdef	31	3	800,0	defghij
85	3	600,0	abcdef	49	3	800,0	defghij
25	3	600,0	abcdef	9	3	800,0	defghij
82	3	600,0	abcdef	28	3	800,0	defghij
51	3	633,333	abcdefg	8	3	800,0	defghij
59	3	633,333	abcdefg	78	3	800,0	defghij
46	3	633,333	abcdefg	75	3	800,0	defghij
53	3	633,333	abcdefg	40	3	800,0	defghij
16	3	633,333	abcdefg	65	3	833,333	efghijk
Baraka	3	633,333	abcdefg	15	3	833,333	efghijk
61	3	666,667	abcdefgh	5	3	833,333	efghijk
66	3	666,667	abcdefgh	18	3	833,333	efghijk
56	3	666,667	abcdefgh	4	3	833,333	efghijk
77	3	666,667	abcdefgh	BPL 710	3	866,667	fghijk
45	3	666,667	abcdefgh	47	3	866,667	fghijk
76	3	666,667	abcdefgh	10	3	866,667	fghijk
6	3	666,667	abcdefgh	36	3	900,0	ghijk
39	3	666,667	abcdefgh	71	3	900,0	ghijk
37	3	700,0	bcdefghi	12	3	900,0	ghijk
64	3	700,0	bcdefghi	52	3	933,333	hijk
55	3	700,0	bcdefghi	69	3	933,333	hijk
3	3	700,0	bcdefghi	38	3	933,333	hijk
74	3	700,0	bcdefghi	63	3	966,667	ijk
17	3	700,0	bcdefghi	33	3	966,667	ijk
27	3	700,0	bcdefghi	70	3	1000,0	jk
24	3	700,0	bcdefghi	23	3	1000,0	jk
26	3	700,0	bcdefghi	83	3	1100,0	kl
22	3	733,333	bcdefghij	SCIABOLA	3	1333,33	l
21	3	733,333	bcdefghij				

**Annexe 8-8 : Tests des amplitudes multiples pour les évaluations *in-vitro***

Familles	Effectifs	Moyenne	Groupe homogène	Familles	Effectifs	Moyenne	Groupe homogène
85	3	0,82	a	4	3	2,94	bcdefghijklmnop
43	3	0,823333	a	79	3	2,95333	bcdefghijklmnop
65	3	1,4	ab	57	3	2,97	bcdefghijklmnop
73	3	1,52333	abc	32	3	2,97	bcdefghijklmnop
35	3	1,57333	abc	40	3	2,99	bcdefghijklmnop
24	3	1,58333	abc	80	3	2,99333	bcdefghijklmnop
25	3	1,64	abcd	41	3	3,01333	bcdefghijklmnop
33	3	1,68667	abcde	69	3	3,03667	bcdefghijklmnop
27	3	1,8	abcdef	21	3	3,04333	bcdefghijklmnop
66	3	1,87667	abcdefg	48	3	3,06333	bcdefghijklmnop
72	3	1,89333	abcdefgh	19	3	3,07667	bcdefghijklmnop
78	3	1,92	abcdefghi	68	3	3,11	bcdefghijklmnop
31	3	1,97667	abcdefghij	18	3	3,11667	bcdefghijklmnop
38	3	1,98667	abcdefghij	55	3	3,12	bcdefghijklmnop
50	3	2,02667	abcdefghijk	86	3	3,17	bcdefghijklmnop
13	3	2,03	abcdefghijk	81	3	3,17667	bcdefghijklmnop
22	3	2,04667	abcdefghijk	26	3	3,2	bcdefghijklmnop
45	3	2,14333	abcdefghijkl	Baraka	3	3,28333	bcdefghijklmnop
29	3	2,16333	abcdefghijkl	11	3	3,38	cdefghijklmnop
67	3	2,28333	abcdefghijklm	63	3	3,39	cdefghijklmnop
8	3	2,29333	abcdefghijklm	54	3	3,39	cdefghijklmnop
60	3	2,30333	abcdefghijklm	1	3	3,42	cdefghijklmnop
28	3	2,32667	abcdefghijklm	70	3	3,45667	cdefghijklmnop
82	3	2,34333	abcdefghijklm	47	3	3,55333	defghijklmnop
2	3	2,37	abcdefghijklm	36	3	3,60667	efghijklmnop
62	3	2,43667	abcdefghijklm	37	3	3,68333	fghijklmnop
61	3	2,44	abcdefghijklm	23	3	3,68667	fghijklmnop
7	3	2,48	abcdefghijklmn	53	3	3,69667	fghijklmnop
49	3	2,48333	abcdefghijklmn	51	3	3,73333	fghijklmnop
39	3	2,48667	abcdefghijklmn	10	3	3,76667	ghijklmnop
52	3	2,54	abcdefghijklmn	5	3	3,84	hijklmnop
74	3	2,55	abcdefghijklmn	46	3	3,85667	ijklmnop
30	3	2,56	abcdefghijklmn	14	3	3,88333	jklmnop
58	3	2,58	abcdefghijklmn	20	3	3,88333	jklmnop
15	3	2,59	abcdefghijklmn	71	3	3,9	jklmnop
56	3	2,63333	abcdefghijklmno	76	3	3,93	jklmnop
9	3	2,65667	abcdefghijklmno	75	3	3,97333	klmnop
64	3	2,7	abcdefghijklmno	42	3	4,01	lmnop
44	3	2,7	abcdefghijklmno	SCIABOLA	3	4,07667	lmnop
12	3	2,75	abcdefghijklmno	6	3	4,15	mnop
16	3	2,76333	abcdefghijklmno	3	3	4,4	nop
17	3	2,77333	abcdefghijklmno	BPL 710	3	4,55	op
83	3	2,79333	bcdefghijklmno				
77	3	2,81333	bcdefghijklmno	34	3	4,81	p
84	3	2,92667	bcdefghijklmnop				

## Annexe 9 : Données Climatiques

**Annexe 9-1 :** Température mensuelles moyenne, maximale et minimale de la région de Blida du Janvier-Mai 2014 (INARH, 2014)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
T° moy/ max (°C)	17,5	16,5	18,0	25,0	26,8
T° moy/ min (°C)	9,30	7,0	8,0	12,1	12,4
T° moy/ mensu (°C)	13,0	12,0	12,9	18,4	19,1

**Annexe 9-2 :** Humidité mensuelles moyenne, maximale et minimale de la région de Blida du Janvier-Mai (ITAFV, 2014)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
Humidité Max	42,08	50,82	54,57	57,25	50,64
Humidité Min	34,48	39,27	38,35	35,31	33,91
Humidité Moy	38,28	45,05	46,46	46,28	42,28

**Annexe 9-3 :** Moyennes précipitations en (mm) de la région de Blida (INRH, 2014)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril
P (mm)	74,7	63,4	109,9	2

**Annexe 9-4 :** Donnés climatique de la saison 2013/2014 de la région de Blida (INRH, 2014)

Saison	Latitude	Longitude	Période de végétation <sup>1</sup>			30 jours avant l'évaluation <sup>2</sup>		
			T Max (C°)	T Min (C°)	P (mm)	T Max (C°)	T Min (C°)	P (mm)
2013/2014	36°28'6"N	2°49'44"E	32,4	2,0	250	24,8	3,7	109,9

<sup>1</sup> Période de végétation : Janvier- Mai

<sup>2</sup> données du mois de Mars

# TABLE DE MATIERS

## INTRODUCTION

## PARTIE I

## ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE

<b>1. GENERALITE SUR LA FEVE .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 POSITION SYSTEMATIQUE DE LA FEVE .....</b>	<b>3</b>
1.1.1 Classification classique .....	3
1.1.2 Classification phylogénétique .....	4
1.1.3 Description de l'espèce .....	4
<b>1.2 EXIGENCES CLIMATIQUES ET EDAPHIQUES.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3 INTERET AGRO-ALIMENTAIRE .....</b>	<b>5</b>
<b>1.4 PRINCIPALES VARIETES CONNUES EN ALGERIE.....</b>	<b>6</b>
<b>1.5 SUPERFICIES ET PODUCTIONS.....</b>	<b>7</b>
1.5.1 Dans le monde .....	7
1.5.2 En Algérie .....	7
<b>2. LES CONTRAINTES BIOTIQUES .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 ADVENTICES.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2 L'OROBANCHE (PLANTES PARASITES).....</b>	<b>9</b>
<b>2.3 RAVAGEURS .....</b>	<b>10</b>
<b>2.4 LES MALADIES .....</b>	<b>12</b>
2.4.1 Bactéries.....	12
2.4.2 Virus.....	12
2.4.3 Champignons.....	13
<b>3. MALADIE TÂCHE CHOCOLAT .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1 REPARTITION ET IMPORTANCE .....</b>	<b>16</b>
<b>3.2 MORPHOLOGIE ET CYTOLOGIE DU CHAMPIGNON.....</b>	<b>16</b>

<b>3.3</b>	<b>SYMPTOMATOLOGIE</b>	<b>17</b>
3.3.1	Sur feuille	17
3.3.2	Sur tige	18
3.3.3	Sur les fleurs	19
3.3.4	Sur gousses	19
<b>3.4</b>	<b>BIOLOGIE DU PARASITE</b>	<b>19</b>
3.4.1	Conservation et contamination primaire	19
3.4.2	Contamination secondaire	20
<b>3.5</b>	<b>MODE D'INFECTION</b>	<b>21</b>
3.5.1	Germination des conidies	21
3.5.2	Pénétration et infection	21
<b>3.6</b>	<b>MOYENS DE LUTTE</b>	<b>21</b>
3.6.1	Traitements chimiques	21
3.6.2	Résistance variétale	22
3.6.3	Lutte biologique	22
<b>4.</b>	<b>ROUILLE</b>	<b>23</b>
4.1	GENERALITES	23
4.2	CLASSIFICATION	23
4.3	SYMPTOMATOLOGIE	24
4.4	CYCLE BIOLOGIQUE	25
4.4.1	Description Morphologique	25
4.4.2	Description Cytologique	27
4.5	ECOLOGIE DE LA GERMINATION DES UREDOSPORES	28
4.6	LA LUTTE	29
<b>5.</b>	<b>SELECTION ET AMELIORATION GENETIQUE</b>	<b>30</b>
5.1	SELECTION	30
5.2	AMELIORATION	31
5.3	SOUCHES PURES RESISTANTS AUX MALADIES	31
5.4	EXEMPLES DE MATERIEL GENETIQUE RESISTANT	31
5.4.1	Résistant à l'orobanche ( <i>Orobanche crenata</i> )	31

5.4.2	Résistance aux virus .....	32
5.4.3	Résistance à <i>Botrytis fabae</i> .....	33
5.4.4	Résistance à l'antracnose.....	33

## PARTIE II MATERIELS ET METHODES

1.	MATERIEL VEGETAL.....	34
2.	DISPOSITIF EXPERIMENTAL.....	34
3.	ESSAI DE COMPORTEMENT .....	37
3.1	EVALUATION <i>in situ</i> DES MALADIES.....	37
3.1.1	Taux d'infection .....	38
3.1.2	Sévérité.....	39
3.2	PRESENCE DE L'OROBANCHE .....	39
3.3	CROISSANCE ET PRODUCTION.....	40
3.4	DETERMINATION DU POIDS DE MILLES (1000) GRAINES (PMG) .....	40
3.5	EVALUATION AU LABORATOIRE.....	40
3.5.1	Confirmation des agents phytopathogènes .....	40
3.5.2	Inoculation.....	41
3.5.3	Observations .....	41
3.6	ANALYSE STATISTIQUE.....	42
3.6.1	Paramètres des maladies .....	42
3.6.2	Paramètres de croissance et de production.....	43

## PARTIE III RESULTATS ET DISCUSSION

<b>1. MALADIE TACHE CHOCOLAT .....</b>	<b>44</b>
1.1 EVALUATION <i>in situ</i> DE <i>Botrytis</i> .....	44
1.2 CONFIRMATION DE LA PRESENCE DE L'AGENT CAUSAL.....	45
1.2.1 Observation des fructifications .....	45
1.2.2 Observations microscopiques.....	46
1.3 TAUX D'INFECTION.....	47
1.4 SEVERITE.....	47
<b>2. MALADIE DE LA ROUILLE .....</b>	<b>52</b>
2.1 EVALUATION <i>in situ</i> d' <i>Uromyces</i> .....	52
2.2 CONFIRMATION DE LA PRESENCE DE L'AGENT CAUSAL.....	53
2.3 OBSERVATIONS MICROSCOPIQUES.....	53
2.4 TAUX D'INFECTION.....	54
2.5 SEVERITE.....	54
<b>3. CORRELATION ENTRE LES DEUX MALADIES .....</b>	<b>59</b>
<b>4. PRESENCE DE L'OROBANCHE.....</b>	<b>59</b>
<b>5. EVALUATION DE LA CROISSANCE ET DE LA PRODUCTION.....</b>	<b>60</b>
5.1 TAUX DE GERMINATION .....	60
5.2 CROISSANCE.....	60
5.3 PRODUCTION .....	62
5.4 POIDS DE MILES GRAINS (PMG).....	63
<b>6. CORRELATION CROISSANCE/PRODUCTION x MALADIES .....</b>	<b>63</b>
6.1 CROISSANCE x MALADIES .....	63
6.1.1 BOTRYTIS.....	63
6.1.2 ROUILLE .....	68
6.2 PRODUCTION x MALADIE .....	72
6.2.1 BOTRYTIS.....	72
6.2.2 ROUILLE .....	74
6.3 CORRELATION PMG x MALADIE.....	76
6.3.1 BOTRYTIS.....	76

6.3.2 ROUILLE .....	77
6.4 CORRELATION PMG x PRODUCTION .....	78
7. EVALUATION <i>in vitro</i> .....	79
8. CORRELATION ENTRE LES EVALUATION <i>in situ</i> ET <i>in vitro</i> .....	80

DISCUSSION .....	82
CONCLUSION.....	95
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>97</b>

ANNEXE

RESUME

SUMMARY

ملخص

## **REMERCIEMENTS**

*Au terme de ce travail, je tiens à exprimer tous mes remerciements les plus profonds et les plus chaleureux à Monsieur le Professeur BENCHABANE M. d'avoir proposé et dirigé ce travail, pour sa disponibilité, ses conseils précieux et ses encouragements qu'il m'a prodigué tout au long de ce mémoire.*

*Mes remerciements les plus cordiaux s'adressent à madame BENOUSSAID N. pour avoir accepté de présider ce jury, qu'il trouve ici l'expression de mes profonds respects.*

*Je tiens à remercier vivement Mme AIGOUNE W. , Mme TOUDJI F. qui ont accepté d'évaluer ce travail.*

*Mes gratitudes également au personnel du laboratoire de Mycologie, en particulier à FADIL Djamila ingénieur du laboratoire de Mycologie pour sa disponibilité et ses encouragements durant toute l'expérimentation.*

*Mes vifs remerciements sont adressés au directeur de la station expérimentale et le personnage technique, particulièrement Merzak.*

*Enfin, je tiens à exprimer également ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à tous ceux qui de près ou de loin ont apporté leur contribution à l'élaboration de mon projet de fin d'étude.*

## **DÉDICACE**

*Je tiens à dédier ce modeste travail :*

*A mes parents qui m'ont éclairé le chemin de la vie par leur soutien et leur encouragement.*

*A Toute Ma Famille, Mes Oncles, Mes Tantes*

*A Ma chers sœur Fatima, et ça petite Lamia ghofrane*

*A Mes Frères : Hocine, Lahcene, Sid Ali.*

*A tous mes chers amis (es) en qui j'ai trouvé le soutien, et surtout : à mon binôme d'ingéra AHMED MERDOUKH A, Bachir CH, Lamine S, Sofiane S, Rafik A, Housseem, Ahmed DJ, Ferhat H.*

*A tous mes amis de laboratoire de mycologie : Souad Y, Ahmed.*

*A tous les étudiants et enseignants de département de Biotechnologie et surtout la promo de Master 2 (BIPM) Année (2014/2015).*

## Résumé

Notre étude a pour objectif d'étudier le comportement de 88 variétés de fève (*Vicia faba*) vis-à-vis de deux maladies cryptogamiques : la tâche chocolat et rouille. Les géotypes végétaux BPL 710 et Baraka ont été utilisés comme témoin résistant et susceptible, respectivement. Cette étude a été réalisée sur terrain, au niveau de la station expérimentale de l'université de Blida dans des conditions naturelles. L'étude comportementale à travers l'évaluation de l'évolution des taux d'infection, de la sévérité et par le calcul de l'AUDPC (Area Under the Disease Progress Curve). 35 populations parmi les 88 étudiées, ont montré un niveau élevé de résistance que le géniteur résistant BLP 710. Par rapport à la deuxième maladie 7 populations. Globalement aucune population n'est apparemment résistante complètement à ces deux maladies.

Les suivis des paramètres de croissance (longueur et largeur des feuilles, largeur des tiges et taille des plants) et de production (taille et nombre des gousses) ont révélé qu'il n'y a pas de corrélation avec le développement et de l'évolution des deux maladies en questions.

Les essais expérimentaux menés au laboratoire (inoculation artificiel) ont montré que ces populations de fève se comportent différemment vis-à-vis de la maladie tâche chocolat. Comparativement, aux essais d'évaluation de terrain, même si les résultats *in-vitro* sont acceptable sur le plan pratique et méthodologique, leur corrélation avec les résultats de terrain est très faible et même inexistante.

Nous avons noté aussi l'absence de corrélation entre les deux maladies (tâche chocolat et rouille), ceci révèle que les gènes de résistance pour ces deux maladies sont situés dans des régions chromosomiques différentes et éloignées. Ces populations peuvent servir comme source de résistance dans des programmes de croisement à l'avenir.

**Mots clés :** fève (*Vicia faba*), comportement, tâches chocolat, rouille, résistance.

## **Abstract**

Our study has as objective to study the behavior of 88 varieties of broad bean (*Vicia faba*) with respect to two diseases cryptogamic: the task chocolate and rust. The vegetable genotypes BPL 710 and Baraka were used like resistant and likely witness, respectively. This study was carried out on ground, on the level of the experimental station of the University of Blida under natural conditions. The behavioral study through the evaluation of the evolution of the rates of infection, the severity and by the calculation of the AUDPC (Area Under the Disease Curve Progress). 35 studied populations among the 88 showed an elevated level of resistance that resistant parent BLP 710. Compared to the second disease 7 populations. Broadly no population is apparently resistant completion to these two diseases.

The follow-ups of the parameters of growth (length and width of the sheets, width of the stems and size of the seedlings) and of production (size and number of the pods) revealed that there is no correlation with the development and of the evolution of the two diseases in questions.

The experimental tests in to the laboratory (inoculation artificial) showed that these broad bean populations behave differently to the disease tries chocolate. Comparatively, with the tests of evaluation of ground, even if the results in-vitro are acceptable on the practical and methodological level, their correlation with the results of ground is very weak and even non-existent.

We also noted the absence of correlation between the two diseases (chocolate spot and rust), this reveals that the genes of resistance for these two diseases are located in different chromosomal areas and moved away. These populations can be used like source of resistance in programs of crossing in the future.

**Keywords:** faba bean (*Vicia faba*), behavior, chocolate spot, rust, resistance.

## ملخص

تهدف دراستنا لدراسة سلوك 88 أصناف من الفول (*Vicia faba*) تجاه اثنين من الأمراض الفطرية: التبقع الشو كولاتي و الصدأ. المورثات BPL 710 والبركة استخدمت كشهود على المقاومة والحساسية على التوالي. وقد أجريت هذه الدراسة على الميدان، في محطة الأبحاث التابعة لجامعة البليدة في الظروف الطبيعية. دراسة السلوكية من خلال تقييم التغيرات في معدلات الإصابة وشدتها وحساب AUDPC (مؤشر الأمراض و قطر الآفات); 35 عائلة من بين 88 عائلات المدروسة، أظهرت مستوى عال من المقاومة الوالد BLP 710. وبالمقارنة مع المرض الثاني 7 عائلات. عموماً، لا يوجد أي عائلة على ما يبدو مقاومة تماماً لكلا المرضين.

متابعة معلمات النمو (الطول والعرض الأوراق، عرض السيقان وارتفاع مصنع) والإنتاج (حجم وعدد القرون) كشف أنه لا يوجد أي ارتباط مع نمو و تطور هذين المرضين في السؤال.

أظهرت الاختبارات التجريبية التي أجريت في المختبر (التلقيح الاصطناعي) أن عائلات الفول هذه تتصرف بشكل مختلف تجاه مرض التبقع الشو كولاتي. مقارنة مع تجارب التقييم الميداني، على الرغم من أن النتائج في المختبر مقبولة منهجياً وعلمياً، لكن الارتباط مع النتائج الميدانية منخفض جداً وحتى غير موجود.

لاحظنا أيضاً عدم وجود علاقة بين المرضين (التبقع الشو كولاتي والصدأ)، وهذا يدل على أن الجينات المقاومة لكلا المرضين تقع في مناطق الكروموسومات مختلفة وبعيدة. هذه العائلات يمكن أن تستخدم في برامج التحسين الوراثي كمصدر المقاومة في المستقبل.

**كلمات البحث:** الفول (*Vicia faba*)، السلوك، التبقع الشو كولاتي، الصدأ، مقاومة.

# SOMMAIRE

## INTRODUCTION

### PARTIE I

#### ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE

<b>1. GENERALITE SUR LA FEVE .....</b>	<b>3</b>
1.1 POSITION SYSTEMATIQUE DE LA FEVE .....	3
1.2 EXIGENCES CLIMATIQUES ET EDAPHIQUES.....	4
1.3 INTERET AGRO-ALIMENTAIRE.....	5
1.4 PRINCIPALES VARIETES CONNUES EN ALGERIE.....	6
1.5 SUPERFICIES ET PRODUCTIONS .....	7
<b>2. LES CONTRAINTES BIOTIQUES .....</b>	<b>9</b>
2.1 ADVENTICES .....	9
2.2 L'OROBANCHE (PLANTES PARASITES) .....	9
2.3 RAVAGEURS.....	10
2.4 LES MALADIES.....	12
<b>3. MALADIE TÂCHE CHOCOLAT .....</b>	<b>16</b>
3.1 REPARTITION ET IMPORTANCE.....	16
3.2 MORPHOLOGIE ET CYTOLOGIE DU CHAMPIGNON.....	16
3.3 SYMPTOMATOLOGIE.....	17
3.4 BIOLOGIE DU PARASITE.....	19
3.5 MODE D'INFECTION.....	21
3.6 MOYENS DE LUTTE .....	21
<b>4. ROUILLE .....</b>	<b>23</b>
4.1 GENERALITES .....	23
4.2 CLASSIFICATION .....	23
4.3 SYMPTOMATOLOGIE.....	24
4.4 CYCLE BIOLOGIQUE .....	25
4.5 ECOLOGIE DE LA GERMINATION DES UREDOSPORES .....	28
4.6 LA LUTTE .....	29

<b>5. SELECTION ET AMELIORATION GENETIQUE .....</b>	<b>30</b>
5.1 SELECTION .....	30
5.2 AMELIORATION .....	31
5.3 SOUCHES PURES RESISTANTS AUX MALADIES.....	31
5.4 EXEMPLES DE MATERIEL GENETIQUE RESISTANT .....	31

## PARTIE II MATERIELS ET METHODES

<b>1. MATERIEL VEGETAL.....</b>	<b>34</b>
<b>2. DISPOSITIF EXPERIMENTAL .....</b>	<b>34</b>
<b>3. ESSAI DE COMPORTEMENT .....</b>	<b>37</b>
3.1 EVALUATION <i>in situ</i> DES MALADIES.....	37
3.2 PRESENCE DE L'OROBANCHE .....	39
3.3 CROISSANCE ET PRODUCTION.....	40
3.4 DETERMINATION DU POIDS DE MILLES (1000) GRAINES (PMG) .....	40
3.5 EVALUATION AU LABORATOIRE.....	40
3.6 ANALYSE STATISTIQUE.....	42

## PARTIE III RESULTATS ET DISCUTION

<b>1. MALADIE TACHE CHOCOLAT .....</b>	<b>44</b>
1.1 EVALUATION <i>in situ</i> DE <i>Botrytis</i> .....	44
1.2 CONFIRMATION DE LA PRESENCE DE L'AGENT CAUSAL.....	45
1.3 TAUX D'INFECTION.....	47
1.4 SEVERITE.....	47

<b>2. MALADIE DE LA ROUILLE .....</b>	<b>52</b>
2.1 EVALUATION <i>in situ</i> d' <i>Uromyces</i> .....	52
2.2 CONFIRMATION DE LA PRESENCE DE L'AGENT CAUSAL.....	53
2.3 OBSERVATIONS MICROSCOPIQUES.....	53
2.4 TAUX D'INFECTION.....	54
2.5 SEVERITE.....	54
<b>3. CORRELATION ENTRE LES DEUX MALADIES .....</b>	<b>59</b>
<b>4. PRESENCE DE L'OROBANCHE.....</b>	<b>59</b>
<b>5. EVALUATION DE LA CROISSANCE ET DE LA PRODUCTION.....</b>	<b>60</b>
5.1 TAUX DE GERMINATION .....	60
5.2 CROISSANCE.....	60
5.3 PRODUCTION .....	62
5.4 POIDS DE MILES GRAINS (PMG).....	63
<b>6. CORRELATION CROISSANCE/PRODUCTION x MALADIES .....</b>	<b>63</b>
6.1 CROISSANCE x MALADIES .....	63
6.2 PRODUCTION x MALADIE .....	72
6.3 CORRELATION PMG x MALADIE.....	76
6.4 CORRELATION PMG x PRODUCTION.....	78
<b>7. EVALUATION <i>in vitro</i>.....</b>	<b>79</b>
<b>8. CORRELATION ENTRE LES EVALUATION <i>in situ</i> ET <i>in vitro</i> .....</b>	<b>80</b>
<b>DISCUSSION .....</b>	<b>82</b>
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>95</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>97</b>
<b>ANNEXE</b>	
<b>RESUME</b>	
<b>SUMMARY</b>	
ملخص	

## Liste des abréviations et acronymes

**ADN:** Acide Désoxyribonucléique.  
**ALS:** Area Leaf Surface  
**AMV:** *Afalfa Mosaic Virus*  
**ANOVA:** Analysis of variance  
**AUDPC:** Area under the disease progress curve  
**BBMV:** *Broad Bean Mottle Virus*  
**BBWV:** *Broad Bean Wilt Virus*  
**BLRV:** *Bean Leaf Roll Virus*  
**BPL:** Best Linear Predictor  
**BYMV:** *Bean Yellow Mosaic Virus*  
**CM :** Moyen des Carrés  
**CSIC :** Institute for Sustainable Agriculture  
**DDL :** Degrés De Liberté  
**DS :** Disease Severity (la Sévérité de la maladie)  
**FAO :** Food and Agriculture Organization of the United Nations  
**FBNYV :** *Faba Bean Necrotic Yellow Virus*  
**Hg :** Hectogramme  
**ICARDA :** International Center for Agricultural Research in the Dry Areas.  
**IFAPA :** Centro “Alameda del Obispo”, Córdoba, Spain  
**INRA :** Institut national de la recherche agronomique (National Agronomic Research Institute), France  
**ITAB:** Institut Technique d’Agriculture Biologique  
**ITAFV :** Institut Technique des Arbres Fruitiers et de Vigne  
**MADR :** ministère de l’agriculture et de développement rurale.  
**Mt :** millions de tonnes  
**PDA :** Potato Dextrose Agar  
**Prob :** Probabilité  
**RAPD:** Random Amplified Polymorphic DNA  
**RIL:** Recombinant Inbred Line  
**SCE :** Somme des Carrés des Ecart  
**UNIP:** Union Nationale Interprofessionnelle des Protéagineux (Protein-crops Industry Organization), France  
**VR :** variance

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Superficie et Rendement de la fève et de la féverole verte et sec en Algérie (MADR, 2012) .....	8
<b>Tableau 2</b> : Les principaux ravageurs de fève .....	11
<b>Tableau 3</b> : Certaines sources naturelles les plus importantes de la résistance contre la tâche de chocolat, l'antracnose et la rouille (Hanounik et Robertson, 1988) .....	32
<b>Tableau 4</b> : Taux d'infection (TI %) et la sévérité de la maladie (SE) de 88 familles RILs ségréantes vis-à-vis de <i>Botrytis</i> .....	48
<b>Tableau 5</b> : Analyse ANOVA de la sévérité final ( <i>Botrytis</i> ) .....	51
<b>Tableau 6</b> : Analyse ANOVA de l'AUDPC <i>Botrytis</i> .....	51
<b>Tableau 7</b> : Taux d'infection (TI %) et la sévérité de la maladie (SE) de 88 familles RILs ségréantes vis-à-vis la rouille .....	55
<b>Tableau 8</b> : Analyse ANOVA de la sévérité finale (Rouille) .....	58
<b>Tableau 9</b> : Analyse ANOVA AUDPC Rouille .....	58
<b>Tableau 10</b> : Analyse ANOVA de taux de germination .....	60
<b>Tableau 11</b> : Analyse ANOVA de longueur des feuilles des 88 familles ségréantes .....	60
<b>Tableau 12</b> : Analyse ANOVA de largeur des feuilles des 88 familles ségréantes .....	60
<b>Tableau 13</b> : Analyse ANOVA de la largeur des tiges .....	61
<b>Tableau 14</b> : Analyse ANOVA de la taille des plants .....	61
<b>Tableau 15</b> : Analyse ANOVA de nombre des gousses .....	62
<b>Tableau 16</b> : Analyse ANOVA de la taille de gousses .....	62
<b>Tableau 17</b> : Analyse ANOVA de PMG .....	63
<b>Tableau 18</b> : Analyse ANOVA des résultats de laboratoire .....	80

## Listes des figures

<b>Figure 1</b> : Variétés de la fève ( <i>Vicia faba major L.</i> ) et la féverole ( <i>Vicia faba minor</i> ) présentes en Algérie (Mezani, 2011) .....	7
<b>Figure 2</b> : <i>Orobanche crenata</i> (a), parcelle de fève infestée par <i>Orobanche foetida</i> (b) (Temani et Khairi, 2009) .....	10
<b>Figure 3</b> : Attaques de puceron sur la fève (Anonyme 1, 2010) .....	11
<b>Figure 4</b> : Les dégâts de <i>Bruchus rufimanus</i> sur les graines (Mezani, 2011) .....	11
<b>Figure 5</b> : Attaque foliaire par la Sitone (Laurence, ITAB, 2009) .....	11
<b>Figure 6</b> : Dégât de <i>Ditylenchus dipsaci</i> sur la fève (ARVALIS, 2014) .....	11
<b>Figure 7</b> : Symptômes de quelques maladies virales sur fève (a,b,c; Tiffrent, 2009 et d ;Thorben, 2007) .....	12
<b>Figure 8</b> : Symptomes de l'Anthrachnose (Laurence, 2009) .....	13

<b>Figure 9</b> : Mildiou sur fève (Laurence, ITAB, 2009) .....	15
<b>Figure 10</b> : Lésions de <i>Botrytis</i> sur feuille, face supérieur (a) ; face inférieure (b) (Villegas-Fernandez, 2012) .....	18
<b>Figure 11</b> : Lésions de <i>Botrytis</i> sur tiges de fève (Mabsoute, 2001) .....	18
<b>Figure 12</b> : Gousses de fèves avec les tâches chocolat (Villegas-Fernandez, 2012) .....	19
<b>Figure 13</b> : Cycle biologique de <i>Botrytis fabae</i> (Tivoli et al., 1989).....	20
<b>Figure 14</b> : Rouille sur fève, feuille (a), gousse (b) (Sillero, 2006 ; Arvalis, 2009).....	25
<b>Figure 15</b> : Site expérimentale .....	35
<b>Figure 16</b> : Dispositif expérimentale .....	36
<b>Figure 17</b> : Symptôme de <i>Botrytis</i> sur fève (Arvalis, 2013).....	37
<b>Figure 18</b> : Symptômes de rouille sur fève (UINP, 2007).....	37
<b>Figure 19</b> : Echelle d'évaluation pour les deux maladies (Angel, 2012).....	38
<b>Figure 20</b> : Méthodes d'évaluation de taux d'infection.....	39
<b>Figure 21</b> : Inoculation à l'aide d'une micropipette de 0,5µl (a), l'ajout de l'eau stérile (b) .....	41
<b>Figure 22</b> : Exemple de mesure de la longueur de lésions (population 202) par Image Tools.....	42
<b>Figure 23</b> : Lésions de <i>Botrytis</i> sur feuilles : phase non agressive (a), phase agressive (b) .....	44
<b>Figure 24</b> : Lésions de <i>Botrytis</i> sur tige (a), sur gousse (b) .....	45
<b>Figure 25</b> : Feuilles couvertes de lésions sous dessiccateur (a), fructification .....	45
<b>Figure 26</b> : Observation microscopique de la fructification .....	46
<b>Figure 27</b> : Observation microscopique de conidiophore (Gx40) .....	46
<b>Figure 28</b> : Culture de <i>Botrytis</i> ; feutrage mycélienne (a), sclérotés (b).....	47
<b>Figure 29</b> : Distribution des différentes populations selon les classes de la sévérité .....	50
<b>Figure 30</b> : Distribution des différentes populations selon les classes d'AUDPC.....	50
<b>Figure 31</b> : Corrélation entre les valeurs d'AUDPC et leurs valeurs respectives de la sévérité finale.....	51
<b>Figure 32</b> : Pustules de rouille sur feuille; début d'infection (a), stade avancé (b) .....	52
<b>Figure 33</b> : Pustules sur tige ; urédospores (a), téléospores (b) .....	52
<b>Figure 34</b> : Pustules d' <i>Uromyces</i> sous loupe (G x 4) .....	53
<b>Figure 35</b> : Observation microscopique des urédospores .....	53
<b>Figure 36</b> : Observation microscopique des téléospores ( Gx40).....	54
<b>Figure 37</b> : Distribution des différentes populations selon les classes de la sévérité .....	57
<b>Figure 38</b> : Distribution des différentes populations selon les classes d'AUCPC calculées à partir de la sévérité .....	57
<b>Figure 39</b> : Corrélation entre les valeurs d'AUCPC et leurs respectives valeurs de la sévérité.....	57
<b>Figure 40</b> : Corrélation entre les valeurs d'AUCPC des deux maladies.....	59
<b>Figure 41</b> : Pied d'orobanche sur fève .....	59
<b>Figure 42-1</b> : Corrélation entre sévérité-Final <i>Botrytis</i> et la longueur des feuilles.....	64

<b>Figure 42-2</b> : Corrélation entre AUDPC <i>Botrytis</i> et la longueur des feuilles .....	<b>64</b>
<b>Figure 43-1</b> : Corrélation entre sévérité-Final <i>Botrytis</i> et la largeur des feuilles .....	<b>65</b>
<b>Figure 43-2</b> : Corrélation entre AUDPC <i>Botrytis</i> et la largeur des feuilles.....	<b>65</b>
<b>Figure 44-1</b> : Corrélation entre sévérité-Final <i>Botrytis</i> et la largeur des tiges.....	<b>66</b>
<b>Figure 44-1</b> : Corrélation entre AUDPC- <i>Botrytis</i> et la largeur des tiges.....	<b>66</b>
<b>Figure 45-1</b> : Corrélation entre sévérité-Final <i>Botrytis</i> et la taille des plants .....	<b>67</b>
<b>Figure 45-2</b> : Corrélation entre l’AUDPC <i>Botrytis</i> et la taille des plants .....	<b>67</b>
<b>Figure 46-1</b> : Corrélation entre sévérité-Final rouille et longueur des feuilles.....	<b>68</b>
<b>Figure 46-2</b> : Corrélation entre AUDPC rouille et longueur des feuilles .....	<b>68</b>
<b>Figure 47-1</b> : Corrélation entre sévérité-Final rouille et largeur des feuilles.....	<b>69</b>
<b>Figure 47-2</b> : Corrélation entre AUDPC rouille et largeur des feuilles .....	<b>69</b>
<b>Figure 48-1</b> : Corrélation entre sévérité-Final rouille et largeur des tiges.....	<b>70</b>
<b>Figure 48-2</b> : Corrélation entre AUDPC rouille et largeur des tiges .....	<b>70</b>
<b>Figure 49-1</b> : Corrélation entre sévérité-Final rouille et taille des plants .....	<b>71</b>
<b>Figure 49-2</b> : Corrélation entre AUDPC rouille et taille des plants.....	<b>71</b>
<b>Figure 50-1</b> : Corrélation entre sévérité-Final <i>Botrytis</i> et nombre de gousses .....	<b>72</b>
<b>Figure 50-1</b> : Corrélation entre AUDPC <i>Botrytis</i> et nombre de gousses.....	<b>72</b>
<b>Figure 51-1</b> : Corrélation entre sévérité-Final <i>Botrytis</i> et taille des gousses .....	<b>73</b>
<b>Figure 51-2:</b> Corrélation entre AUDPC <i>Botrytis</i> et taille des gousses .....	<b>73</b>
<b>Figure 52-1</b> : Corrélation entre sévérité-Final rouille et nombre de gousses.....	<b>74</b>
<b>Figure 52-2</b> : Corrélation entre AUDPC-Rouille et nombre de gousses .....	<b>74</b>
<b>Figure 53-1</b> : Corrélation entre sévérité-Final rouille et taille des gousses .....	<b>75</b>
<b>Figure 53-2:</b> Corrélation entre AUDPC et taille des gousses .....	<b>75</b>
<b>Figure 54-1</b> : Corrélation entre sévérité-Final <i>Botrytis</i> et taille des gousses.....	<b>76</b>
<b>Figure 54-2</b> : Corrélation entre AUDPC <i>Botrytis</i> et taille des gousses .....	<b>76</b>
<b>Figure 55-1</b> : Corrélation entre sévérité-Final Rouille et taille des gousses.....	<b>77</b>
<b>Figure 55-2</b> : Corrélation entre AUDPC Rouille et taille des gousses .....	<b>77</b>
<b>Figure 56</b> : Corrélation entre PMG et la taille des plants .....	<b>78</b>
<b>Figure 57</b> : Corrélation entre PMG et le nombre de gousses.....	<b>78</b>
<b>Figure 58</b> : Exemple du développement de tâches nécrotiques sur feuilles de la population 259; après 24 h (a), après 48 h (b), après 6 jours.....	<b>79</b>
<b>Figure 59</b> : Corrélation entre l’évaluation du laboratoire et la sévérité sur terrain.....	<b>81</b>
<b>Figure 60</b> : Corrélation entre l’évaluation du laboratoire et les valeurs de l’AUDPC sur terrain .....	<b>81</b>

## INTRODUCTION

Les légumineuses alimentaires sont considérées parmi les cultures importantes, elles sont cultivées dans le monde et dans la plupart des pays du bassin méditerranéen, elles offrent un apport en protéines végétales pour l'alimentation humaine et animale et constituent un excellent précédent cultural dans les systèmes de production céréalière. Parmi ces légumineuses la fève, présente un grand intérêt pour le développement d'une agriculture soutenable (Rubiales, 2010), et peuvent contribuer en grande partie à la sécurité nourissante dans beaucoup de régions du monde, autant par leur consommation directe que par leur utilisation comme fourrage pour des bétails (Villegas-Fernandez, 2012). Selon les statistiques du Food and Agriculture Organization of the United Nations, en 2013 leur surface étant de 2 040 542 hectares et se classe en sixième rang dans la production entre les légumineuses, avec 3 503 299 tonnes (FAOSTAT, 2013) (**Annexe 1**). Les principaux producteurs sont la Chine, l'Europe (principalement le Royaume-Uni, France, l'Espagne, Portugal et Grèce), l'Ethiopie, l'Egypte et l'Australie (Duc *et al.*, 2010). Selon Giove et Abis (2007), en 2005 les pays méditerranéens ont produit 1 093 000 tonnes, soit 25% de la production mondiale. L'Algérie, avec 27 000 tonnes occupe le 17<sup>ème</sup> rang au niveau mondial et le 6<sup>ème</sup> rang au niveau continental, devancée par l'Ethiopie (516 000 tonnes), l'Egypte (350 000 tonnes), le Soudan (112 000 tonnes), le Maroc (73 000 tonnes) et la Tunisie (45 000 tonnes). En plus de ses aspects agro-alimentaires, la fève est utilisée comme engrais vert, dans les sols pauvres dans quelques régions arides d'Algérie (Chafi et Bensoltane, 2009).

En Algérie, la fève est l'une des cultures les plus importantes des légumineuses alimentaires en termes de superficies et de production. Durant la campagne agricole 2011/ 2012, la fève a occupé une superficie de 29 567 ha avec une production de 2 577 002 qx et un rendement de 87,2 qx/ha (MADR, 2012).

Globalement, les légumineuses en Algérie présente des rendements assez moyen, sinon faible, dans la plupart des régions où est sont cultivées. Elles sont soumises à un certain nombre de contraintes biotiques et abiotiques, à l'origine des fluctuations de rendements et limitant sérieusement son extension au sein des systèmes de production. Parmi les contraintes biotiques, les maladies fongiques sont grandement impliquées dans les baisses de rendement de la fève, enregistrées ces dernières années.

La maladie tâche chocolat de la fève cause des pertes importantes sur la culture. Elle est causée par *Botrytis fabae* et *Botrytis cinerea* qui produisent des symptômes similaires. Des pertes

jusqu'à 90 % en Australie ont été enregistrées, de 61 % en Ethiopie, de 59 % au Royaume-Uni et de plus de 50 % en Chine (Davidson *et al.*, 2007).

Au niveau des pays du Maghreb (Algérie, Maroc et Tunisie), la rouille est la maladie la plus répandue sur la lentille et la deuxième en importance sur la fève, après *Botrytis*. Jaz (2011) rapporte que toutes les parties aériennes de la fève sont sensibles à la rouille et une infection grave peut provoquer une défoliation prématurée. Les pertes de rendement (en grains sec) occasionnées par cette maladie sur fèves ont été évaluées entre 15 et 20 % en Algérie (Meskine *et al.*, 2002). Néanmoins, si l'infection a lieu avant, les pertes peuvent arriver jusqu'à 70 % (Sillero *et al.*, 2000).

Face à cette situation, afin d'améliorer les rendements de cette spéculature, particulièrement chez la fève, des propositions et des travaux scientifiques recommandent l'adoption des systèmes de productions optimisés, selon les besoins et les exigences de la culture. En plus, des travaux d'amélioration ont montré de fortes possibilités dans l'étude des variations des rendements, du comportement de plusieurs espèces et de populations et leur adaptation aux stress biotique et abiotique. L'utilisation de variétés résistantes est un moyen efficace et durable limitant l'impact de la maladie «tâche chocolat» sur fève (Khalil *et al.*, 1986). Cependant, aucune résistance génétique n'est jusqu'à présent utilisable comme méthode de lutte satisfaisante. D'une part, les sources de résistance sont limitées (Hanounik, 1984), étant donné les strictes barrières d'hybridation entre *Vicia faba* et les espèces sauvages. D'autre part, de nouvelles races physiologiques sont apparues.

Dans ce cadre le CSIC (l'Institute for Sustainable Agriculture, Córdoba, Spain) a lancé depuis plusieurs années des projets de recherche sur la fève dans le monde et particulièrement dans le bassin méditerranéen. Ces travaux concernent l'obtention de nouvelles populations et variétés plus adaptées aux contraintes déjà citées. Dans ce programme en collaboration avec le CSIC notre travail expérimental consiste en l'évaluation du comportement de 88 populations ségréantes RIL (Recombinant Inbred Line) de fève *Vicia faba* ; 86 populations en plus des deux lignées parentales, provenant de l'IFAPA (Centro "Alameda del Obispo", Córdoba, Espagne), pour leur comportement (croissance et développement) et leur aspect phytosanitaire vis-à-vis la résistance de deux maladies tâche chocolat (*Botrytis fabae*) et rouille (*Uromyces viciae-fabae*).

