

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE MOHAMED KHIDER – BISKRA –  
FACULTE DES SCIENCES EXACTES ET DES SCIENCES DE LA NATURE  
ET DE LA VIE  
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES**

**MEMOIRE**

Pour l'Obtention du Diplôme de Magistère en Agronomie

Option: Agriculture et Environnement en Régions Arides

Présenté par : Saadi Hacina

**SUJET**

Contribution à l'étude de la résistance  
variétés locales de *Vicia faba*L au nématode  
de  
*Ditylenchus dipsaci* dans la région de Biskra

Soutenu publiquement le

Devant le jury composé de :

Mr Belhamra M.	Pr . Université de Biskra	Président
M <sup>elle</sup> Benbouza .H.	M.C. Université de Batna	Encadreur
Mr Teray N	M.C. Université de Biskra	Examineur Mr
Benkacem A.K	M.C. INRA	Examineur
Mr chorffi .A.M	Pr. Université de Batna	Examineur

Année universitaire 2013/2014

## *Remerciements*

Je remercie tout d'abord Melle Benbouza , mon directeur de thèse pour ces conseils son aide , et pour la confiance qu'elle m'accordée pour mener a bien ce travail et la relecture des articles.

Je tien également à remercier les membres de jury d'avoir accepté de me faire l'honneur par leur présence, Mr Belhamra, Mr Teray N,Mr Benlkacem A.K, Mr chorfi .A.M.

Ma plus grande gratitude à mes parents pour leur soutien et pour m'avoir permis de faire des études me conduisant à présenter ce magistère.

J aimerais aussi remercier mes frères et mes sœurs et aussi mes belles sœurs et mes beaux frères pour leur soutien sans faille.

Je tiens également à remercier l'ensemble du personnel du laboratoire de l'université de Mohamed khider pour leur générosité et leur bonne humeur particulièrement reconnaissante envers Refrafi farida qui ma toujours accueille avec son hospitalité.

J'adresse mes plus sincères remerciements ainsi que le témoignage de mon plus profond respect a mon professeur Mr Ahmed chaabena pour son aide pour les analyses statistiques et ma sœur Saadi ines pour aide au laboratoire.

Et je voudrais remercier mes collègues de la DSA de Biskra et a tous les moments passé ensemble. Merci à tous mes amis.

Tout ceci n'aurait pu être réalisé sans l'ensemble de ces personnes.

## LISTE DES ABREVIATIONS

AJ :	Acide jasmonique.
DSA :	Direction des services agricoles de la wilaya de Biskra.
ET :	Ethylène.
HR :	Réaction d' hypersensibilité
IR :	Indice de reproduction.
LAR :	Résistance locale acquise.
LRPs:	Leucine Rich Repeats.
MADR :	Ministère de l' agricultures et développement rural .
MAMPs :	Micorbe Associated Molecular Pattern.
MAPK;	Mitogen-actived protein kinas.
NO :	Actives d'oxygène
OEPP :	Organisation européenne pour la protection des plantes.
Pi :	Population initiale.
PR :	Pathogenesis Related.
PTI/PAMP:	Pathogen Triggged immunity.
R :	Résistant.
ROS :	Oxyde nitrique
SA :	Acide Salicylique

## Liste des figures

### Chapitre 1- Les légumineuses

Figure n°1 Arbre génétique des *papilionideae* 6

### Chapitre 2- Généralités sur les nématodes des tiges et des bulbes

**"*Ditylenchus dipsaci* (Kuhn, 1857 ; Filipjev, 1936)".**

Figure n°2 Structure d'un nématode. 18

Figure n° 3 Arbre phylogénétique du phylum Nematoda basé sur la séquence 19  
nucléotidique de la petite sous-unité des ARN ribosomiques de 53  
espèces de nématodes

Figure n°4 *Ditylenchus dipsaci* 21

Figure n°5 Cycle biologique de *Ditylenchus spp.* 22

### Chapitre 3 Résistance de plantes

Figure n°6 Schématisation de la relation gène-pour-gène qui conditionne la 34  
résistance spécifique des plantes aux maladies

Figure n°7 Modèle d'interaction potentielle entre les produits des sécrétions des 36  
nématodes et la cellule végétale.

Figure n°8 Illustration du phénomène de résistance induite par l'agent 40  
pathogène.

### Chapitre 4 : Matériels et méthodes

Figure n°9 Dispositif expérimentale 46

Figure n°10 Wilaya de Biskra 48

Figure n°11 Inoculation des plantes 49

Figure n°12 Extraction des nématodes des plantes. 51

Figure n°13 Extraction des nématodes du sol. 53

## Chapitre 5- Résultats et discussion

Figure n°14	Les symptômes de <i>Dipsaci</i> sur fève (Echantillon sur terrain)	59
Figure n°15	Les moyennes des notifications des symptômes chez les populations inoculées.	60
Figure n°16	Les moyennes de populations finales	63
Figure n°17	La relation entre les symptômes et le nombre finals nématodes	65
Figure n° 18	Extériorisation des symptômes de l'infection de <i>Dipsaci</i> sur la population de Guartta , Séville.	67
Figure n° 19	Extériorisation des symptômes de l'infection de <i>Dipsaci</i> sur la population de Sidi Okba , Séville .	67
Figure n° 20	Extériorisation des symptômes de l'infection de <i>Dispaci</i> sur la population de Mzira, Séville.	68
Figure n°21	Facteur de reproduction de nématodes	69

# Liste des tableaux

N° de tableau	Titre	Page
<b>Chapitre 1: Les légumineuses</b>		
Tableau n°1	Composition comparée des graines de légumineuses protéagineuses et des grains de blé.	6
Tableau n°2	La production mondiale de fève. La campagne 2009/2010.	8
Tableau n°3	Production nationale de la fève verte au cours des campagnes : 2008/2009 ; 2009/2010 et 2010/2011.	9
Tableau n°4	Production de quelques légumineuses alimentaires dans la wilaya de Biskra durant les campagnes : 2007/2008 ; 2008/2009 ; 2009/2010 et 2010/2011	10
Tableau n°5	Description des variétés inventoriées en Afrique du Nord	12
<b>Chapitre 3 : Résistance de plantes</b>		
Tableau n°6	Modèle génétique de Flor	34
Tableau n°7	Les quartes classes de gènes R définies sur la base des domaines de protéines conservées.	42
Tableau n°8	Gènes de résistance aux nématodes endoparasites sédentaires clonés.	44

## Chapitre 4: Matériels et méthodes

Tableau n° 9	Calendrier technique.	47
-----------------	-----------------------	----

## Chapitre 5: Résultats et discussion

Tableau n° 10	Les températures enregistrées entre le mois de septembre 2010-Avril 2011	56
Tableau n°11	Statut des populations selon les moyennes des notifications des symptômes selon l'échelle de (Hanounik <i>et al.</i> , 1986).	58
Tableau n°12	L'analyse de variance pour le paramètre des notifications des symptômes selon l'échelle de (Hanounik <i>et al.</i> , 1986)	59
Tableau n°13	Résultats de classification du test de Newman et Keuls des notifications des symptômes selon l'échelle de (Hanounik )	61
Tableau n°14	les moyennes du nombre de populations de nématodes finales (Pf) sur les plants de fève	62
Tableau n° 15	L'analyse de variance pour le paramètre nombre de nématodes/plantes.	63
Tableau n° 16	Résultat du test de Newman et Keuls sur les moyennes des nombres de populations de nématodes finales sur les plants de fève	65
Tableau n° 17	Résultats du test de comparaison de Dunnett des moyennes des populations finales du nombre d'effectifs de nématodes dans les plants.	66
Tableau	Les moyennes des facteurs reproductions (RF) de	6

n°18	reproduction de nématodes par population.	
Tableau n°19	L'analyse de variance pour le paramètre nombre de nématodes des populations finales	69
Tableau n°20	Résultat du test de Newman et Keuls, Classement des groupes homogènes des moyennes de facteur de reproduction.	68
Tableau n°21	Test de comparaison par l'analyse de Dunnett Indice de reproduction	

# **Sommaire**

## Sommaire

### Introduction

#### Chapitre 1 : Légumineuses

1-Légumineuses	05
1.1- Présentation générale des légumineuses	05
1.2- Classification botanique de la fève	07
1.3- Importance de <i>Vicia faba L.</i>	07
1.4- Importance des légumineuses en Algérie	08
1.5- Ressources génétiques de <i>Vicia faba L</i> en Algérie.	11
1.6- Les Principaux bioagresseurs de <i>Vicia faba L</i>	12

#### Chapitre 2 : Généralités sur les nématodes des tiges et des bulbes "*Ditylenchus dipsaci* (Kuhn, 1857 ; Filipjev, 1936)".

2.1- Introduction	17
2.2- Systématique.	18
2.3- Description et caractères morphologiques de <i>Ditylenchus dipsaci</i> .	20
2.4- Cycle biologique de <i>Ditylenchus dipsaci</i>	21
2.5- Les races de <i>Ditylenchus dipsaci</i>	24
2.6- Symptômes et dégâts	25
2.7- Moyens de lutte contre les nématodes	26
2.7.1- Mesures prophylactiques	26
2.7.2- Les méthodes de lutte physique	27
2.7.3- Les méthodes de lutte biologique	27
2.7.4- Utilisation de plantes nématicides	28
2.7.5- La lutte chimique	28

2.7.6- La lutte génétique	29
2.7.7- La lutte intégrée	29

### **Chapitre 3: Résistance de la plante**

3.1-Introduction	33
3.2- Interaction plante – microorganismes	33
3.2.1- Interaction non-hôte	33
3.2.2- Interaction incompatible	33
3.2.3 Interaction hôte compatible	34
3.3- Les type de mécanisme de défense	35
3.3.1- Mécanismes préformés	35
3.3.2- Résistance induite	36
3.4- La reconnaissance de l’agent pathogène	37
3.4.1- La reconnaissance non spécifique	37
3.4.2- La reconnaissance spécifique	38
3.4.2.1- <i>Les Gènes d’avirulence</i>	41
3.4.2.2- <i>Les gènes de résistance</i>	41
3.4.2.3- <i>Les récepteurs des effecteurs de type AVR</i>	42
3.4.2.4- <i>Les gènes de résistance aux nématodes clonés</i>	43
3.5- Mécanisme de signalisation	44

### **Chapitre 4 : Matériels et méthodes**

4.1. Site d’étude	46
4.2. Dispositif expérimentale	46
4.3. Conduite de l’essai	46
4.4. Collecte et préparation du matériel végétal	47

4.5. Evaluation de la résistance des plantes aux nématodes	48
4.5.1. L'inoculation des nématodes	49
4.5.1.2. Méthodologie	49
4.5.1.2.1 .L'inoculation des plantes	49
4.5.2. L'évaluation des symptômes	49
4.5.3. Extraction et comptage des nématodes des plantes de <i>Vicia faba</i> L. et comptage	50
4.6. Extraction et comptage des nématodes du sol	51
4.7. Analyse des résultats	52

## **Chapitre 5 : Résultats et discussion**

5.1. Collecte et préparation du matériel végétal	55
5.1.1- Évaluation de l'état sanitaire des semences de fève et semis	55
5.2- Evaluation de la résistance aux nématodes des plantes inoculées	55
5.2. 1.Préparation de l'inoculum des plantes	55
5.2.3. Evaluation de des symptômes dus à l'infection par <i>Ditylenchus dipsaci</i>	57
5.1.3.1. Notification des symptômes selon l'échelle de (Hanounik <i>et al.</i> , 1986)	57
5.1.3.2. Comptage des populations finales des nématodes (PF)	61
5.1.3.2.3. Calcul du facteur de reproduction (RF)	68
5.1.3.3. Evaluation des nématodes dans le sol	72
5.2. Discussions générales	75
<b>Conclusion</b>	78

### **Références bibliographiques**

### **Annexe**

# **Introduction**

## Introduction

Les légumineuses à graines permettent d'apporter au moins 33% des besoins humains en protéines alimentaires (Vance *et al.*, 2000). Parmi les légumineuses, la fève est une culture importante, et est considérée comme sources cruciales de protéines pour les humains et pour les animaux, notamment pour les pays méditerranéens et la Chine (Crépona *et al.*, 2010). La fève, représente une production mondiale de 3515748 T. La Chine est le plus grand pays producteur avec 1650000 T pour la campagne 2009/2010, puis vient l'Éthiopie en deuxième position avec une production de 610845 T. La France est classée en troisième position (FAOSTAT, 2011).

En Algérie, la fève est cultivée dans différentes régions du pays. La production nationale de la fève verte de la campagne 2011 est de 1976367 qx. La wilaya de Biskra est l'une des principales régions productrices de fève cultivée en plein champs en Algérie. Elle occupe environ 35% de superficie totale des cultures maraîchères de plein champs de la wilaya. De ce fait elle est considérée comme premier légume cultivé dans la wilaya et sa consommation en vert (DSA 2011) campagne.

Du fait que la fève est largement cultivée dans une gamme de conditions climatiques, de tempérées à subtropicales. Elle est exposée à différents organismes nuisibles et aux maladies, telles que celles provoquées par les insectes, les champignons, les mauvaises herbes et les virus ainsi que les nématodes. Parmi ces derniers on peut citer les nématodes à kystes (*Heterodera goettingiana*. Liebs), les nématodes à galles (*Meloidogyne* spp) les nématodes de lésion de la racine (*Pratylenchus* spp) et la plus dangereuse c'est le nématode à tige *Ditylenchus dipsaci* L.(Kühn) Filipjev (Sillero *et al.*, 2010). Ce dernier provoque d'importants dégâts aux cultures et ouvre dans les zones des tissus des portes d'entrées pour de multiples agents (bactéries et champignons).

Parmi les méthodes de lutte, l'utilisation des produits chimiques, qui sont certes simples et assez efficaces, mais depuis plusieurs années en raison du coût élevé, la pollution de l'environnement et la prise de conscience de la nocivité des pesticides sur la santé, les agriculteurs font appel à des méthodes alternatives.

La sélection des plantes-hôtes résistantes représente une alternative prometteuse dans la lutte contre les nématodes à tiges. En effet, les plantes possèdent un large spectre de mécanismes de défense qui peuvent être utilisés dans l'intérêt agronomique.

Toutefois, cette stratégie de recherche de nouvelles sources génétiques de résistance naturelle doit commencer par un screening et une meilleure connaissance de la biodiversité disponible notamment les ressources locales déjà adaptées aux conditions. La nouvelle politique du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural vise à un développement économique du pays et se fixe comme objectif, la sécurité alimentaire. Dans le cadre de cette politique, des programmes spécifiques et prioritaires ont été établis ; dont le développement des légumes secs. L'approche adoptée porte sur la valorisation des ressources phytogénétiques locales.

C'est dans ce contexte d'utilisation et de valorisations de nos ressources phytogénétiques et pour contribuer à la politique menée par le pays que la thématique du présent travail de recherche s'inscrit.

L'objectif principale de cette étude est l'évaluation, en pots et sous serre, de la résistance de sept populations locales de *Vicia faba*L., collectées dans la région des Zibans, en utilisant la variété Séville, considérée comme témoin de référence résistant au *D. dipsaci*.

Ceci va nous permettre d'étudier la variabilité des niveaux d'expression de la résistance des différentes populations locales au pathogène, selon plusieurs paramètres, et d'identifier de nouvelles ressources de résistance pouvant intégrées des programmes d'amélioration.

Le document est présenté selon le plan suivant et qui comprend :

- ✓ Une première partie relative à l'étude bibliographique comprenant trois chapitres dont le premier décrit les légumineuses, le deuxième étaye des généralités sur les nématodes des tiges et des bulbes, et enfin, le dernier chapitre a été consacré aux mécanismes de résistance de la plante contre le bioagresseur.
- ✓ Une deuxième partie présentant la conduite de l'essai, le matériel végétal utilisé et les analyses statistiques.
- ✓ Une troisième partie concernant les résultats obtenus, leurs analyses et leurs discussions.

Et enfin, une conclusion générale résumera les différents résultats obtenus et les perspectives de ce travail.

# **Partie I**

## **Bibliographie**

# **Chapitre 1 :**

# **Les légumineuses**

# Chapitre 1: Les légumineuses

## 1.1. Présentation générale des légumineuses

La famille des légumineuses (ou *Fabaceae*) est très diverse, elle comprend des espèces importantes sur le plan économique dont les légumineuses à graines, les oléagineuses, les plantes fourragères, les arbustes, ainsi que les arbres tropicaux ou subtropicaux. Cette famille est classée en trois sous-familles : les *Caesalpinioideae*, les *Mimosoideae* et les *Papilionoideae* (*Faboideae*). La plupart des plantes cultivées appartiennent à cette dernière sous-famille.

Les *Caesalpinioideae* regroupent environ 150 genres et 2200 espèces et sont principalement constituées de plantes ornementales et d'arbres à bois ou alimentaires (Young *et al.*, 2003). Par ailleurs, les *Mimosoideae* sont constituées de 62 genres, dont 2500 espèces sont présentes principalement dans les forêts tropicales et subtropicales avec notamment les genres *Acacia* et *Albizia*. (Young *et al.*, 2003). Enfin, les *Papilionoideae* ; qui représentent la sous-famille la plus diverse avec 429 genres et environ 12000 espèces et qui regroupent les espèces cultivées les plus importantes économiquement. Trois groupes majeurs sont présents au sein de cette sous-famille : les *Phaseolides*, par exemple : le Soja (*Glycine max*), le Haricot (*Phaseolus vulgaris*), et parmi les *Galegoïdes* : la Fève (*Vicia faba l*), le Pois (*Pisum sativum*), la Luzerne (*Medicago sativa*) et le Pois chiche (*Cicer arietinum*). Enfin, le groupe des *Aeschynomeneae* : comme l'Arachide (*Arachis hypogaea*). (Young *et al.*, 2003). (Fig n°1).

Les *Papilionoideae* ont des fleurs en forme de papillon avec un pétale supérieur appelé étendard, deux pétales latéraux ou ailes et une carène formée par deux pétales inférieurs unis; les sépales au nombre de 5, sont soudés en tube ; les 10 étamines sont habituellement incluses dans les pétales, unies par leurs filets en un tube qui entoure le pistil, ou avec une étamine (Maxted et Bennett, 2001).

Les légumineuses ont une grande importance au niveau agricole. Elles sont classées au deuxième rang mondial derrière les céréales. Elles sont cultivées pour leurs graines et constituent une part importante de l'alimentation dans le monde, particulièrement dans les pays en développement où elles sont source de protéines pour l'homme (Tableau n°1). Mais aussi pour la production animale en termes de nourriture animale et de fourrages. Elles contiennent généralement 20-30% de protéines et sont particulièrement riches en lysine

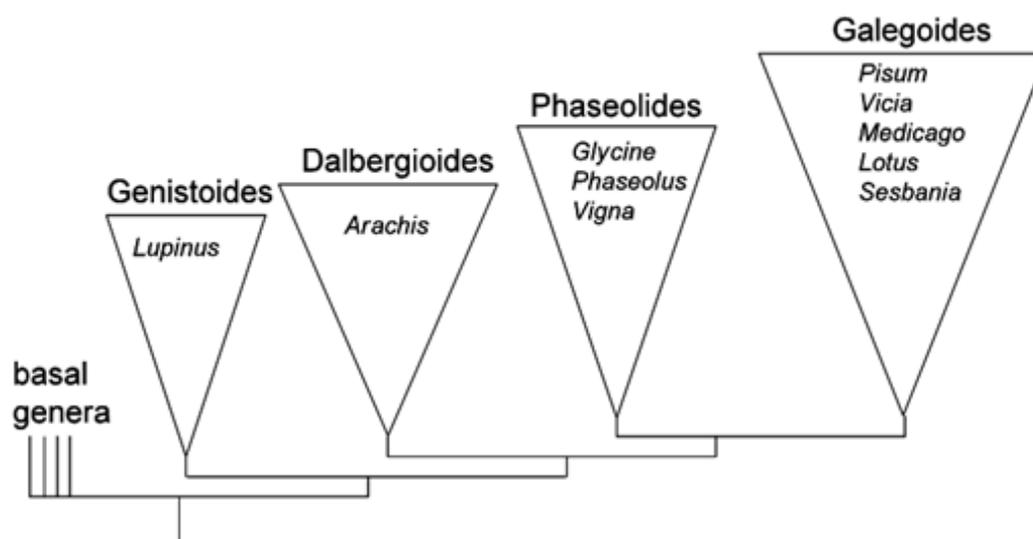


Fig n°1 Arbre génétique des *papilionideae*. .D'après Wojciechowski et *al.*, (2004).

(Durantigius, 1997 ; Djballi, 2008). Elles comportent également des huiles. Cependant, les légumineuses jouent un rôle important dans les écosystèmes naturels, en agriculture et en agroforesterie. Leur capacité à établir des symbioses avec les bactéries du genre *Rhizobim* leur permet de produire de grandes quantités d'ammonium.

**Tableau n°1:** Composition comparée des graines de légumineuses protéagineuses et des grains de blé (% de la matière sèche, sauf pour acides aminés exprimés en g/16g N.

Constituants/espèce	Amidon	Fibre	Lipides	Protéine	Lysine	Méthionine + Cysteine
Pois	50	15	2	22-25	7.1	2.4
Fève	43	18	2	28-32	6.5	2.1
Soja	1	22	10	35-39	4.3	2
Lupin blanc	2	20	20	36-40	6.2	2.8
Blé	70	8-10	1-1.5	10-15	2.3	4

(Feillet, 2000)

## 1.2. Classification botanique de la fève

D'après Wojciechowski *et al.*, (2004), cette classification a été décrite comme suit :

Règne : *Plantae*

Sous-Règne : *Tracheobionta*

Division : *Magnoliophyta*

Classe : *Magnoliopsida*

Sous-Classe : *Rosidae*

Ordre : *Fabales*

Famille : *Fabaceae*

Genre : *Vicia*

Espèce : *Vicia faba L.*

## 1.3. Importance de *Vicia faba L.*

Les légumineuses sont d'une importance incontestable. Elles jouent deux rôles : dans l'amélioration de la fertilité du sol et dans l'alimentation humaine et du cheptel. Les légumineuses à graines permettent d'apporter au moins 33% des besoins humains en protéines alimentaires. Cette part est fournie essentiellement par les cultures du petit pois, le haricot, pois chiche, et fève (Vance *et al.*, 2000). Ces dernières cultures sont d'une importance considérable dans les pays d'Asie, du Nord et du Nord-est de l'Afrique (Adne, 2005). Parmi les légumineuses, la fève, qui représente une production mondiale de 3515748 T. La Chine est le plus grand pays producteur avec 1650000 T pour la campagne 2009/2010, puis vient l'Éthiopie en deuxième position avec une production de 610845T. La France est classée en troisième position (FAO, 2011). (Tableau n°2).

**Tableau n°2 : La production mondiale de fève, campagne 2009/2010.**

Position	Pays	Production (T)
1	Chine	1650000
2	Ethiopie	610845
3	France	438338
4	Egypte	297620
5	Maroc	153040
6	Australie	192000
7	Soudan	112500
8	Royaume-Uni	100000
10	Italie	97408
11	Tunisie	70210
12	Pérou	69634
11	République arabe syrienne	37782
13	Algérie	36495

(FAO, 2010)

#### **1.4. Importance des légumineuses en Algérie**

La nouvelle politique du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural vise à un développement économique du pays et se fixe comme objectif, la sécurité alimentaire. Dans le cadre de cette politique, dix programmes spécifiques et prioritaires ont été établis ; ils concernent les productions végétales et le développement des légumes secs.

Pour tous ces programmes, l'approche adoptée porte sur la valorisation des ressources phytogénétiques locales pour chaque filière en fournissant un cadre et des modalités de revitalisation progressive de ces territoires.

Du fait de la diversité agricole du territoire algérien, on distingue quatre grands types de milieux : les régions côtières tempérées, les zones de montagnes, les steppes couvrant les hautes plaines et le Sahara (oasis). La fève est cultivée dans ces différentes régions du pays. On distingue deux périodes de semis, celle d'hiver vers la fin d'été pour les zones du sud (sahariennes et oasiennes), dont le début de la récolte s'effectue au mois de novembre puis, la deuxième période de semis

au printemps pour les zones du nord. La production nationale des deux dernières campagnes : 2008/2009 à 2010/2011 est illustrée dans le Tableau n°3.

**Tableau n°3 :** Production nationale de la fève verte au cours des campagnes : 2008/2009 ; 2009/2010 et 2010/2011.

Wilaya	Campagne 2008/2009		Campagne 2009/2010		Campagne 2010/2011	
	Superficie (ha)	Production (qx)	Superficie (ha)	Production (qx)	Superficie (ha)	Production (qx)
Biskra	2698	317555	2650	410370	2832	453440
Tlemcen	1799	47900	1838	79600	1711	78500
Guelma	1560	106905	1500	95690	2048	221535
Mascara	1544	57400	1511	68395	1823	92085
Boumerdès	1400	224000	1100	220000	1100	198000
Constantine	1108	32160	1053	34920	1151	38255
Skikda	1093	249090	950	118765	1432	262034
Tizi Ouzou	1054	72131	1108	83965	1206	95866
Médéa	955	76899	962	83965	1005	84880
Ain Defla	880	48400	1112	68750	1556	74688
Ain Timouchent	668	32112	947	44939	1196	148900
Relizane	640	19200	931	37240	1365	54600
El tarf	580	26100	550	24750	612	27540
Tipaza	553	3733	800	63635	449	44844
Laghouat	522	31320	522	46930	680	61200
M'sila	500	30000	500	30000	500	40000

(MADR, 2010)

Les superficies se sont accrues de 23180 ha en 2008/2009 et ont atteint les 2483465 ha en 2010/2011. La production obtenue en 2008 était de 1746461qx et a atteint 2483465 qx pour la campagne 2010/2011. Les plaines côtières telle que la wilaya de Skikda ont une surface de 1432

ha et ont eu une production de 262034 qx durant la Campagne 2010/2011 ; cela lui a permis d'occuper la première place dans cette zone, viennent ensuite Ain Timouchent et Tipaza. On souligne ici que la zone de production de la fève en Algérie, en plus des plaines côtières, est représentée par :

\* Les plaines d'intérieur : Wilaya de Tlemcen, Guelma, Mascara, Boumerdès et Constantine.

\* Les hauts plateaux : Médéa, Relizane, Ain Defla, M'sila et Bouira.

\* Les zones du sud du pays : Biskra, Adrar et Ghardaïa.

La wilaya de Biskra est l'une des principales régions productrices de fève cultivée en plein champ en l'Algérie (Tableau n°4). (DSA, 2011).

**Tableau n°4** : Production de quelques légumineuses alimentaires dans la wilaya de Biskra durant les campagnes : 2007/2008 ; 2008/2009 ; 2009/2010 et 2010/2011.

Campagne	Espèces	Superficie (ha)	Production (qx)
2007/2008	Fève verte	2661	316745
	Petit pois	1192	58339
	Haricot vert	304	17544
2008/2009	Fève verte	2660	410370
	Petit pois	1144	67740
	Haricot vert	290	16800
2009/2010	Fève verte	2843	454880
	Petit pois	1149	68940
	Haricot vert	275	16500
2010/2011	Fève verte	2848	432980
	Petit pois	1144	70955
	Haricot vert	292	17520

( DSA, 2011)

### 1.5. Ressources génétiques de *Vicia faba* L. en Algérie

La féverole est l'une des premières cultures à domestiquer. On pense que l'origine de récolte de *Vicia faba* L. pourrait être du Proche-Orient. Des semences restantes datant du 10<sup>e</sup> millénaire avant le présent (BP) ont été identifiées dans le nord de la Syrie (Tano *et al.*, 2006).

Il existe une grande différence entre *Vicia faba* L. et les autres espèces appartenant à la complexité *Vicia galilea*, *Vicia johannis* et *Vicia hyaeniscyamus*. (Zohary *et al.*, 1973., Duc 1999).

Le genre *Vicia* comprend environ 120 espèces réparties principalement dans les régions tempérées de l'hémisphère nord. La taxonomie interspécifique de *Vicia faba* L prête à confusion plusieurs variétés qui ont été distinguées sur la base de la morphologie et la taille des graines du cultivar et qui ont été nommées comme mentionné ci-dessous.(Brink, 2006) :

\* *Vicia faba* major, dont chaque graine pèse plus d'un gramme. C'est la fève cultivée pour l'alimentation humaine.

\* *Vicia faba* minor, dont les graines, beaucoup plus petites ne sont utilisées qu'en oisellerie.

\* *Vicia faba* equina, à graines plus lourdes que celles de *Vicia faba* minor mais plus légères que celles de *Vicia faba* major (Pesson, 1984).

Pour les légumineuses alimentaires en Algérie, la bibliographie fait mentionner les cultures pour le pois chiche, la lentille et la fève. Cette dernière a fait l'objet d'un inventaire durant la période coloniale. Guillochon (1925) a inventorié et décrit les variétés suivantes en Afrique du Nord (Tableau n°5). Pour la féverole (*Vicia faba* var. minor), elle a été l'une des espèces les plus utilisées dans les régions montagneuses, particulièrement en Kabylie, pour l'alimentation humaine et animale. Cette espèce a fortement régressé depuis la mise au point d'aliments du bétail et d'importantes plantations à base d'*Atriplex* qui ont été réalisées. (INRAA, 2006).

**Tableau n°5** : Description des variétés de fève inventoriées en Afrique du Nord.

Variété	Description
Fève de Séville à longue cosse	Tige ferme, feuillage vert clair, cosses larges réunies, pendantes en raison de leur poids, contenant de 4 à 8 graines.
Fève à longue cosse	Feuillage vert foncé et ample, cosses réunies par deux, légèrement obliques, contenant 3 ou 4 grains blancs.
Fève des marais	Tige dressée, haute, de 80cm, feuilles composées vert grisâtre, cosses réunies en bouquets, se recourbant ou restant dressées selon leur poids.
Fève des marais de Sicile (sous variété de la fève des marais)	Plante plus basse, feuillage plus blond, formation des cosses plus hâtive que dans le cas de la variété-type.

(INRAA, 2006)

Les conditions pédoclimatiques caractérisant la wilaya de Biskra lui ont attribué une très importante diversité génétique. En 2006, l'ITDAS a recensé plus de 92 populations dans les zones : Zeribet El Oued, Beghila, Doucen et M'ziraa.

#### 1.6. Les Principaux bioagresseurs de *Vicia faba* L.

*Vicia faba* L. est soumise à de nombreux pathogènes qui attaquent à la fois les racines et les parties aériennes de la plante, on peut citer :

- **Les pucerons :**

Ce sont des ravageurs importants et néfastes de la fève dans le monde entier, causant des dégâts en se nourrissant directement du phloème (Cammell et Way, 1983 ; Stoddard, 2009). Parmi les aphides sur fève, on cite : *Aphis craccivora*, *Aphis fabae* et *Acyrtosiphon pisum* (Turpeau., et al., 2011). En outre, il existe d'autres insectes attaquant la partie végétative de la fève, tel que *Liriomyza* spp. (*Diptera*) et ceux attaquant la tige, tel que *Lixus algirus* L. (*Coleoptera*) (Stoddard et al., 2010) et les Bruches (*Coleoptera*) (*Bruchus rufimanus*).

- **Les Orobanchaceae :**

Elles sont particulièrement agressives dans les pays du pourtour du bassin méditerranéen (Lepoivre, 2003). La fève peut être parasitée principalement par trois différentes espèces d'Orobanche, à savoir, *Orobanche fétide* (*Orobanche foetida* Poir.),

*Orobanche égyptienne* (*Orobanche aegyptiaca*) et *Orobanche crenata* Forsk. (Rubiales et al., 2006 ; Joel et al., 2007 ; Stoddard, 2010).

- **La rouille, causée par le champignon *Uromyces viciae fabae* (Pers.) Schröt :**

C'est une maladie importante dans le Moyen-Orient et l'Afrique du nord. Aussi, la rouille est importante sur d'autres légumineuses (Koik, 2007). Toutes les parties aériennes de la fève sont sensibles à la rouille et une infection grave peut provoquer une défoliation prématurée (Ijaz, 2011).

- **La fusariose, causée par *Fusarium sp.* :**

La plus importante espèce est *Fusarium solani* cause des pertes de 40% en Chine, au Japon et au Soudan (Koike, 2007).. Aussi, d'autres champignons peuvent également être présents, y compris *Rhizoctonia solani* Kuen, *Pythium spp.*, *Phoma sp.* et *Phytophthora sp.* (Salt, 1982 ; Lamri, 1985).

- **La maladie des taches chocolat, provoquée par *Botrytis fabae* Sard. et *Botrytis cinerea* Pers. :**

Ce sont les pathogènes les plus dangereux, entraînant des dommages graves dans les zones humides, l'Europe, l'Afrique du Nord, la Chine et l'Australie (Bouhassan, 2004 ; Tivoli, 2006 ; Sillero *et al.*, 2010). La progression du champignon est rapide et des nécroses mènent à la défoliation et même à la mort de la plante entière (Harisson, 1988 ; Villegas *et al.*, 2009).

- **La Cercosporiose, provoquée par *Cercospora zonata* Winter :**

Ce champignon est particulièrement dommageable en Australie, en Chine et en Pologne (Kimber *et al.*, 2007 ; Stoddard, 2010), il infecte les feuilles mais, il peut aussi affecter les tiges et les gousses (Egan, 2006 ; Sillero, 2010).

- **Le mildiou, causé par *Peronospora Viciae f.sp.fabae* (Berk.) :**

Le mildiou est le plus néfaste sur la fève. L'infection est d'origine tellurique où les oospores qui germent infectent les hypocotyles et la partie supérieure de la racine. (Vander et Gaag, 1997 ; Stoddard, 2010).

**Les virus** infectant *Vicia faba* sont nombreux

On peut citer, *Pea Seed-borne Mosaic Virus (PSbMV)*, *Bean Yellow Mosaic Virus (MYMV)* (mosaïque du pois), *Bean Leaf Roll Virus (BLRV)* (jaunissement apical du pois), *Pea Enation Mosaic Virus (PEMV)* (virus de l'énation du pois) et *Bean Common Mosaic Virus (BCMV)* (virus commun de fève).

#### ▣ Les nématodes :

Les nématodes touchant les légumineuses appartiennent à plusieurs genres à savoir : *Meloidogyne*, *Heterodera*, *Pratylenchus*, *Zygotenlychnus* et *Ditylenchus*.

##### ✓ *Nématodes à galles : (Meloidogyne spp.)*

Leurs larves pénètrent dans les racines et induisent la formation de galles (site nourricier) à l'intérieur des racines des plantes qu'elles attaquent. Elles se transforment en femelles parthénogéniques en forme kyste. D'autres, émettent à l'extérieur une grappe d'œufs (Messiaen, 2009). Les espèces les plus fréquemment rencontrées sur fève sont : *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) et *Meloidogyne javanica* (Treub) (Stoddard, 2010).

##### ✓ *Nématodes à Kyste : (Heterodera spp.)*

Les premiers stades de développement des nématodes du genre *Heterodera* sont analogues à ceux du genre *Meloidogyne*, mais seule la partie antérieure des femelles est implantée dans la racine qui se nécrose et dépérit. Par ailleurs, les œufs restent internes et les femelles se transforment en un kyste brunâtre (Messiaen, 2009). Pour la fève, c'est *Heterodera goettingiana* Liebs (Sillero, 2010).

##### ✓ *Nématodes migrants ectoparasites et endoparasites*

◆ Sur les racines, les nématodes s'enfoncent plus ou moins profondément pour piquer les racines et les radicelles (Messiaen, 2009). La fève est attaquée par trois principaux genres de ces nématodes sont 1) Les *Pratylenchus* : *Pratylenchus neglectus* (Rensch) Filipjev, *Pratylenchus thornei* (Sher) et *Pratylenchus penetrans* (Cobb) Filipjev et Schuurmans et 2) Les *Zygotenlychnus* : exp, *Zygotenlychnus guevarai*.

◆ Sur les tiges c'est *Ditylenchus dipsaci*.

En Algérie, c'est Debray et Maupas (1896) qui furent les premiers à décrire la maladie sur fève causée par ce nématode (Volvas, 2011). Cette espèce comprend 30 races biologiques de morphologie similaire (Struhan et Brzerski, 1991 ; Janssen, 1994 ; Esquibet, 2003).

Ce dernier nématode est un endoparasite migrateur, il conserve sa mobilité et ne possède pas un site d'alimentation fixe dans les tissus de la plante. C'est l'espèce de nématode la plus dommageable et la plus courante sur fève dans de nombreux pays méditerranéens y compris la Syrie, Jordanie, Turquie, France, Tunisie, Algérie, Maroc, Chypre, Italie et Grèce. D'une distribution presque mondiale, il doit être considéré comme un ravageur potentiel dans la région où on cultive la fève (Hooper, 1972 ; Lamberti, 1981 ; Greco et Di Vito, 1987 ; Sellami, 1998; Abbad et Bachikh, 2001 ; Troccoli et Di Vito, 2002 ;Sikora *et al.*, 2005 ).

La fève est affectée par deux races de *Ditylenchus dipsaci* identifiables par leur variabilité biologique et morphologique. La race géante est de taille plus longue au stade adulte : (1.5-1.7mm) que la race normale (1.2 mm-1.4 mm) (Sikora *et al.*, 2005). La race géante est tétraploïde, ayant un spectre limité et n'est suspecte d'infester que *Vicia faba L.* et certaines mauvaises herbes telles que : *Lamium album* et *Chenopodium album L.* Tandis que la race normale attaque : l'Avoine, l'Oignon, le Petit pois, ainsi que les mauvaises herbes (Sillero, 2009).

**Chapitre 2 :**  
**Généralités sur les nématodes des tiges**  
**et des bulbes " Ditylenchus dipsaci**  
**(Kuhn, 1857 ; Filipjev, 1936)**

## Chapitre 2 : Généralités sur les nématodes des tiges et des bulbes

### "*Ditylenchus dipsaci* (Kuhn, 1857 ; Filipjev, 1936) "

#### 2.1. Introduction

Les nématodes sont des organismes vermiformes cylindriques non segmentés occupant des niches écologiques très diverses sur la planète. Ils présentent une très grande diversité avec un nombre total d'espèces dans le phylum Nemata estimé entre 4000 et 10 millions (Blaxter, 1998 ; Dorris *et al.*, 1999; Blumenthal, 2004 ; Blanchard, 2006).

Les nématodes ont également des régimes alimentaires très diversifiés. Certains, sont prédateurs d'invertébrés, dont d'autres nématodes. D'autres, se nourrissent de champignons ou de bactéries du sol. Certaines espèces de nématodes sont parasites, soit d'animaux vertébrés, soit de plantes (Fig n°2).

Les nématodes phytoparasites constituent des ravageurs majeurs d'un grand nombre de cultures et pratiquement, aucune espèce végétale n'y échappe. Ce sont des vers de petite taille, plus souvent invisibles à l'œil nu. On distingue : les nématodes ectoparasites, les endoparasites sédentaires et les endoparasites migrants. Parmi ces derniers, *Ditylenchus dipsaci* (Bridge *et al.*, 2007), qui attaque environ 500 espèces végétales telles que les liliacées (Oignon, Ail) et les légumineuses (Fève, Trèfle, Luzerne et Pois) ainsi que les solanées (Pomme de terre, Tabac) (OPPE, 2008).

Le Nématode des tiges et des bulbes est répandu dans un large éventail de conditions climatiques, tempérées, subtropicales et tropicales, où les régimes d'humidité activent l'infection, la multiplication et la dispersion des nématodes (Michel, 2005). Leurs dégâts peuvent être importants et leur élimination est difficile en raison de leur taille microscopique, leur longévité dans le sol et la graine (Caubel, 1995).

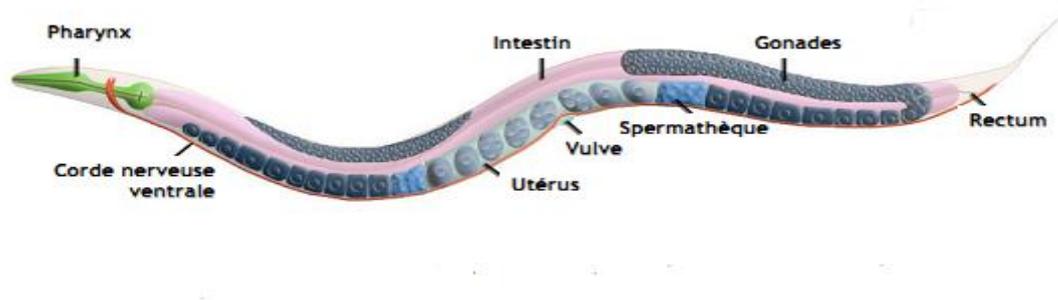


Fig n°2 : Structure d'un nématode

<http://www.Wormatlas.org/handbook/contents.htm>.

## 2.2. Systématique

Dans le règne animal, les nématodes sont classés dans la section des Artiozoaires et l'embranchement des Némathelminthes. (Eisenback 1998 ; Caromel, 2004).

Avec l'apparition des techniques de biologie moléculaire basées sur les analyses ARNr, la phylogénie des métazoaires a été reconsidérée où les nématodes peuvent être regroupés avec les arthropodes, les insectes, les crustacés et les arachnides. Blaxter *et al.*, (1998) divise le phylum des nématodes en 5 clades et chacun d'eux inclut des espèces parasites. Les nématodes phytoparasites sont ceux qui causent plus de dégâts, ils appartiennent à l'ordre des Tylenchida. Ce dernier est classé dans le clade VI et regroupe neuf familles dont les Heteroderidae englobent le genre : *Meloidogyne* et *Globodera*. La famille des *Pratylenchidae* regroupe les deux genres *Nacobbus* et *Pratylenchus* et la famille des *Anguinidae* regroupent les *Ditylenchus* dont *Ditylenchus dipsaci* (Fig n°3).

Les *Ditylenchus* appartiennent à l'ordre des *Tylenchidae* et sont classés dans le clade IV. Le genre *Ditylenchus* appartient à la famille des *Anguinidae*. (Blaxter *et al.*, 1998 ; Caromel, 2004) et comprend de nombreuses espèces, dont quatre sont actuellement connues pour être importants parasites des plantes cultivées, à savoir, *Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Filipjev, *Ditylenchus destructor* (Thorne, 1945), *Ditylenchus angustus* (Butler, 1913) Filipjev, 1936 et *Ditylenchus Africanus* (Wendt *et al.*, 1995).

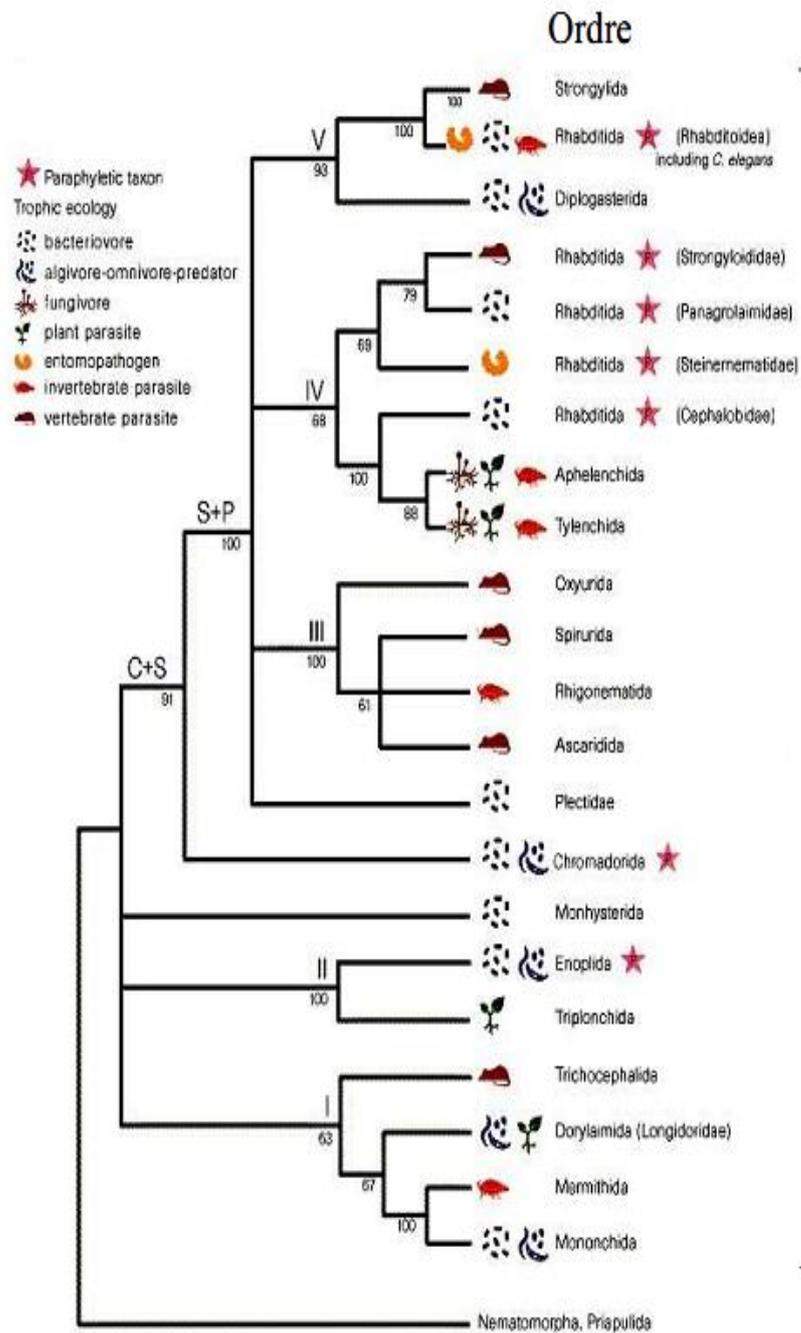


Fig n°3 : Arbre phylogénétique du phylum Nematoda basé sur la séquence nucléotidique de petite sous-unité des ARN ribosomiques de 53 espèces de nématodes .(d'après Blaxter *et al.*, 1998).

La classification de l'espèce *Ditylenchus dipsaci* donnée par Hooper (1979).

***Ditylenchus dipsaci* (Kuhn, 1857) et (Filipjev, 1936)**

Règne : Animal  
Sous-Règne : Métazoaires  
Embranchement : Némathelminthes  
Classe : *Nematoda*  
Sous-Classe : *Secernentea*  
Ordre : *Tylenchida*  
Sous-ordre : *Tylenchina*  
Super-Famille : *Tylenchoidea*  
Famille : *Anguinidae*  
Genre : *Ditylenchus*  
Espèce : *Ditylenchus dipsaci*

**2.3. Description et caractères morphologiques de *Ditylenchus dipsaci***

*Le nématode des tiges et des bulbes est mince, droit ou légèrement incurvé ventralement, œsophage avec une médiane musculaire, isthme s'élargissant progressivement sous forme d'un bulbe qui peut s'étendre sur l'intestin (Sikora, 2005). La longueur du stylet (10-12µm) et la forme de la queue qui est courte et pointue (Berzeski, 1991).*

La reproduction est sexuée, la femelle monadelphie présente un sac utérin post-vulvaire nettement apparent. La branche antérieure de l'ovaire est très développée et dépasse l'extrémité du bulbe terminal sur le côté antérieur (Hooper, 1972). Le mâle possède la même allure que la femelle, ils se différencient essentiellement par leurs appareils génitaux et présentent des spicules réduits et une bursa caudale dépourvue de mucron (Greco, 1991).

*Ditylenchus dipsaci* présente des races spécialisées à diverses espèces hôtes. La longueur des adultes est comprise entre 1 et 1.5mm ; 1.7 et 2.2 mm, respectivement pour la race normale et la race géante, et de 20microns de diamètres (Hooper, 1972). Les nématodes

juvéniles abondants dans les tissus attaqués mesurent 0.5 à 0.9 mm de long. Les œufs n'atteignent pas 0.1 mm de long. (Hooper, 1972). (Fig n°4)

#### 2.4. Cycle biologique de *Ditylenchus dipsaci*.

Le nématode de la tige est un ravageur important dans la plupart des régions où la température de l'air est comprise entre 15° à 20°C et où l'humidité est élevée. La pluie, le brouillard, la rosée et l'irrigation favorisent aussi son développement (Michel, 2005). Le nématode *Ditylenchus* étant un endoparasite des tiges et des feuilles des monocotylédones et des dicotylédones, il pénètre dans la plante et cette pénétration s'effectue à travers les stomates. Fig n°5.

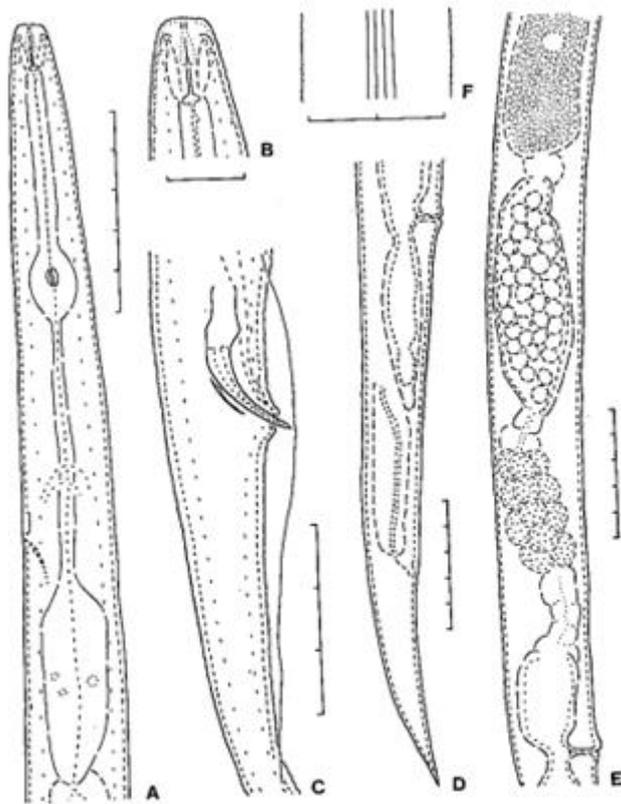


Fig n°4 *Ditylenchus dipsaci* Sturhan Berski M.V.,1991.

A : Région œsophagienne , (B) tête, (C) Mâle : spicules, (D) partie postérieure de la femelle, (E) système reproducteur de la femelle, (F) champs latéraux Echelles : 1 graduation = 10 µm

Les nématodes parasitent les tissus parenchymateux dans lesquels ils pénètrent activement. Ils s'y développent et s'y multiplient abondamment en provoquant la dissolution des lamelles moyennes des cellules (Raynal, 1989). La reproduction est sexuée et chaque femelle fécondée pond plus d'une centaine d'œufs (Tracol et Montagneux, 1987). Ces œufs éclosent et donnent naissance aux juvéniles qui passent par quatre stades larvaires, également filiformes, avant les stades adultes à l'intérieur de la plante (Fig.5).

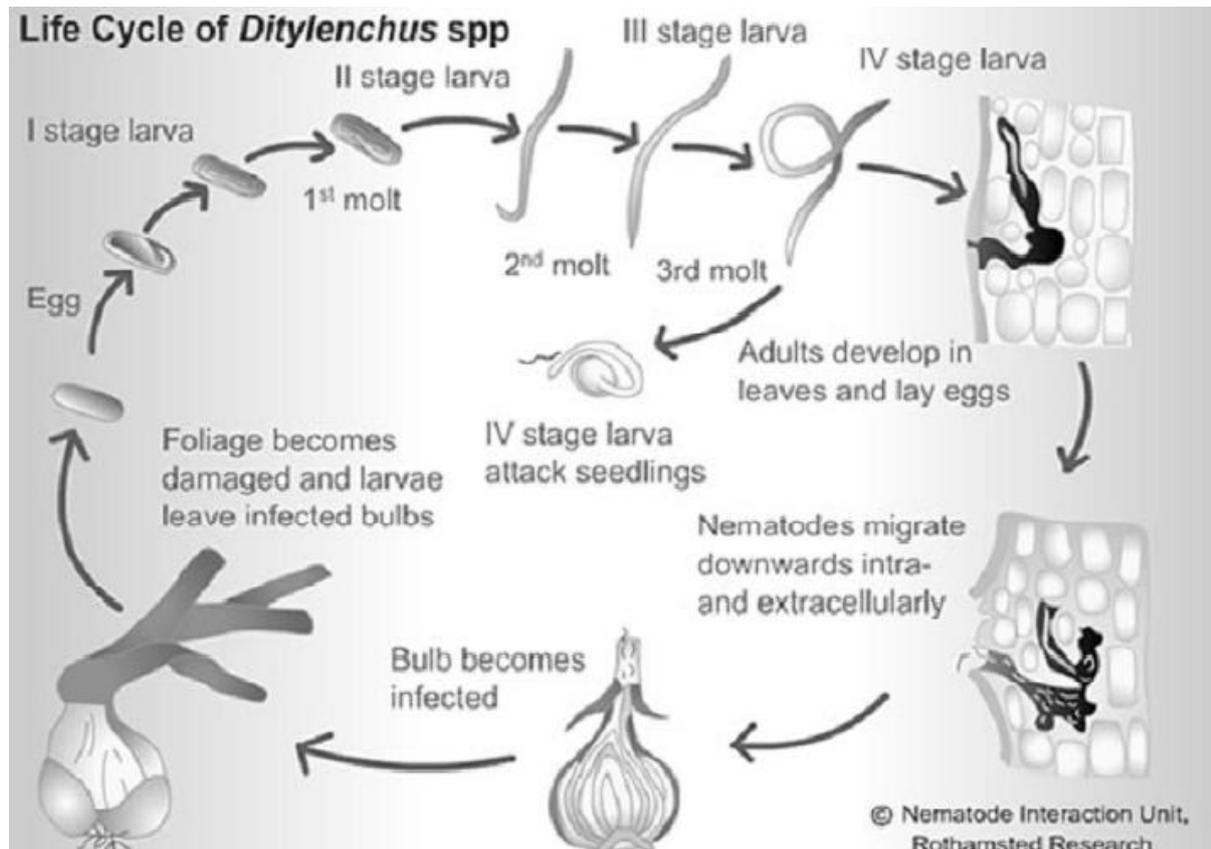


Fig. n°5 : Cycle biologique de *Ditylenchus* spp

La durée du cycle dépend des conditions climatiques et de la plante hôte. Le cycle de vie est assez court (19-23 jours). (Gubina, 1982), d'une longévité de 45 à 73 jours, où la femelle peut pondre jusqu'à 500 œufs. (Yuksel, 1960). Chez l'oignon, à 15°C, la femelle peut pondre jusqu'à 500 œufs (pondus) et persiste pendant deux ou trois générations (Whitehead, 1997).

Le développement des nématodes est très influencé par les conditions climatiques, l'humidité relative et en particulier par la température pour la reproduction dans le sol et dans

leurs hôtes (Mehrotora, 2003). L'humidité permet de réguler l'activité du nématode, elle agit sur l'activité des larves. L'excès d'humidité entraîne une asphyxie des nématodes. Dans un sol ayant un taux d'humidité de 40% à 60%, les larves sont actives et ont une bonne croissance. (Reddy, 1983).

### **Dissémination des *Ditylenchus dipsaci***

La dissémination des nématodes se fait par plusieurs moyens dont les plus importants sont :

☑ Les semences responsables de la transmission des maladies peuvent ne manifester aucun symptôme visible et il est souvent indispensable d'effectuer une analyse pour prouver la présence d'organismes pathogènes. En ce qui concerne le nématode des tiges *Ditylenchus dipsaci*, il est transmis de manière interne; il a été décelé au niveau du micropyle et peut influencer d'une manière significative les rendements de la fève (Ait Ighil et Caubel, 1986). C'est en 1972 qu'il a été signalé pour la première fois au Maroc dans des graines destinées à l'exportation vers l'Europe (Schreiber, 1978).

☑ Les eaux : de nombreux auteurs (Croll et Mathews, 1977 ; Ferraz et Brown, 2002 ; Burr et Robinson, 2004) considèrent que la dissémination des nématodes s'effectue par les eaux. Pour Cadet et Albergel (1999), les nématodes pourraient influencer leur entraînement par les eaux, notamment par leurs mouvements.

☑ L'Anhydrobiose est une stratégie rapide de déshydratation qui génère la perte d'eau lentement et c'est un changement dans la perméabilité de la cuticule (Warton, 2002). La présence des juvéniles au quatrième stade infestant les semences ainsi que dans les débris végétaux, c'est un moyen important dans la diffusion passive des nématodes. Ces laves après leur dessiccation, ils peuvent résister pendant longtemps dans le sol sans la plante hôte (Sikora *et al.*, 2005). Elles restent en état d'anhydrobiose (Sayre, 1962 ; Sturhan., Brzeski, 1991 ; Kühnhold, 2011). Le nématode à ce stade desséché peut survivre au passage dans les ruminants sur les semences infestées (Palmisano *et al.*, 1971 ; Stoddard, 2010).

Au fur et à mesure du développement de la maladie, les tissus contaminés se nécrosent et un grand nombre d'individus migrent vers le sol et infestent les plantes voisines. Après la récolte, les individus, principalement au 4<sup>ème</sup> stade larvaire (état d'anhydrobiose) persistent dans le sol et peuvent provoquer la réinfection d'une

culture hôte (Raynal, 1989). En effet, *Ditylenchus dipsaci* a un stratégie rapide, déshydratation en état de vie ralentie viable pendant une dizaine d'années ainsi que dans les lots de semences, dans les débris végétaux, et dans le sol (Greco, 1991).

### **2.5. Les races de *Ditylenchus dipsaci***

Il a été souligné par de nombreux auteurs que *Ditylenchus dipsaci* est composé de 30 races biologiques (Eriksson, 1974 ; Eriksson et Granberg, 1969 ; Kühnhold, 2011). Deux d'entre elles sont rencontrées et identifiées sur fève : la race géante et la race normale sur lesquelles des travaux ont été réalisés, fondés sur de nouvelles approches s'appuyant sur l'identification par des techniques moléculaires largement applicable dans l'identification des nématodes. Les deux races présentent des différences significatives du matériel génétique et peuvent ainsi être considérées comme deux espèces distinctes (Esquibet *et al.*, 2003).

Cependant, de nouvelles études phylogénétiques ont montré que la plupart des isolats de nématodes à partir de plantes agricoles, ornementales et de plusieurs plantes sauvages formaient un clade et devrait être considérés comme *Ditylenchus dipsaci stricto sensu* pour la race normale.(Subbotin *et al.*, 2005).

Volvas *et al.*, (2011), en se basant sur des caractères morphologiques et moléculaires obtenus à partir de plusieurs populations de *Ditylenchus dipsaci* sur fève de la race géante, originaires de différentes régions géographiques, ont distingué : *Ditylenchus dipsaci* gigas n.sp.

Les races de *Ditylenchus* se composent d'un certain nombre de races biologiques et de populations d'hôtes préférentiels qui pourrait représenter le statut d'espèce différente (Sturhan & Brzeski, 1991).

Voici l'explication : Certaines races biologiques ne s'attaquent qu'à des hôtes spécifiques, tandis que d'autres peuvent envahir plusieurs, par exemples : Les races de nématodes d'avoine et de betterave se reproduisent sur les deux cultures mais ne parasitent pas les cultures de luzerne et du trèfle.

## 2.6. Symptômes et dégâts

Le *Ditylenchus dipsaci* pénètre à la base des tiges et provoque soit des gonflements ou bien des déformations des feuilles et des pétioles primaires, survenant plusieurs semaines après le semis.

- **Divers symptômes sur fève et féverole**

*Ditylenchus dipsaci* provoque des gonflements et des déformations des tissus caulinaires ou bien des lésions qui virent au marron rougeâtre puis au noir, suivant le cultivar et les facteurs d'environnement. Les gousses nouvellement formées virent au marron obscure. Les lésions entourent la tige et leur longueur augmente, elles se dirigent souvent vers le bord d'un entre-nœud. La nécrose des feuilles et des pétioles est également courante en cas de forte infestation, mais c'est un symptôme aisément confondu avec une attaque de champignons foliaires.

Les semences infestées sont plus sombres, plus petites et peuvent avoir de petites taches répandues sur toute leur surface. Les fortes infestations tuent souvent les pousses principales, ce qui stimule la formation de repousses secondaires. La race dite « géante » provoque les symptômes les plus graves sur fève et féverole (Sikora *et al.*, 2005).

Au champ, les attaques peuvent revêtir plusieurs formes. Lorsque le sol constitue la source primaire, on observe des zones attaquées plus ou moins localisées, souvent de forme allongée qui atteignent plusieurs dizaines de mètres et fréquemment, elles correspondent à des parties plus humides (Raynal, 1989).

L'évaluation des symptômes est importante car l'effet de la résistance est mesurable au niveau de l'expression des symptômes ou du développement de l'épidémie (Deadman, 2006 ; Houssard *et al.*, 2010). Le développement et la reproduction des nématodes sont liés linéairement à la température dans des conditions optimales de croissance des végétaux (Griffith *et al.*, 1997).

- **Dégâts**

Les nématodes provoquent des dégâts considérables sur les grandes cultures à travers le monde. En effet, pratiquement, aucune culture n'échappe à l'attaque d'au moins une espèce. Les dégâts occasionnés conduisent à :

- Des baisses de rendement ;
- Des problèmes de qualité des plantes (aspect) qui les rendent impropres à la commercialisation ;
- Une augmentation d'irrigation pour pallier aux perturbations subies par le système racinaire des plantes parasites.

## **2.7. Moyens de lutte contre les nématodes**

Dans les systèmes culturaux où les rendements ne correspondent pas aux objectifs fixés. Il est essentiel d'établir un diagnostic, ensuite, des mesures d'intervention adaptées permettront de maintenir les densités de populations au-dessus des niveaux nuisibles.

### **2.7.1. Mesures prophylactiques**

La base de lutte contre les nématodes durables est de maintenir un sol sain. Notons que la contamination des graines par *Ditylenchus dipsaci* est assurée par la dissémination du parasite sur d'autres parcelles. Cette dissémination doit être limitée en réalisant les actions suivantes :

- \* Commercialiser des semences certifiées ;
- \* Utiliser du matériel végétal sain ou traité ;
- \* Eviter le transport de terre ;
- \* Maintenir des parcelles propres (éliminer les résidus de culture et les mauvaises herbes qui peuvent être des hôtes aux nématodes) ;
- \* Gérer activement la biologie du sol en utilisant des pratiques de travail minimum de ce dernier.
- \* Des rotations culturales dans lesquelles des plantes sensibles alternent avec des plantes non hôtes (Cauble et Esquibet, 1995). La rotation est insuffisante pour réduire les populations, car, *Ditylenchus dipsaci* possède une très large gamme d'hôtes, elles peuvent s'installer non seulement sur de nombreuses cultures mais aussi sur les adventices (Cauble et Esquibet, 1995). Aussi, avec l'application des intervalles de courte rotation et les influences climatiques, les populations de nématodes peuvent atteindre des densités élevées dans quelques années.

- \* L'utilisation des variétés résistantes aux nématodes (Sikora *et al.*, 2005).
- \* A une interdiction d'exportation des produits agricoles (si les échantillons contiennent des nématodes de quarantaine) du fait du statut de quarantaine de certaines espèces de nématodes afin de ne pas les introduire dans le pays (Blanchard, 2006).
- \* Nettoyer le matériel après un travail dans une parcelle contaminée (Caporalino *et al.*, 2009).

### **2.7.2. Les méthodes de lutte physique**

La thermothérapie à l'eau chaude :

- \* Les *Ditylenchus* mobiles sont tués en 2 heures à 43 C° et en une heure à 44C°. Ce sont les températures que l'on choisira pour le traitement des échalotes.(Whitehead, 1997).On ajoute aussi un fongicide à l'eau de trempage. Pour *Ditylenchus dipsaci* en anhydrobiose, on pratique un pré-trempage des bulbes de 12 heures dans l'eau avant l'application d'une thermothérapie (Messiaen, 1993) sur les champs.
- \* La solarisation du sol : C'est une procédure hydrothermale qui se fait en sol humide couvert d'un film plastique et exposé au soleil pendant les mois chauds. Le processus de chauffage et l'efficacité de la solarisation du sol dans le contrôle des ravageurs sont en fonction de la relation entre le temps et la température. (Barkat, 2005). La solarisation réduit les pathogènes du sol : *Fusarium, Verticillium, Pythium et Rhizoctonia*, les graines de mauvaises herbes et les nématodes (Guet, 2003).

### **2.7.3. Les méthodes de lutte biologique**

Il existe de façon naturelle dans le sol, un nombre relativement important de microorganismes, champignons et nématodes qui parasitent ou se nourrissent de nématodes ou bien qui réduisent les populations de ces derniers par leur comportement antagoniste (Siddiki et Irshad, 1996).L'inconvénient d'utiliser cette technique réside dans les contraintes liées à son utilisation pratique : formulation, stockage et son maintien dans le sol et les conditions particulières pour son implantation dans le sol (pH, salinité, nombre et pouvoir compétitif des antagonistes). (Carpolino, 2009).

### ◆ *Les Champignons prédateurs*

Le mycélium de ces champignons est pourvu de ramifications formant des boucles, ou anneaux sécrétant une glu. Lors de ses déplacements, le nématode peut se trouver piégé dans ce réseau mycélien (Roger, 1990). On peut citer comme exemple, l'efficacité du champignon *Dactylella lysipagavis*-à-vis des juvéniles de *Ditylenchus dipsaci*. (Khan *et al.*, 2006 ; Belaid, 2007) et les deux genres *Hirsutella rhossiliensis* et *verticillium balanoides* (Hay *et al.*, 1997).

#### **2.7.4. Utilisation de plantes nématicides**

Plus de 200 espèces de plantes sont signalées pour leurs propriétés nématicides. Les substances actives peuvent être exsudées au niveau racinaire et agir soit en inhibant la pénétration des juvéniles, l'éclosion des œufs, soit en empoisonnant les nématodes. (Caporalino *et al.*, 2009).

Des études ont également porté sur l'activité nématicide des extraits de plantes ou d'huiles essentielles (Oka *et al.*, 2000 ; Mitoslav *et al.*, 2009). L'éventail des substances testées durant ces dernières années comprend des huiles végétales de certaines espèces de la famille des *Lamiaceae*, telles que : *Origanum compactum*, *Thymus vulgaris*, *Origanum vulgare* (Mitoslav, 2009).

En Algérie, des études de Belide (2007) et Saadi (2008) ont porté sur l'efficacité des extraits de plantes : *Artemisia herbaalba* (Asso.) (Asteraceae), *Ruta graveolens* (Rutaceae), *Ocimum basilicum* (Lamiaceae), *Tagetes patula* (Asteraceae), *Melia azedarach* (Meliaceae), *Lantana camara*. (Verbenaceae) qui présentent une activité nématicide et le pourcentage de mortalité augmente lorsque la concentration et la période d'exposition augmentent.

#### **2.7.5. La lutte chimique**

L'application des produits chimiques est difficile, de plus ils sont coûteux et toxiques (Caporalino, 2009). Les plus utilisés sont les fumigants du sol, les nématicides les organophosphorés et les carbamates qui sont aussi des insecticides. Cependant, leur toxicité pour l'environnement réside dans les débris toxiques dans les parties comestibles de la plante (Blanchard, 2006).

## **.7.6. La lutte génétique**

La lutte génétique contre les maladies des plantes repose sur l'amélioration et/ou la création de variétés cultivées en introduisant des gènes de résistance dans des lignées cultivées d'espèces sauvages apparentées. Cette stratégie repose sur les connaissances des mécanismes moléculaires de résistance des plantes (Le Roux, 2008).

Une autre stratégie vise à mimer une attaque parasitaire afin d'activer les mécanismes de l'immunité et ainsi à préparer la plante à se défendre. Une attaque parasitaire peut être mimée en traitant les plantes par des microorganismes non-pathogènes ou par des molécules élicitrices d'origine végétale ou microbienne (Jaulne, 2010).

La création de variétés qui résistent aux parasites est un moyen de lutte, néanmoins, les pathogènes peuvent se révéler capables de contourner les résistances introduites dans ces variétés (Montarry, 2007). Pour les nématodes, les recherches actuelles de résistance des plantes aux nématodes sont souvent d'une grande spécificité pour une seule espèce et ne sont efficaces que contre cette espèce de nématode. De ce fait, il y a un risque de modification d'équilibre des populations des nématodes dans le sol (Blanchard, 2006).

## **2.7.7. La lutte intégrée**

La lutte intégrée consiste en l'emploi combiné et raisonné de toutes les méthodes pouvant exercer une action régulatrice sur les divers ravageurs d'une culture de façon à maintenir à un niveau assez bas leur population, pour que les dégâts occasionnés soient économiques et tolérables (Roger, 1990).

Avec sa grande capacité de multiplication sur les plantes cultivées et les mauvaises herbes telle que : *Avena sterilis* (Augustin, 1989), sa capacité à survivre de longues périodes à l'état larvaire, *ditylenchus dipsaci* reste un ravageur difficile à lutter. De plus, l'utilisation de variétés résistantes est à l'heure actuelle, l'alternative la plus fiable, la plus rentable pour réduire les populations de nématodes phytophages sous le seuil de nuisibilité (Castagnone-Sereno, 2011). Il est impératif d'utiliser une combinaison de méthodes. La rotation des cultures est une lutte efficace contre les mauvaises herbes de même que l'utilisation des bulbes et des semences certifiées, ainsi que la lutte chimique (Whitehead, 1997).

# **Chapitre 3 :**

## **Résistance de la plante**

## **Chapitre 3 : Résistance de la plante**

### **3.1. Introduction**

Tout phénomène, qui, chez un végétal, interdit ou limite le développement d'un parasite est appelé résistance, Cette propriété, propre à un couple hôte-parasite, se traduit par un effet mesurable au niveau de la maladie et/ou de l'épidémie.(Rapilly, 1991).

### **3.2. Interaction plante - microorganismes**

Les végétaux doivent faire face à une multitude d'agressions d'ordre abiotique ou biotique. Ils ont développé des mécanismes adaptatifs vis-à-vis de ces facteurs environnementaux. Ainsi, la plupart des plantes sont assez résistantes à la majorité des agents pathogènes avec lesquels elles sont en contact. Elles possèdent une résistance et/ou une tolérance naturelle aux agents pathogènes, herbivores et insectes.

Les plantes ne possèdent pas un système immunitaire mobile comme les animaux, mais elles ont développé dans leur évolution, une immunité innée au niveau de leurs cellules, ainsi que des signaux systémiques produits au site d'infection et capables de migrer dans la plante.(Jones et Dangle, 2001) (Fig n°6). L'interaction entre un organisme parasite potentiel et une plante peut avoir différents résultats. Parmi les interactions, on peut distinguer trois types :

#### **3.2.1. Interaction non-hôte**

Réaction non hôte : Incompatibilité entre tous les génotypes d'une espèce végétale et tous les génotypes d'un parasite déterminé. Elle se manifeste par une incapacité de l'espèce du pathogène à infecter cette espèce de plante (Duran-Tardif et Pelletier, 2003 ; Lepoivre, 2003). Ce type d'immunité est parfois limité dans le temps et est très fréquent dans la nature. Il représente un intérêt majeur dans le sens où les sélectionneurs pourraient la transférer à l'aide des technologies modernes, d'une plante à une autre, ou d'une espèce sauvage à une plante cultivée (Heath, 2000 ; Kamoun, 2001).

#### **3.2.2. Interaction incompatible**

Une interaction est incompatible entre un hôte résistant et un agent pathogène même si l'espèce végétale est un hôte pour l'agent pathogène. L'interaction incompatible est

considérée comme un évènement spécifique qui nécessite l'interaction des produits de deux gènes (Montserrat, 2009). Lorsque la croissance du parasite et la colonisation de l'hôte s'arrêtent précocement (Lepoivre, 2003).

C'est Flor dans les années 1950 qui a mis à jour le système gène pour gène (Tableau n°6) en analysant le pathosystème de la rouille du lin (Causée par *Melampsora lini*) d'où le concept gène-pour-gène selon lequel le produit d'un gène de résistance (R) reconnaît le produit d'un gène d'avirulence (Avr) de l'agent pathogène correspondant .

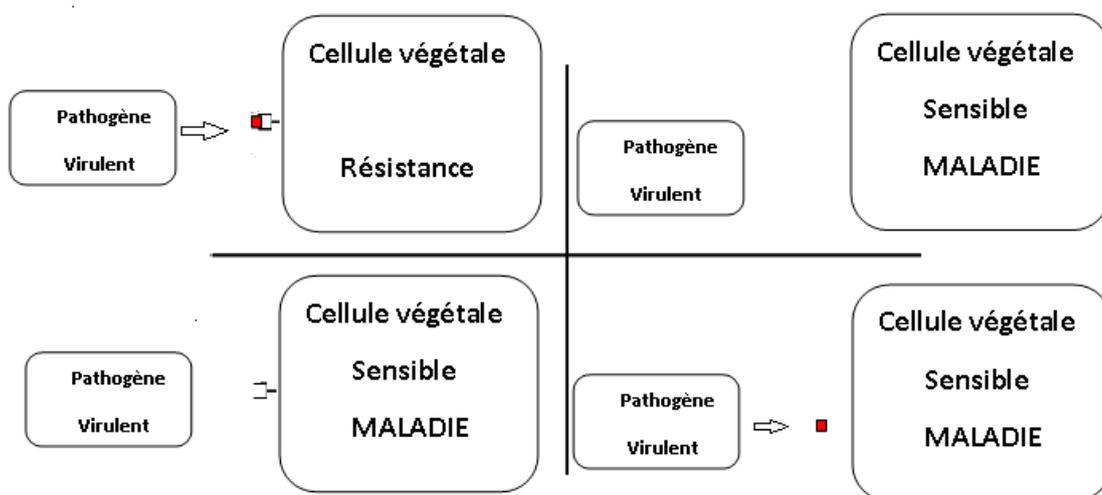


Fig n°6: Schématisation de la relation gène-pour-gène qui conditionne la résistance spécifique des plantes aux maladies d'après Staskawicz *et al.*, (1995).

Tableau n°6 : Modèle génétique de Flor

	Génotype de la plante hôte		
Génotype de l'agent pathogène		R1-r2	R1-R2
	Avr1-avr 1	Incompatible	Compatible
	Avr1-Avr 2	Compatible	Incompatible

(Noir et Lashermes., 2000).

### 3.2.3. Interaction hôte compatible :

L'interaction compatible entre une plante hôte et un agent pathogène virulent résulterait de l'absence d'induction de mécanismes de défense de leur suppression, de leur contournement ou de leur ralentissement par les biotypes.(Mougou, 2009). Au sein d'une

espèce de plante sensible à une espèce de pathogène, on décrit l'interaction hôte-parasite qui aboutit à une multiplication plus ou moins active du pathogène et à une colonisation de tout ou une partie de l'hôte par ce dernier. La plante hôte est sensible ; elle présente des symptômes de la maladie et éventuellement, des dégâts agronomiques(Duran-Tardif et Pelletier, 2003 ; Lepoivre, 2003).

L'interaction compatible se produit entre un hôte sensible ou de tolérance modérée et un agent pathogène (Agrios, 2005). La tolérance n'est pas une forme de résistance, elle correspond à la capacité d'une plante à subir une maladie sans que celle-ci n'affecte le rendement ou la qualité de cette plante.(Schafer, 1971 ; Travadon, 2008). On observe une réduction du développement du parasite ou un retard dans l'apparition de ses structures de reproduction. Cela se traduira par une diminution de l'intensité des symptômes comparés à ceux observés chez un génotype sensible. Chez une plante sensible, le développement du parasite se traduira par l'apparition rapide de symptômes qui conduiront éventuellement à la mort de la plante (Djebali, 2008). Ainsi, la plante sensible ne réagit que tardivement à l'invasion et par conséquent, les dégâts sont très importants (Suty, 2010).

### **3.3. Les type de mécanisme de défense**

Pour faire face à la multiplication des pathogènes, les plantes ont mis en place des réactions de défense permettant à la plupart d'entre elles de lutter contre les infections provoquées par un grand nombre de pathogènes. Ces défenses peuvent être résumées comme suit:

#### **3.3.1. Mécanismes préformés**

Parmi les mécanismes de résistance de la plante face aux agents pathogènes. Il existe des barrières physiques préformées de la plante. C'est une première ligne de défense préformée pouvant se retrouver à différents niveaux et recouvrant la surface des organes de la plante (Racine, tige). Ces barrières physiques sont : la cuticule, l'épiderme et l'écorce (Dubreuil, 2010).

De plus, les parois pecto-cellulosiques constituées de fibres de cellulose et de pectine, entourent chaque cellule végétale, ce qui inhibe la plupart des microorganismes de pénétrer. Un grand nombre d'agents pathogènes établit un contact physique intime avec les cellules de la plante hôte, nématodes et pucerons, et se nourrissent par l'insertion directe d'un stylet dans la plante à travers la paroi cellulaire (Göhre et Robatzek, 2008)( Fig n°7).

Ces barrières préexistantes peuvent être contournées par les micro-organismes où le pathogène doit recourir aux ouvertures naturelles (stomate, blessures...) afin de pénétrer dans la plante. Une fois que l'agent pathogène est rentré dans la plante, le pH bas, des enzymes de dégradation ou des composés chimiques (toxines, composés antimicrobiens) produits par la plante permettent de restreindre l'infection pour certains parasites comme les champignons (Wittstock, 2002 ; Compant, 2007).

### 3.3.2. Résistance induite

Après les mécanismes passifs de défense, les agents pathogènes doivent faire face à un deuxième obstacle, les mécanismes de défense inductible. La perception d'un agresseur conduit à la mise en place d'une cascade d'événements de signalisation cellulaire, qui déclenche des réponses spécifiques de défense afin de prémunir la plante contre des attaques ultérieures. Ce type de réponse est appelée résistance active (Dubreuil, 2010). En plus, les plantes emploient des systèmes de reconnaissance et de signalisation capables de détecter rapidement l'invasion d'un pathogène et aussi une initiation vigoureuse de réaction de défense (Schaller, 1996 ; Mazid *et al.*, 2011).

Ils participent à l'expression d'une résistance locale (*réaction d'hypersensibilité*) « *hypersensitive response (HR)* », ou à une résistance systémique induite ou acquise « *Induced Systemic Resistance (ISR), Systemic Acquired Resistance (SAR)* » (Noir et Lashermes, 2000).

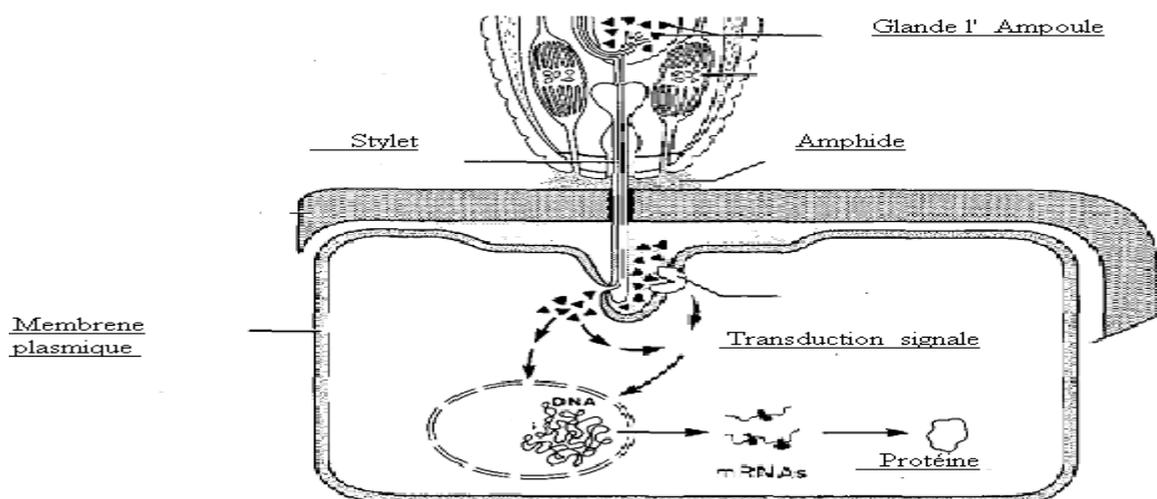


Fig n°7: Modèle d'interaction potentielle entre les produits des sécrétions des nématodes et la cellule végétale. (d'après Davis et al. 2004).

### **3.4. La reconnaissance de l'agent pathogène**

Malgré les grandes différences dans leurs modes de vie, les agents pathogènes interagissent physiquement avec la plante hôte, ce qui conduit à la génération des blessures et à la libération des composants de la surface des plantes. Cela permet à la plante de reconnaître l'invasion. La reconnaissance des agents pathogènes chez les plantes se base sur la détection de l'agent pathogène comme étant « non-soi » ou du soi altéré (Sanabria *et al.*, 2008). La vitesse de détection est fondamentale dans la résistance des plantes car, une détection trop lente est souvent responsable de la sensibilité de la plante (Janes et Dangle, 2006).

Les plantes développent deux types de résistance non spécifique et spécifique. Ces deux types définissent deux branches de l'immunité innée chez les plantes. Ces derniers s'inscrivent dans un processus d'évolution des mécanismes de défense des plantes vis-à-vis des pathogènes (Janes et Dangle, 2006).

La résistance non spécifique peut être déclenchée lors d'interactions entre un grand nombre d'espèces végétales et de microorganismes, grâce à la perception des molécules de nature variée qui sont des signatures moléculaires d'agresseurs, appelées éliciteurs. Ces derniers sont aussi regroupés sous le terme de PAMPs (Pathogen-Associated Molecular Pattern) ou MAMPs (Microbe-Associated Molecular Pattern) (Dubreuil, 2010) et sont reconnus à la surface de la plante par des récepteurs de la plante appelés PRRs (Pattern-Recognition Receptors) (De lorenezo *et al.*, 2011).

La résistance spécifique est basée sur une interaction de type gène pour gène où, seuls, certains facteurs d'avirulence, sont reconnus spécifiquement par l'éliciteur race-spécifique qui induit les réponses de défense uniquement dans les cultivars spécifiques (Nürnberg, 1999).

#### **3.4.1. La reconnaissance non spécifique**

La résistance non spécifique a été décrite comme résistance quantitative. Elle résulte de la reconnaissance d'éliciteurs généraux. Ces molécules peuvent être d'origine endogène, dérivées de la plante (dégradation de la paroi cellulaire végétale) ou exogène, dérivées du pathogène. (Suty, 2010). Ces éliciteurs sont : Pathogen Associated Molecular Patterns et Microbe-Associated Molecular Patterns « PAMPs/MAMPs » (Giovanni *et al.*, 2011).

Les MAMPs sont des structures moléculaires conservées lors de l'évolution, présentes uniquement chez les microorganismes et absentes chez les plantes. Elles jouent un rôle important dans la vie microbienne (Bolton, 2009) et sont de nature diverse.

Par contre, plusieurs PAMPs présentes sur des composés protéiques ont été identifiées, dont la plus connue d'entre elles est la flagelline bactérienne. Ces molécules sont de nature chimique très variée. On trouve des éliciteurs polysaccharides comme la bêta-glucanes ; des glycoprotéines, Mannose et glucose, et des éliciteurs lipidiques comme les Triglycérides (Lepoivre, 2003).

Cette résistance quantitative est gouvernée par des QTL (Quantitative Trait Loci) (Turnier, 2008). La découverte des marqueurs moléculaires et des données issues de l'analyse des génomes a permis une avancée considérable dans l'identification des gènes responsables de l'expression de la résistance quantitative avec notamment l'apparition du concept de cartographie des QTL (Yong in 2000 ; Montserrat, 2009) (Fig n°8). La reconnaissance spécifique correspond aussi à ce que l'on appelle le système d'immunité basal (Dangl et Jones, 2006).

### **3.4.2. La reconnaissance spécifique**

Cette forme de résistance, dite qualitative est également qualifiée de résistance verticale. La résistance qualitative des végétaux met en jeu des gènes majeurs et chaque gène de résistance (R) (caractère dominant) reconnaît spécifiquement le produit d'un gène d'avirulence (Avr) (caractère dominant) du parasite, définie pour la première fois par Flor en 1955. Cette relation « gène pour gène » a été reportée dans plusieurs autres combinaisons des interactions entre hôtes-parasites. (Hammond et Kosak, 1997 ; Bahri, 2008).

Ce modèle a d'abord été présent comme un modèle de type « récepteur-ligand » dans lequel, les produits des gènes R seraient les récepteurs spécifiques des produits des gènes Avr. D'une manière générale, les gènes Avr codent soit :

1/ Pour les produits ayant une activité élicitrice directe, des réponses de défense (Leach, 1996), tel que le gène Avr 9 isolé du champignon *Cladosporium fulvum* induisent une réaction d'hypersensibilité (HR) sur tomate portant respectivement des gènes de résistance Cf-4 et Cf-9.

2/ Pour les enzymes impliquées dans la synthèse de molécules élictrices : Exp Avr D de *Pseudomonas syringae* qui code pour une enzyme impliquée dans la synthèse de dérivés lipidiques responsables d'induction de réaction d'hypersensibilité (HR) dans les plantes

de soja (Alfano, 2004). L'absence ou la déficience de l'un de ces gènes chez la plante conduit à la maladie (compatibilité).

L'interaction conduit à une réponse spécifique, car elle s'exprime vis-à-vis de certaines races du parasite, de type « tout ou rien ». Selon ce concept, lorsque la plante détecte la présence de l'agent pathogène et parvient à le neutraliser, la plante est dite résistante et l'agent pathogène est dit avirulent. Des gènes de résistance induiraient une cascade d'événements biochimiques aboutissant à la résistance (Dron *et al.*, 1995 ; Montray, 2007).

Le pathogène perd considérablement sa capacité à croître et à se multiplier et souvent, la plante produit une Réponse Hypersensible (HR) (Agrios, 2005). La HR est une réaction de défense locale caractérisée par la mort de l'agent pathogène. Elle entraîne la formation de nécrose se développant rapidement autour de l'agent pathogène et limitant sa propagation (Dangl et Jones, 2006). La HR est une forme de mort cellulaire programmée.

Cette réponse est induite par des signaux provenant des cellules infectées et pour conséquence une résistance dans les cellules proximales non attaquées. Cette réaction constitue la résistance locale acquise (LAR, Local Acquired Resistance). Suite à la résistance locale acquise, une résistance au niveau systémique se met en place : résistance acquise systémique (SAR, Systemic Acquired Resistance) (Marchive, 2006).

La SAR peut protéger les différents organes de la plante tels que : les feuilles, les tiges et les fleurs ou les fruits contre une attaque ultérieure par un pathogène (Van loon, 2006 ; Compant, 2007) (Fig n°8).

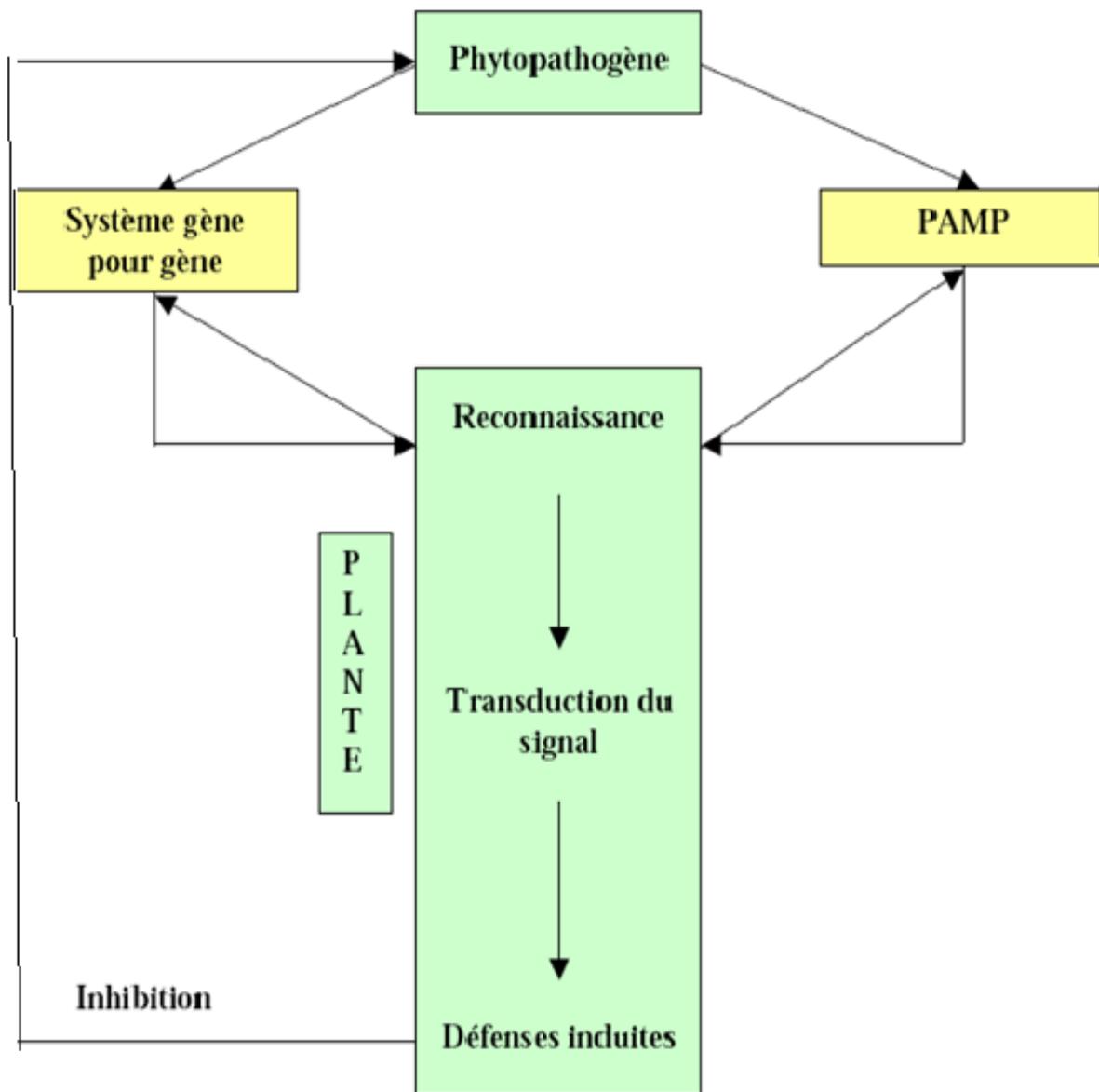


Fig n°8 : Illustration du phénomène de résistance induite par l'agent pathogène (Compant., 2007)

### 3.4.2.1. Les Gènes d'avirulence

Depuis les années 1990 et avec le développement des techniques de biologie moléculaire, l'isolement et le clonage de nombreux gènes de résistance et d'avirulence montrent que la plupart des gènes de résistance codent pour des protéines qui se comportent comme des récepteurs qui reconnaissent les produits des gènes d'avirulence (Laugé et De Wit, 1999 ; Bahri, 2008). Ces derniers, codent pour des protéines qui possèdent une activité élicitrice spécifique aux cultivars de la plante qui possèdent les récepteurs races spécifiques correspondants (Montesono *et al.*, 2003 ; Cazaux, 2009).

Le premier gène d'avirulence isolé a été *AvrAPseudomonas syringaepv.glycinea* race 6, (Staskawicz *et al.*, 1984). Ce gène induit l'hypersensibilité dans les cultivars de soja, portant le gène de résistance *Rpg2*.

### 3.4.2.2. Les gènes de résistance

Plus de 55 de gènes R ont été clonés à partir des plantes mono et dicotylédones (Martin *et al.*, 2003 ; Hammond-Kosack et Kanyuka, 2007).

Les produits des gènes : Ces protéines sont généralement composées d'un domaine récepteur et d'un domaine effecteur, ils sont répartis en plusieurs familles selon les différents domaines protéiques qui les constituent (Fig n°8) (Nimchuck *et al.*, 2003 Marchive., 2006).

Les gènes de résistance sont très nombreux dans le génome des plantes, ils sont généralement composés d'un domaine récepteur et d'un domaine effecteur (éliciteur après être reconnu par le gène de résistance correspondant) (Marchive, 2006) (Tableau n°7).

Quatre classes de gènes *R* majeures ont été définies sur la base des différentes associations des domaines conservés (LRR, NBS, LZ, TIR et Ser/Thr Kinase). Mais, certains gènes de résistance n'appartiennent à aucune de ces quatre classes. C'est le cas, par exemple du gène *Hm1*, chez le maïs (tableau n°8) (Noir, 2000) et *Asc 1* (Van Ooijen, 2007).

**Tableau n°7 :** Les quatre classes de gènes R définies sur la base des domaines de protéines conservées (Noir, 2000).

Classe	Gène de résistance	Plante	Agent pathogène	Structure
I	RPS2	<i>Arabidopsis</i>	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tomato</i>	LRR-NBS-LZ
	RPM1	<i>Arabidopsis</i>	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>maculicola</i>	LRR-NBS-LZ
	Prf	Tomate	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tomato</i>	LRR-NBS-LZ
	Mi	Tomate	<i>Meloidogyne</i> spp.	LRR-NBS-LZ
	N	Tabac	Tobacco Mosaic Virus	LRR-NBS-TIR
	L6	Lin	<i>Melampsora lini</i>	LRR-NBS-TIR
	M	Lin	<i>Melampsora lini</i>	LRR-NBS-TIR
	RPP5	<i>Arabidopsis</i>	<i>Peronospora</i> sp.	LRR-NBS-TIR
	I2C	Tomate	<i>Fusarium oxysporum</i>	LRR-NBS
Rp1-D	Maïs	<i>Puccinia sorghi</i>	LRR-NBS	
II	Cf-9	Tomate	<i>Cladosporium fulvum</i>	LRR
	Cf-2	Tomate	<i>Cladosporium fulvum</i>	LRR
	HS1 <sup>pro-1</sup>	Betterave	<i>Heterodera schachtii</i>	LRR
III	Pto	Tomate	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tomato</i>	Protéine kinase
IV	Xa21	Riz	<i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i>	LRR-PK

La résistance au nématode *Ditylenchus dipsaci* de la luzerne est due à l'interaction de deux gènes dominants appartenant à quelques locus. (Eling, 1979 ; Janssen, 1993). Le gène Gro1-4 chez la pomme de terre confère la résistance aux nématodes à kyste (*Globodera rostochiensis*).

### 3.4.2.3. Les récepteurs des effecteurs de type AVR

Différents types de récepteurs sont impliqués dans la perception du pathogène. Tous, cependant possèdent un domaine LRRs (Leucine Rich Repeats) (Chisholm *et al.*, 2006). On distingue les récepteurs avec des LRRs extracellulaires et la plupart de ces récepteurs, appelés PRRs (Pattern Recognition Receptors) reconnaissent les PAMPs Pathogen-Associated Molecular Patterns », (Zipfel, 2008 ; dubreuil, 2010). D'autres récepteurs sont intracellulaires, de type NB-LRR (Nucleotide Binding-Leucine Rich Repeat) (Hammond, 2003).

Les produits de gènes de résistance peuvent ne pas se lier directement aux produits des gènes d'avirulence. C'est l'hypothèse de cellules de «garde», ce qui implique la présence de protéine R dite de garde et une protéine cible reconnue par la protéine Avr. Cette dernière ne serait pas la cible de la protéine R mais ferait partie d'un complexe incluant la protéine de garde médiante.(Dangl, 2001).

#### **3.4.2.4. Les gènes de résistance aux nématodes clonés**

Les nématodes les mieux étudiés sont ceux à kyste et à galles, vu leur importance économique. La résistance des plantes aux nématodes se définit comme l'aptitude de la plante à réduire ou à empêcher la reproduction du nématode.(Castagnone-Serono, 2002 ; NGuessan, 2007 ; caromel, 2004).

Selon Blanchard (2006), les deux stratégies de création de résistance artificielle aux nématodes sont soit, l'empêchement du développement de la résistance par la destruction et ou l'atténuation spécifique du fonctionnement du site nourricier des nématodes, soit le ciblage direct du nématode (locomotion, perception chimiosensorielle, neurotransmission, mue, digestion, reproduction et développement).

Les gènes de résistance identifiés au sein de différentes espèces végétales interviennent lors d'une résistance spécifique de type gène pour gène. Une quinzaine de gènes de résistance spécifique aux nématodes endoparasites ont été identifiés et cartographiés(Noir, 2002) (Tableau n°8).

**Tableau n°8** : Gènes de résistance aux nématodes endoparasites sédentaires clonés

Gène	Plante	Nématode
Clonés		
Hs 1 <sup>pro-1</sup>	Betterave	Nématodes à Kyste de la betterave : <i>Heterodera schachtii</i>
Mi-1	Tomate	Nématodes à galle : <i>Meloidogyne incognita</i> , <i>Meloidogyne javanica</i> et <i>Meloidogyne arenaria</i>
Hero A	Tomate	Nématode à Kyste de la pomme de terre : <i>Globodera rostochiensis</i> pathotypes: Ro1, R02, R03, R04, Ro5 ; <i>Globodera pallida</i> pathotypes : Pa1, Pa2/Pa3
Gpa 2	Pomme de terre	Nématode à Kyste de la pomme de terre : <i>Globodera pallida</i> (populations D383 et D372).
Gro1-4	Pomme de terre	Nématode à Kyste de la pomme de terre : <i>Globodera rostochiensis</i> , pathotype Ro 1.
Rhg1 et Rhg 4	Soja	Nématode à Kyste du soja ( <i>Heterodera glycines</i> )

(Williamson *et al.*, 2006).

### 3.5. Mécanisme de signalisation

La reconnaissance mutuelle entre un microorganisme et son hôte est basée sur une communication moléculaire (Jourdan, 2008).

Suite à la reconnaissance des MAMPs (Microbial-Associated Molecular Pattern, la plante va exprimer des réactions de défense de nature similaire, bien que les MAMPs soient de composition très différente. Ces réactions de défense comprennent des variations de concentration du calcium cytoplasmique, l'activation de la cascade des MAPK. (MAP kinases), la production de phytoalexines, des formes actives d'oxygène (ROS) et d'oxyde nitrique (NO), un dépôt de callose pour renforcer la paroi ou encore la fermeture des stomates pour empêcher l'entrée du pathogène et l'activation des PR protéines « Pathogenesis-Related *proteins* » (He *et al.*, 2007).

# **Partie II**

## **Expérimentation**

# **Chapitre 4 :**

## **Matériel et méthodes**

## Chapitre 4 : Matériel et méthodes

### 4.1. Site d'étude

L'essai a été réalisé au département d'Agronomie de l'université Mohamed khider. Une série d'expérimentations a été faite au niveau de la serre de celui ci.

### 4.2. Dispositif expérimentale

Les pots ont été distribués selon un modèle de bloc aléatoire complet (Fig n° 10). Le dispositif a été réparti en quatre blocs avec quatre répétitions. Les graines ont été semées dans des pots de volume de 15 kg à raison de trois poqués (2 graines/poqué) pour chaque population. Le sol utilisé dans les pots, est un mélange de 2/3 de sol et 1/3 de tourbe. Le sol utilisé a été désinfecté par phostoxine à raison de 3m<sup>3</sup> du sol /1g.



Fig n°9 : Dispositif expérimentale

### 4.3. Conduite de l'essai

Le tableau n° 9 reprend l'itinéraire technique suivi au courant de notre expérimentation.

**Tableau n° 9 : Calendrier technique**

Opérations	période / fréquence	Observations
Préparation du sol	15 septembre	-
Semis	19/09/10	-
Semis	10/10/10	Un deuxième semis a été réalisé
Irrigation	1fois par semaine	
Inoculation	2 novembre 2010	Concentration de l'inoculum : 50 nématodes/5 ml.
	2 janvier 2011	Concentration de l'inoculum : 30 nématodes/5 ml.
Buttage	1 Seul fois	Stade de ramification des plants.
Arrachage des plants	20/04/ 2011	Chaque plant est arraché individuellement.

#### 4.4. Collecte et préparation du matériel végétal

Les nématodes sont plus abondants dans les plantes lorsque les semences sont contaminées au départ. Après la récolte, une très faible fraction de nématodes est retrouvée dans le sol et la plus grande partie de *Ditylenchus dipsaci* est présente à l'intérieur des tissus végétaux, particulièrement dans les gousses et les graines (Cauble *et al.*, 1995). Les nématodes restent viables plus de trois ans dans les semences infestées (Hananoik, 1991). Elles jouent un rôle important dans la propagation de *Ditylenchus dipsaci* (Gerco *et al.*, 1990). Les graines de fève utilisées dans notre essai ont été traitées chimiquement par fumigation à base de phostoxine (PH3) à une concentration de 3g /m<sup>3</sup> afin d'éliminer *Ditylenchus dipsaci* et semis des graines saines.

Les semences testées dans cette expérimentation sont des populations locales collectées auprès des agriculteurs privés des communes représentatives des principales régions de culture de fève à Biskra où, au total, nous avons collectés les semences de 7 populations (Ain Naga, Biskra, Doucen, Guartta, Sidi Okba et Tolga) (Fig n° 10). La variété Séville est considéré, comme variété de référence de résistance et a été utilisée comme témoin dans notre essai.



Fig n°10 : Wilaya de Biskra

#### 4.5. Evaluation de la résistance des plantes aux nématodes

La résistance d'une plante aux nématodes a été définie comme l'aptitude de la plante hôte à réduire ou à prévenir la reproduction du nématode (Trudgill 1991, Caromel 2004). Ce phénomène est corrélé avec la réponse individuelle des plantes après l'inoculation artificielle (Cauble, 1994).

Afin de collecter le maximum de données indicatrices d'une éventuelle résistance, nous avons procédé à l'inoculation des plantes individuellement par *D. dipsaci*. L'inoculation a été réalisée au mois de Novembre et répété au mois de Janvier.

Les observations et les notations concernent les réactions extériorisées par les plantes inoculées, le comptage du nombre des populations finales de nématodes, et le taux de reproduction des nématodes.

Les évaluations mensuelles des symptômes selon une échelle de Hanounik et al.,(1986) ont été réalisés aux différents stades phénologiques

A la fin du cycle biologique des plantes et leur fanage, on a procédé à l'extraction des nématodes, leur comptage et le calcul de leur indice de reproduction.

La comparaison des résultats obtenus entre les populations locales et la variété résistante Séville a permis à la fin de l'expérimentation de donner une indication sur la résistance des plantes aux nématodes.

#### 4.5.1. L'inoculation des nématodes

##### 4.5.1.2. Méthodologie

##### 4.5.1.2.1 .L'inoculation des plantes

L'inoculum de nématodes a été obtenu à partir de tiges infestées collectées dans les champs durant la campagne ayant précédé l'essai. Les nématodes ont été extraits par la méthode d'incubation végétale décrite par Taylors. (1968). Cette méthode consiste à laver les tiges pour éliminer le sol qui s'y adhère puis les découpées finement. Par la suite, les morceaux de tige sont trempés dans de l'eau pendant 48h. Les nématodes sont ainsi libérés dans l'eau et sont recueillis après le passage dans un tamis de 40  $\mu$ . Le nombre de nématodes a été déterminé par comptage sous la loupe binoculaire.

Chaque plante a été inoculée individuellement au stade 4-6 feuilles selon le protocole (Andaloussi, 2001). L'inoculum de chaque plant était composé de 50 nématodes. Après deux mois, ce qui correspond au stade début d'élongation de la tige principale nous avons procédé à une deuxième inoculation avec une concentration, de l'inoculum, de 30 nématodes, *Ditylenchus dipsaci*, /5ml ce qui donne une inoculation totale de 80 nématodes/plante.

(Fig. n° 11).

Cet inoculum est toujours fraîchement préparé en suspension à l'aide de seringues, où des gouttelettes de 5ml sont injectées au niveau du méristème caulinaire pour permettre aux nématodes de pénétrer dans l'épiderme des plantules.

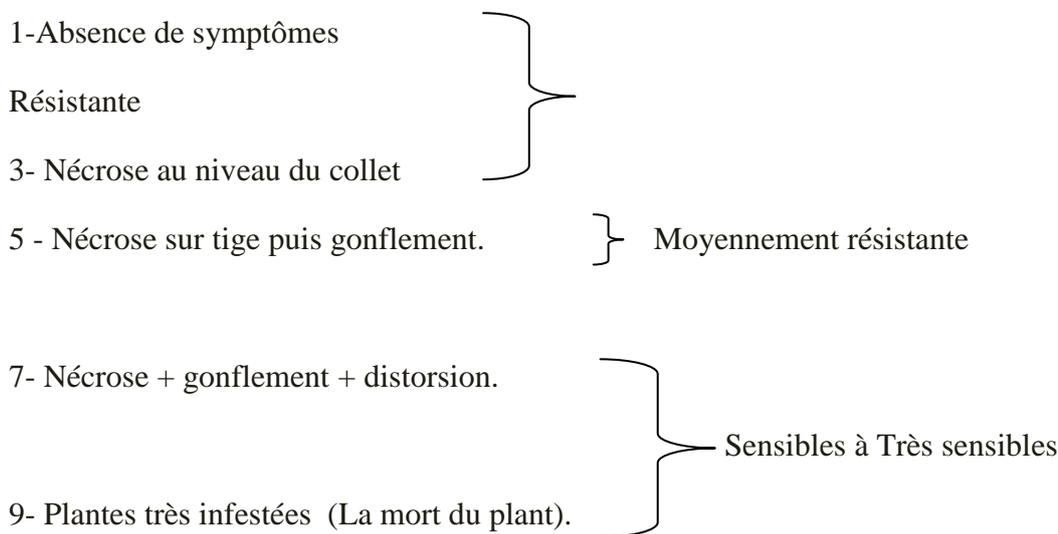


(Fig. n° 11)

#### 4.5.2. L'évaluation des symptômes

Les observations ont été basées sur l'évaluation de l'infection due à *Ditylenchus dipsaci*, précisément par une notation des symptômes pendant le cycle de la culture. Selon la littérature, ces notifications doivent être enregistrées de préférence à plusieurs moments. Dans notre étude, les notations ont été réalisées mensuellement, sur un pied/pot, durant tout le cycle

de la plante et à la fin de l'étude on prend en considération les moyennes des notifications au stade de gousse sur un pied/population/pot. Ces symptômes ont été notés selon l'échelle de Hanouniket *al.*, (1986). Cette échelle permet d'évaluer l'extériorisation des symptômes. Il s'agit d'une échelle de 1-9 qui correspond à des symptômes présentant des nécroses ou des déformations au niveau des plantes, dues à une réaction d'hypersensibilité des plantes décrites comme suit:



#### 4.5.3. Extraction et comptage des nématodes des plantes de *Vicia faba L.*

La méthode d'extraction, sur plante fanée, utilisée est celle de l'incubation végétale utilisée par Taylor, (1968) (Fig n° 1). Les nématodes ont été comptés dans une cellule ouverte de 5ml. La résistance est généralement exprimée en facteur de reproduction RF qui est le ratio de la densité de population de nématodes finale (PF) sur la densité de population initiale de nématodes : c'est la densité de l'inoculum (Pi).

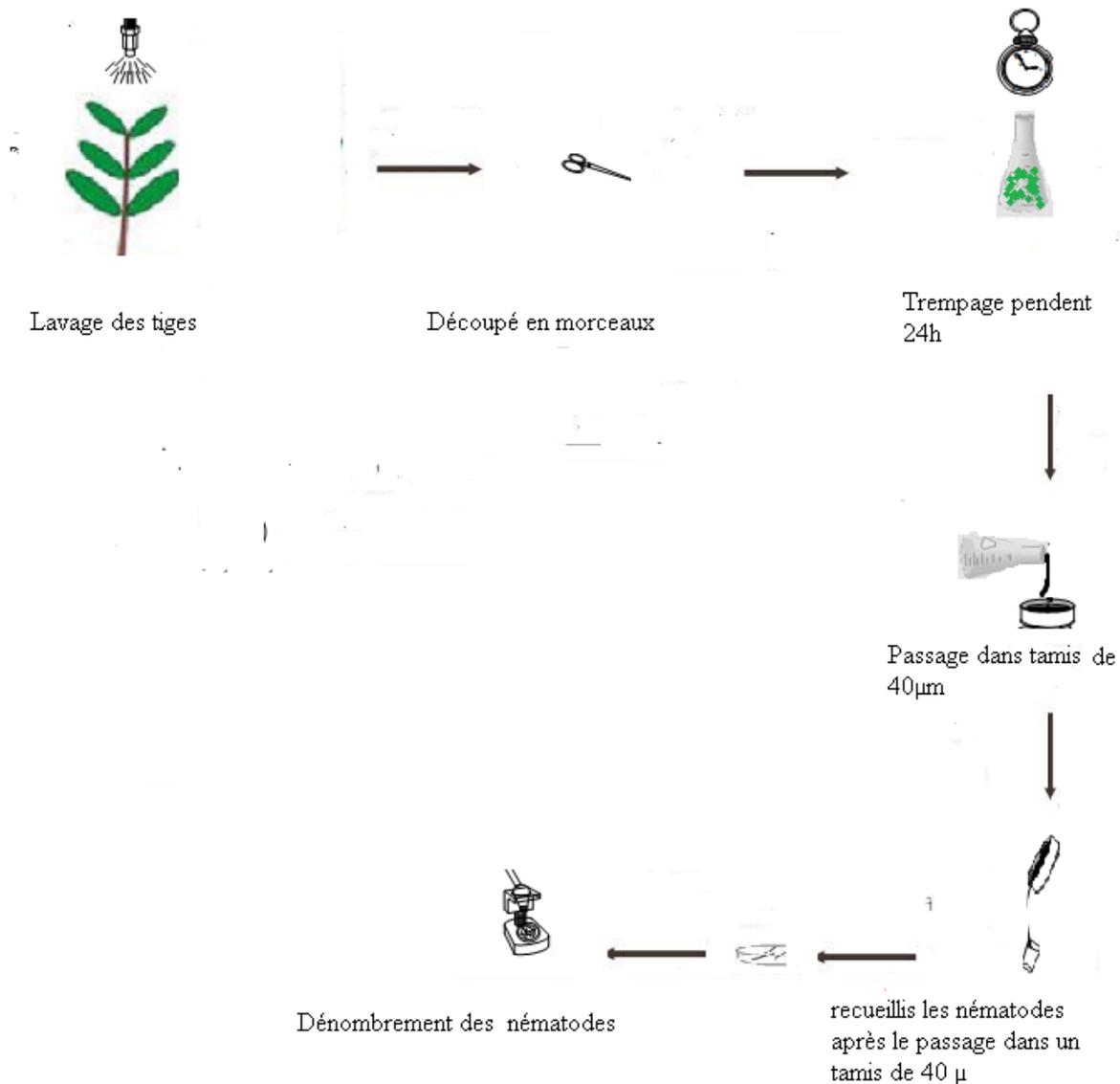


Fig n°12 : Extraction des nématodes des plantes. Taylor, (1968).

#### 4.6. Extraction et comptage des nématodes du sol

La méthode utilisée est celle de Baerman modifiée par Dalmasso (1966). C'est une méthode qui consiste à séparer les nématodes des particules du sol en fonction de leurs tailles et de leurs poids, cette méthode d'extraction a été utilisée en raison de la petite taille de l'échantillon et de son taux de récupération élevé (Sohleninus 1980, Ernest 1992). Un échantillon a été prélevé de chaque pot.

L'opération consiste à :

\* Prendre un aliquote de sol de 200 gr, puis, la faire passer à travers un tamis, dont les mailles sont de 2 mm de diamètre, sous un courant d'eau, afin d'éliminer toutes les particules de grande taille (gravier).

\* Récupérer la suspension dans un seau, ensuite, remuer pour homogénéiser le contenu (solution boueuse), décanter pendant 20 à 30 secondes, puis verser la suspension contenant les nématodes sur un tamis de 40 $\mu$ m. (Fig n°13).

\* Les refus contenant les nématodes sont ensuite récupérés dans un bécher de 50 ml. Faire passer le contenu dans l'entonnoir de Baerman, sur lequel est déposé un papier filtre. Après 24 h, les nématodes sont collectés dans un volume de 10 ml de suspension et enfin, où le comptage des nématodes est réalisé sous la loupe binoculaire. Les nématodes sont comptés dans une cellule ouverte de 5ml sous binoculaire.

#### **4.7. Analyse des résultats**

La statistique descriptive a pour but de mesurer et de présenter les données observées de telle sorte qu'on puisse en prendre aisément connaissance. Alors que l'inductive permet d'étudier ou de généraliser dans certaines conditions les conclusions ainsi obtenues à l'aide de tests statistiques en prenant certains risques d'erreur qui sont mesurés en utilisant la théorie des probabilités.

Le test d'analyse de la variance à un critère ou à un facteur de classification consiste à comparer plus de deux moyennes de plusieurs populations à partir des données d'échantillons aléatoires simples et indépendants (Dagnelie, 2007). La réalisation du test se fait soit en comparant la valeur de  $F_{obs}$  avec une valeur théorique  $F_{1-\alpha}$  extraite à partir de la table F de FISHER pour un niveau de signification  $\alpha=0.05$  ; 0.01 ou 0.001 et pour  $K_1$  et  $K_2$  degrés de liberté, soit en comparant la valeur de la probabilité p avec toujours les différentes valeurs de  $\alpha=5\%$ , 1% ou 0.1%. Selon que cette hypothèse d'égalité des moyennes est rejetée au niveau  $\alpha=0.05$  ; 0.1 ou 0.01, on dit conventionnellement que l'écart observé est significatif, hautement significatif ou très hautement significatif. On marque généralement ces écarts d'un, deux ou trois astérisques (étoiles) (Dagnelie, 2007).

Ce test a été utilisé afin de voir s'il y a une différence significative de réponse à l'inoculation par *Dipsacientre* les variétés populations testées ainsi que le témoin Séville.

Aussi les données enregistrées ont fait l'objet d'une analyse de comparaison des moyennes par la méthode de Newman-Keuls et Dunnett pour déterminer les différences

significatives entre les moyennes des groupes dans l'analyse de variance. Ces paramètres ont été calculés à l'aide du logiciel d'analyse et de traitement statistique des données XLSTAT version 2009.

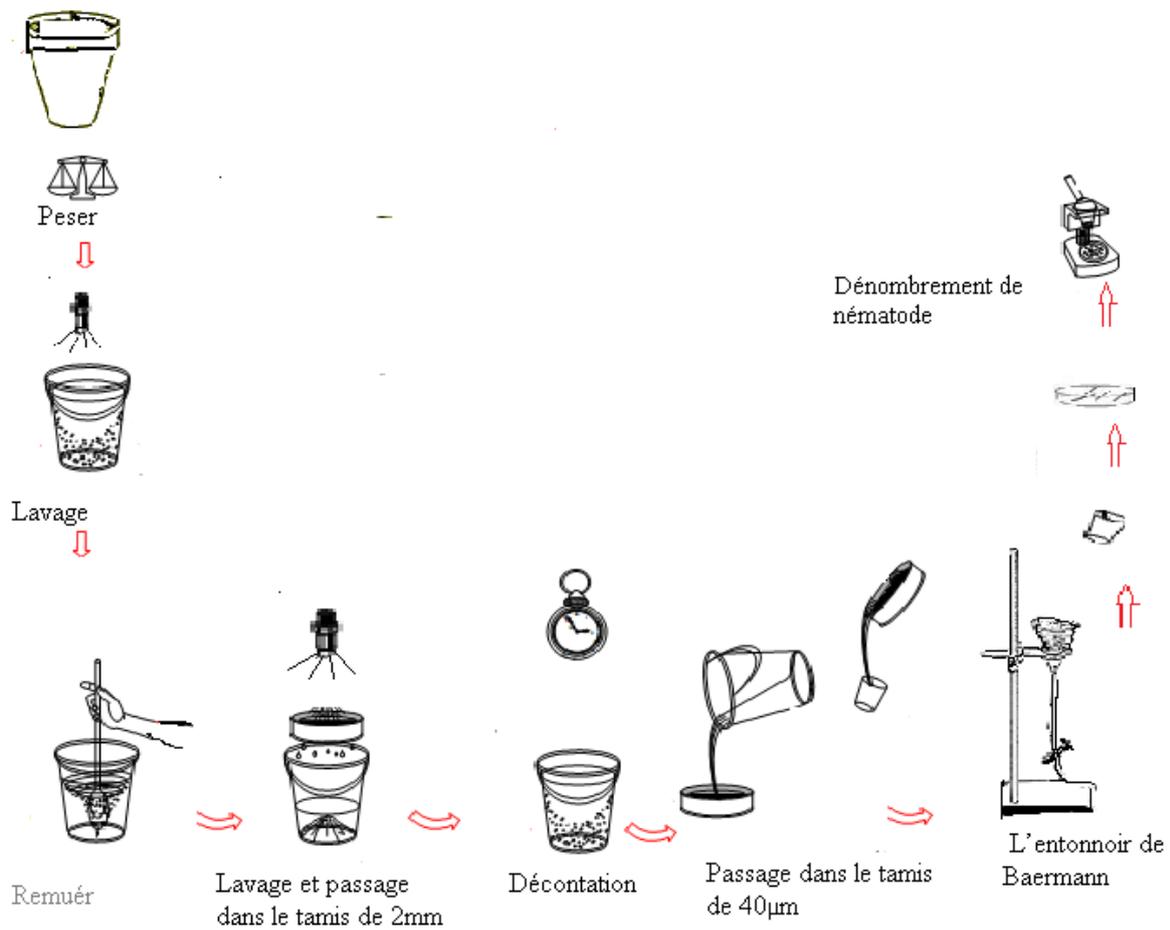


Fig n° 13 : Extraction des nématodes du solBaerman modifiée par Dalmasso (1966).

# **Chapitre 5 :**

## **Résultats et discussion**

## **Chapitre 5 Résultats et discussion.**

### **5.1. Collecte et préparation du matériel végétal**

#### **5.1.1. Évaluation de l'état sanitaire des semences de fève et semis**

Le nématode des tiges, *Ditylenchus dipsaci* est transmis de manière interne dans les graines.

Les résultats des analyses des lots effectuées au laboratoire pour déceler la présence des nématodes dans les semences, montrent que tous les lots de graines utilisés pour notre expérimentation sont sains, on a semis à raison de 6 graines/pot.

Après le semis au mois de Septembre 2010, les cotylédons sont apparus un mois après. Il y a eu retard de germination, en effet, d'après la bibliographie il faut de 8 à 10 jours pour la levée, avec une température comprise entre 16 C°-30C°. Ainsi les températures enregistrées à Biskra durant les mois Septembre et Octobre sont favorables pour une bonne levée, ce retard observé peut être dû au fait de ne pas avoir trempé les graines avant le semis pendant 24 heures, comme font les agriculteurs.

### **5.2. Evaluation de la résistance aux nématodes des plantes inoculées**

#### **5.2.1. Préparation de l'inoculum et inoculation des plants**

Plusieurs auteurs ont utilisés des concentrations différentes d'inoculum pour inoculer les plantes dans les champs et sous serre. Dans notre essai, les plantes ont été inoculées deux fois à une concentration de 50 nématodes/5 ml et 30/5 ml nématodes larves L 4. Selon Polwright (2002), la concentration des nématodes ne doit pas dépasser 200 nématodes par plante.

Sharma *et al.*,(1994), ont inoculé les plantes de fève avec une concentration de 100 nématodes de *Ditylenchus dipsaci*/plants sous serres dans des pots alors que dans le champ, la densité utilisée était de 300 larves de *Ditylenchus dipsaci*/1000 Cm<sup>3</sup>. Taylor *et al.*,\_(2000) et Moussart *et al.*, (2007) -ont utilisés des concentrations 50 et 100 nématodes *Ditylenchus dipsaci* /1ml pour inoculer des plantes de *Vicia faba* L. dans des pots en plein champs. Fasihi *et al* .,(2009) ont utilisés des concentrations de 200 larves *Ditylenchus dipsaci* /plante pour inoculer différentes espèces incluant *vicia fabae* L et fève dans serre contrôlé Caubel *et al.*, 1994) ont utilisés 50 larves de *Ditylenchus dipsaci* /plants de trèfle violet.

Le climat de Biskra est un climat saharien à hiver doux et été chaud faisant partie de la zone Est du Sahara Septentrional (MADR, 2010). Notre expérimentation a été effectuée sous serre pendant une durée de 07 mois (Septembre 2010-Avril 2011), ce qui correspond au cycle végétatif de la fève dans la wilaya de Biskra. Les conditions climatiques pour la campagne 2010/2011 ont été favorables pour le développement de la plante et des nématodes (Tableau n° 11).

Lors de notre essai, la première inoculation a été réalisée au début Novembre correspondant au stade 4-6 feuilles et la deuxième inoculation a été faite au début du mois de Janvier, deux mois après la première inoculation. En effet, les nématodes prennent le temps de pénétrer dans la plante via les tissus de l'hypocotyle. La reproduction des nématodes peut être retardée ou arrêtée par les basses températures.

Les moyennes des températures enregistrées durant les mois de novembre, Décembre et Janvier ont été respectivement de 16,6°C, 12.4°C et 12.1°C (Tableau 10). Ces dernières ont été favorables pour le développement des nématodes ; l'optimum d'activité de *Dipsaci* se situe entre 10 C° et 20C° (Rivol 1986). De plus, au mois de Février la température était de 13.2 C°, une température aussi favorable pour la prolifération de *Ditylenchus dipsaci*. En avril vers la fin du cycle végétatif, les plantes se fanent et elles ont été arrachées sans leurs racines.

**Tableau N°10** : Les températures enregistrées entre les mois de septembre 2010-Avril 2011.

Température	Septembre 10	Octobre 2010	Novembre 2010	Décembre 2010	Janvier 2011	Février 2011	Mars 2011	Avril 2011
Température °C Moyenne	28.7*	22.5*	16.6**	12.4	12.1**	13.2	16	22.4
Température Maximale °C Moyenne	34.5	28.4	22.1	18.1	18.4	19	21.5	28.5
Température minimale °C Moyenne	23.2	16.7	12	7.4	6.7	7.7	10.4	15

\*Semis [WWW.tutiempo.net](http://WWW.tutiempo.net)

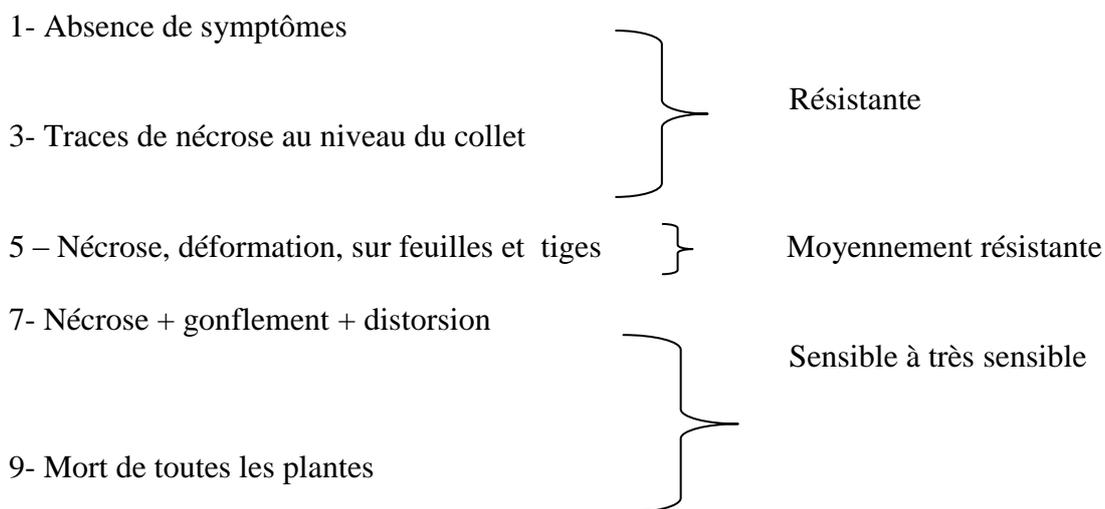
\*\*Inoculation

Les températures enregistrées durant le cycle de la fève au cours de notre expérimentation ont été favorables à la multiplication de *Ditylenchus dipcasi*. Ainsi, les températures mensuelles enregistrées pendant les 7 mois, ont été comprises entre 12.1-22.5 °C (Tableau 10). Ces dernières se situent entre les seuils des températures, maximum et minimum favorables à la reproduction

du nématode. Le cycle des nématodes a coïncidé aussi avec l'enregistrement d'une augmentation de l'humidité relative, qui a eu une faible variation durant notre essai, où la plus haute valeur enregistrée en plein air était celle du mois de Janvier (55%).

### 5.2.2. Evaluation de la réaction des populations à l'infection par *Ditylenchus dipsaci*

La résistance est caractérisée par la capacité du végétal à entraver la multiplication du nématode après pénétration dans la plante. L'estimation de la résistance est corrélée avec la réponse individuelle des plantes, fondées sur la caractérisation des symptômes extériorisées après l'inoculation artificielle des plantes (Castagnone-Serono, 2002). L'évaluation des symptômes a été réalisée par des observations phénotypiques sur une plante/pot selon l'échelle de Hanounik *et al.*, (1986), voir échelle ci-dessous. Ces notifications ont été enregistrées chaque mois pendant tout le cycle de la plante, ce qui a permis d'évaluer le degré d'infestation dans le temps et la comparaison avec le témoin résistant Séville.



#### 5.2.2.1. Notification des symptômes selon l'échelle de (Hanounik et al., 1986)

Après l'inoculation, durant la semaine, on a observé une nécrose apicale (point de l'inoculation des nématodes) sur toutes les plantes et cela est probablement dû aux réactions de pénétration. Environ 60 jours (au mois de Janvier) après la première inoculation, on a observé l'apparition des premiers symptômes sur les plantes. En effet, l'expression des symptômes est en fonction de la sévérité de l'attaque (c'est-à-dire sensibilité des populations).

Les résultats relatifs à l'évaluation du degré d'infestation par *Ditylenchus dipsaci* sur les populations locales et la variété Séville sont présentés dans le Tableau n° 11.

**Tableau n° 11** : Statut des populations selon les moyennes des notifications des symptômes selon l'échelle de (Hanounik *et al.*, 1986).

Variétés population	Moyennes des notification de Hanounik <i>et al.</i> , (1986)	Notation de sévérité (Statuts)
Témoin	6.40 (5-7)	Sensible
Ain naga	3.20 (3-5)	MR
Sidi okba	3.12 (3-5)	MR
M'ziraa	2.91 (1-3)	Résistant
Biskra	2.87 (1-3)	Résistant
Tolga	2.75 (1-3)	Résistant
Doucen	2.49 (1-3)	Résistant
Guartta	1.58 (1-3)	Résistant

Au mois de Janvier, *Ditylenchus dipsaci* a provoqué des lésions qui ont débuté à la base des tiges (au niveau du collet), ces lésions étaient de couleur marron rougeâtre puis au cours de développement de la maladie elles ont virées au noir. Les lésions entouraient le collet et se sont propagées sur toute la longueur des tiges. Il a été observé des symptômes, plus avancés que les autres populations locales, uniquement sur les deux populations de Sidi okba et Ain nagua et la variété Séville. En effet, des déformations des feuilles et des distorsions sont apparues au mois de Février et ont évoluées au mois Mars. Aussi, la couleur des gousses nouvellement formées a virée au marron sur la population de Sidi okba. Cependant, les symptômes observés sur les populations de Ain nagua et de Sidi okba ont été moins prononcés que celle du témoin Séville. Fig n°14.

(Annexe n°1).

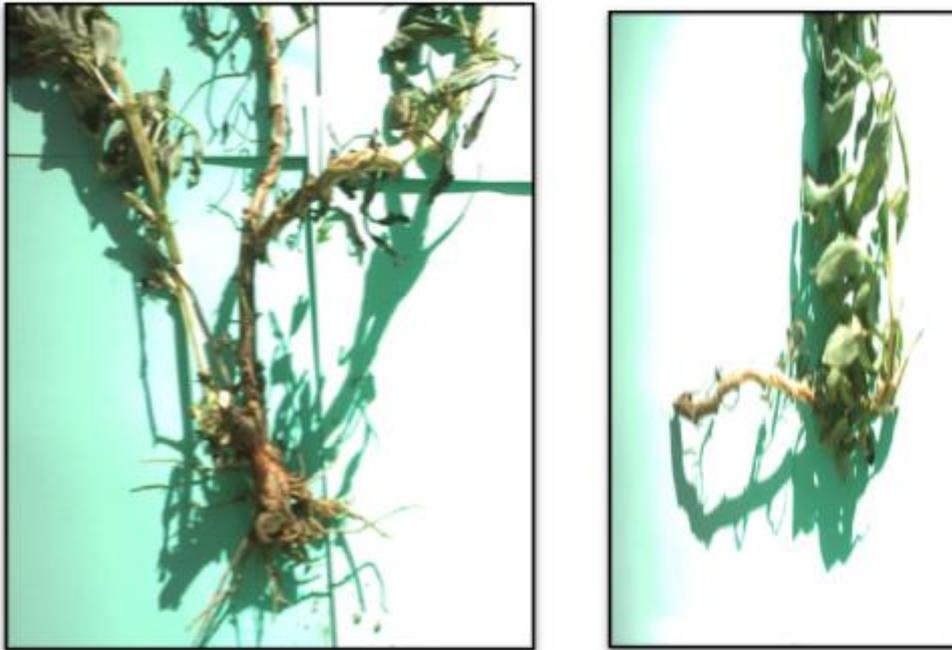


Fig n° 14 : Les symptômes de *Dipsaci* sur fève. (Echantillon sur le terrain.)

Nous constatons selon les notifications données dans le tableau n° 11, qu'il existe une variabilité d'expression des symptômes développés à l'inoculation avec *Dipsaci* selon les populations testées.

L'analyse de variance pour le paramètre des notifications des symptômes selon l'échelle de (Hanounik *et al.*, 1986) .Tableau n°12 montre qu'il y'a une différence significative entre les populations.

**Tableau n°12 :** L'analyse de variance pour le paramètre des notifications des symptômes selon l'échelle de (Hanounik *et al.*, 1986).

Source	DDL	Somme des Carrés	Moyenne Des carrés	F	Pr>F
Modèle	7	54,948	7.850	10.314	<0,0001
Erreur	24	18.265	0.761		
Total Corrigé	31	73.212			

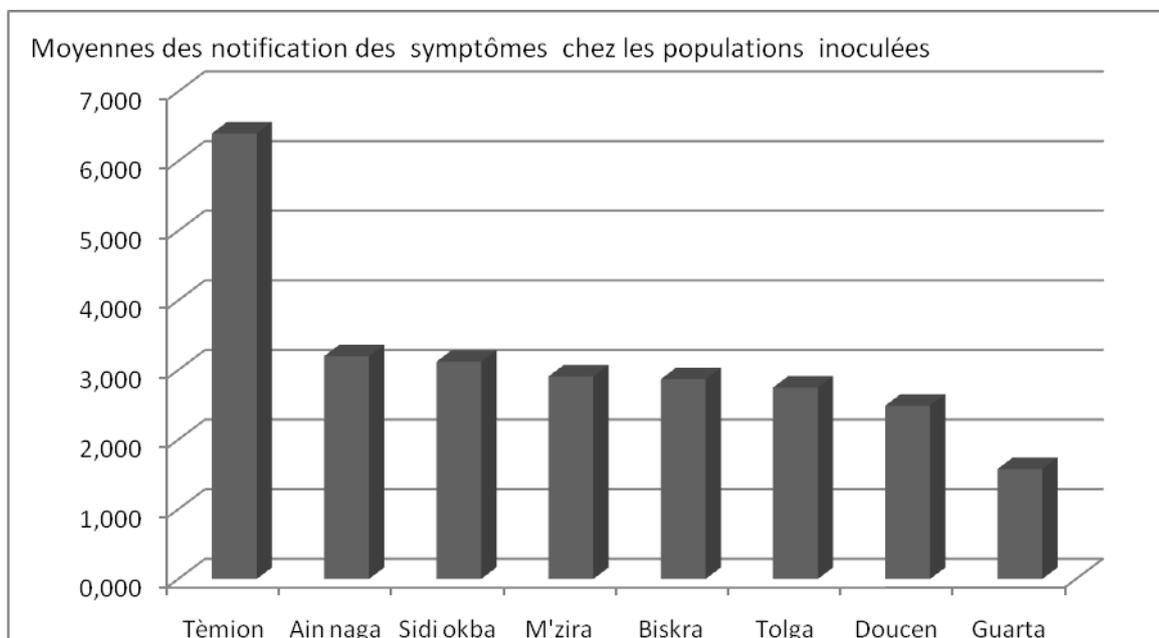
Cette variabilité observée entre les populations de fève, montre que la variété Séville présente l'indice ou la notification est la plus importante par rapport aux populations locales. Ces dernières semblent avoir des notifications inférieures à celles du témoin Séville (5-7),

leurs moyennes de notifications oscillent entre 1,58 pour Guartta et 3,20 pour Ain naga, qui est la notification la plus élevée par rapport à toutes les populations locales, puis, viennent les cultivars Sidi okba, M'ziraa, Biskra, Tolga et Doucen, respectivement avec 3.20, 2.91, 2.87, 2.75, 2.49.

Sur base de ces notifications, on peut classer les populations locales de Biskra en deux catégories :

- La première regroupe les notifications comprises entre : 1-3 qui correspondent à la catégorie résistante : M'ziraa, Biskra, Tolga et Doucen.
- Le deuxième regroupe les notifications comprises entre : 3-5 qui correspondent à la catégorie moyennement résistante : Ain naga, Sidi okba.

Pour ce qui est de la variété Séville elle est classée comme sensible, Selon Hanounik *et al* ., (1986) Figure n°15.



Populations

Fig n° 15. Moyennes des notifications des symptômes chez les populations inoculées.

Les résultats observés rejoignent ceux rapportés par Abad Andaloussi (2001), sur la résistance des populations Marocaines de fève aux nématodes *Ditylenchs dipsaci*. Après l'inoculation des plantes, l'apparition des symptômes tels que : la déformation, le gonflement et les petites nécroses à la base des plantes ont été observées seulement chez les populations résistantes.

Le résultat du classement des notifications par le test de Newman et Keuls au seuil 1% (Tableau n°14), nous montre qu'il y a 2 groupes A et B. Le groupe A avec la variété Séville témoin, le groupe B incluant toutes

les populations locales. Il existe donc une variabilité relative dans l'expression des symptômes chez les populations testées et une différence significative entre les populations et la variété Séville (Tableau n° 13). Toutefois, la différence n'est pas significative entre les populations locales. (Annexe n°3).

**Tableau n° 13 :** Résultats de classification du test de Newman et Keuls des notifications des symptômes selon l'échelle de (Hanounik *et al.*, 1986).

Populations de fève	Moyennes des notifications selon Hanounik <i>et al.</i> , (1986)	Groupes
Témoin	6.40	A
Ain naga	3.20	B
Sidi okba	3.12	B
M'ziraa	2.91	B
Biskra	2.87	B
Tolga	2.75	B
Doucen	2.49	B
Guartta	1.58	B

### 5.2.2 Comptage des populations finales de nématodes sur les plants inoculés (Pf)

Selon Mahfoud *et al.*, (1996), l'expérimentation sur un nombre important de plantes, permet d'estimer correctement le niveau de résistance. Nos analyses nématologiques ont porté sur 213 plants inoculés au départ et ayant survécus jusqu'à la fin du cycle. Les résultats obtenus avec la technique d'incubation végétative de (Taylor, 1968) après le dénombrement des nématodes, en fin de cycle, sont présentés dans le Tableau n°14. Notons que le dénombrement a été réalisé après cinq mois pour la première inoculation et trois mois pour la deuxième inoculation.

**Tableau n° 14 :** les moyennes du nombre de populations de nématodes finales (Pf) sur les plants de fève.

Population	Nombre de population initiale (Pi)	Nombre de population finale (Moy) (Pf)
Témoin	80	95.465
Sidi Okba	80	84.927
Ain Nagua	80	79.300
M <sup>z</sup> iraa	80	75.781
Biskra	80	74.750
Tolga	80	67.770
Doucen	80	64.655
Guarta	80	58.802

Selon Quénehervé (2006), les expérimentations sous serres se font souvent avec des inocula de départ très élevés sans que les taux de multiplication après l'inoculation soient élevés. Nous avons constaté que le nombre de nématodes comptés par plant dans la majorité des populations locales est inférieur au nombre de nématodes inoculés (Tableau 14). Il faut aussi prendre en compte, lors de l'inoculation des plantes, l'estimation des pertes de nématodes qui peuvent être entre 67% - 93% selon Mercer et Grant, 1995. Le phénomène matricide se produit fréquemment, la production des œufs est linéairement reliée à la température, avec 1.580 œufs au-dessus des températures optimums (Griffith *et al.*, 1997). Ce qui peut expliquer le faible taux de reproduction des nématodes au cours des mois qui ont suivis les inoculations des plantes où les températures étaient de 12.4 C° et 12.1 C° pour le mois de Décembre et Janvier respectivement.

L'analyse de variance pour le paramètre nombre de nématodes/plantes (Tableau n°15) montre qu'il y'a une différence significative entre les populations.

**Tableau n°15 :** L'analyse de variance du nombre de populations finales nématodes/plantes.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr>F
Modèle	7	3831,630	54,376	7,770	<0,0001
Erreur	24	1690,630	70,447		
Total Corrigé	31	5522,364			

Les variétés testées ont présenté des niveaux d'infestation plus faibles que ceux de Séville, (Figure 16).

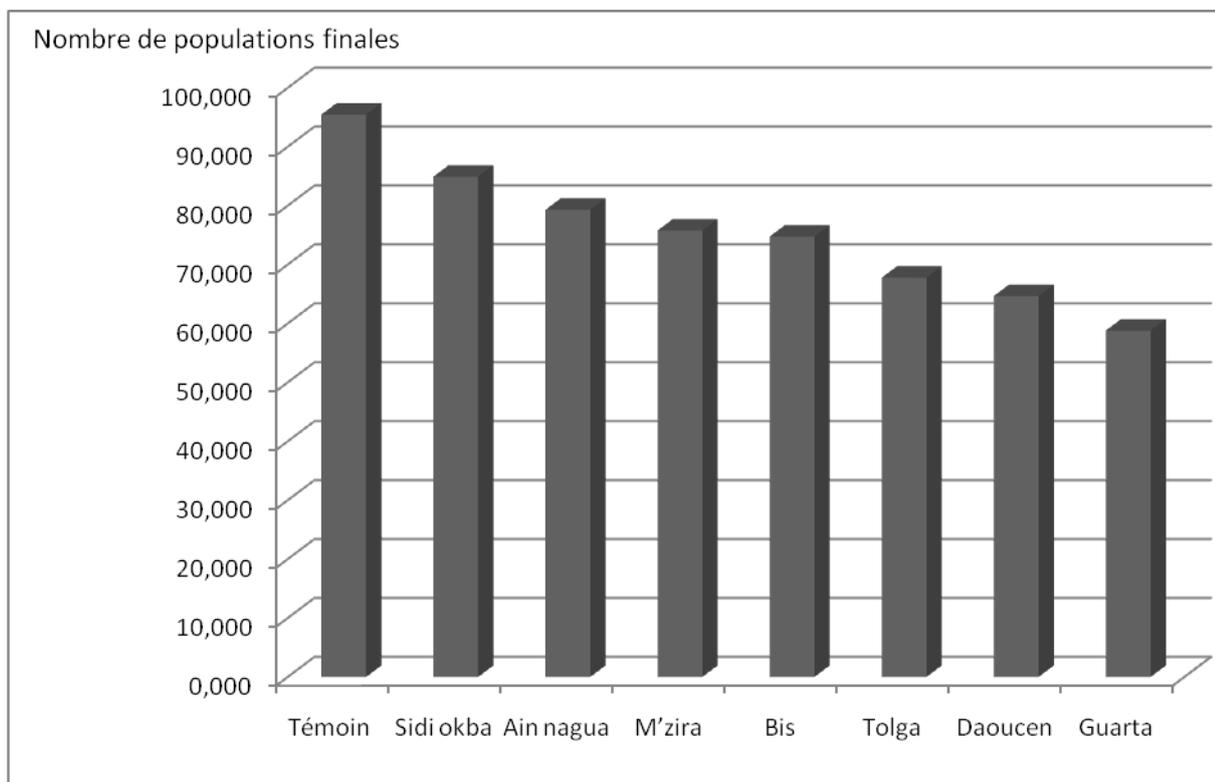


Figure n°16 : Les moyennes de populations finales de nématodes par variété population.

L'analyse des résultats du tableau n°15 et la Figure n° 16 montre une baisse relativement faible des effectifs initiaux de *Ditylenchus dipsaci* chez cinq variétés populations testées, excepté pour la population de Sidi Okba, où il y a eu une augmentation légère des effectifs.

La baisse la plus importante des effectifs initiaux est observée chez la population Guarta, avec 58.802 nématodes/plant, suivi par Doucen, Tolga, Biskra, et M'ziraa respectivement de 64.655, 67.77, 74.750 et 75.781 nématodes/plant. Pour la population Ain Nagua, nous avons remarqué une stabilité des effectifs avec 79.3 nématodes/plant. La population de Sidi Okba et la variété Séville ont montré une augmentation des effectifs, respectivement de 84.927 et 95.465 nématodes/plant (Fig n°16).

Des résultats d'autres études ont montré le même constat. En effet, les travaux de Guedira et Rammah (2004), en travaillant sur l'évaluation de la résistance à deux nématodes: *Radopholus similis* et *Meloidogyne spp* chez quatre génotypes de bananiers ont observé, après l'inoculation par *Meloidogyne spp*, que le génotype grande naine, qui est considéré comme cultivar sensible, contient moins de nématodes que les échantillons de génotype, considéré résistant ; de référence Yangambikm5.

Abad Andaloussi (1996), a travaillé sur l'évaluation de la résistance de populations de fèves et de féveroles dont 60 populations Maghrébines et la lignée INRA 24 H a servi de témoin résistant au *Ditylenchus dipsaci*. L'observation du comportement du matériel végétal a montré qu'il y a une population locale de fève marocaine, issue de la région Souk el Gharb, qui était plus résistante que la variété témoin. Ses résultats ont confirmé ceux trouvés par Scheirb (1972) pour les mêmes variétés.

Il semble que sous l'épiderme, les infestations ne sont pas toujours en corrélation avec l'expression des symptômes, car les plantes résistantes peuvent être asymptomatiques (plowright, 2002). On a constaté que dans notre essai, il y a une corrélation positive entre les symptômes et la densité des nématodes. En effet, les plantes de Séville ont exprimé des symptômes plus avancés, il y a eu distorsion des feuilles et des tiges, ce qui correspond au nombre de nématodes le plus élevé par rapport à celui des autres populations locales, qui ont présentés une expression des symptômes relativement moins prononcée, (Fig. n° 17).

Cette relation entre le nombre de nématodes dans les plants et le degré de symptômes qu'elles extériorisent ont été observés dans d'autres études. Les travaux de Cauble (1994), sur la résistance variétale du trèfle violet aux nématodes des tiges, et aussi les résultats antérieurs de Leclercq. ; Cauble *et al* ., (1991) sur la résistance variétale de la luzerne aux nématodes des tiges signalent aussi cette relation.

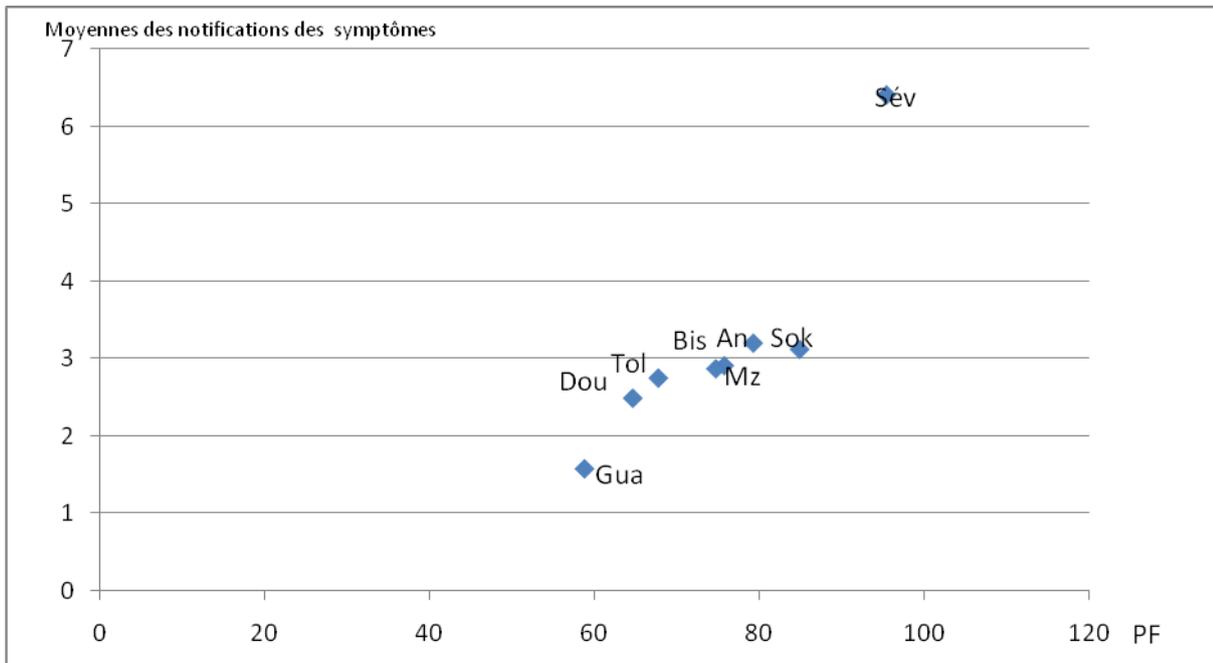


Fig n° 17 : Relation entre l'expression des symptômes, notification, et le nombre final des nématodes

Le résultat du classement en fonction du nombre des populations finales de nématodes selon la méthode de Newman Keuls au seuil de 1 % est repris au Tableau n°16.

(Annexe n°6).

**Tableau n° 16** : Résultat du test de Newman et Keuls sur les moyennes des nombres de populations de nématodes finales sur les plants de fève.

Variété population	Classement		
Témoin	A		
Sidi Okba	A	B	
Ain Nagua	A	B	C
M'ziraa	A	B	C
Biskra	A	B	C
Tolga		B	C
Doucen		B	C
Guarta			C

Ces résultats montrent que la variété témoin Séville, classée seule dans le groupe A, semble être plus sensible que Guarta, classée seule dans le groupe C. Il semble qu'il n'y a pas de différence significative entre les populations de : Sidi Okba, Ain Nagua, M'zira, et Biskra avec

Séville. Par contre, les populations de Guartta, Doucen et Tolga ont présenté une différence significative (Tableau n°16).

Ce résultat est conforté par les résultats du deuxième test de Dunnett de comparaison des populations de nématodes finales. En effet, ce test permet de faire la comparaison des moyennes, on le pratique dans l'expérimentation où l'un des groupes expérimentaux est un groupe témoin auquel on souhaite le comparé avec les autre groupes. (Annxe n°6).

**Tableau n° 17** : Résultats du test de comparaison de Dunnett des moyennes des populations finales du nombre d'effectifs de nématodes dans les plants.

Population	Comparaison avec Séville	Statut
Séville	/	/
Sidi Okba	Non Significative	Résistante
Ain Naga	Non Significative	Résistante
M'ziraa	Non Significative	Résistante
Biskra	Non Significative	Résistante
Doucen	Significative	Résistante
Tolga	Significative	Résistante
Guarta	Significative	Résistante

Le test de Dunnett nous a permis de comparer les effectifs de larves de nématodes entre les populations locales et la variété témoin Séville. Les résultats obtenus (Tableau n° 17) nous montrent qu'il y a deux groupes. Le premier groupe regroupe les populations de Sidi Okba, Ain Naga, M'zira et Biskra, qui semblent être résistantes, mais la différence est non significative avec la variété Séville. Par contre, le deuxième groupe présente une différence significative avec la variété Séville, et il regroupe les populations locales de Tolga, Doucen, et Guarta. Ces dernières ont présenté des moyennes de populations finales de nématodes inférieures à celles du témoin classé résistant . Ce qui peut indiquer que ces variétés sont aussi résistantes. (Fig n°18 et Fig n°19 et Fig n°20).



Fig n° 18 : Extériorisation des symptômes de l'infection de *Dipsaci* sur la population de Guartta , à gauche, et le témoin Séville à droite.



Fig n° 19 : Extériorisation des symptômes de l'infection de *Dipsaci* sur la population de Sidi Okba , à gauche, et le témoin Séville à droite.

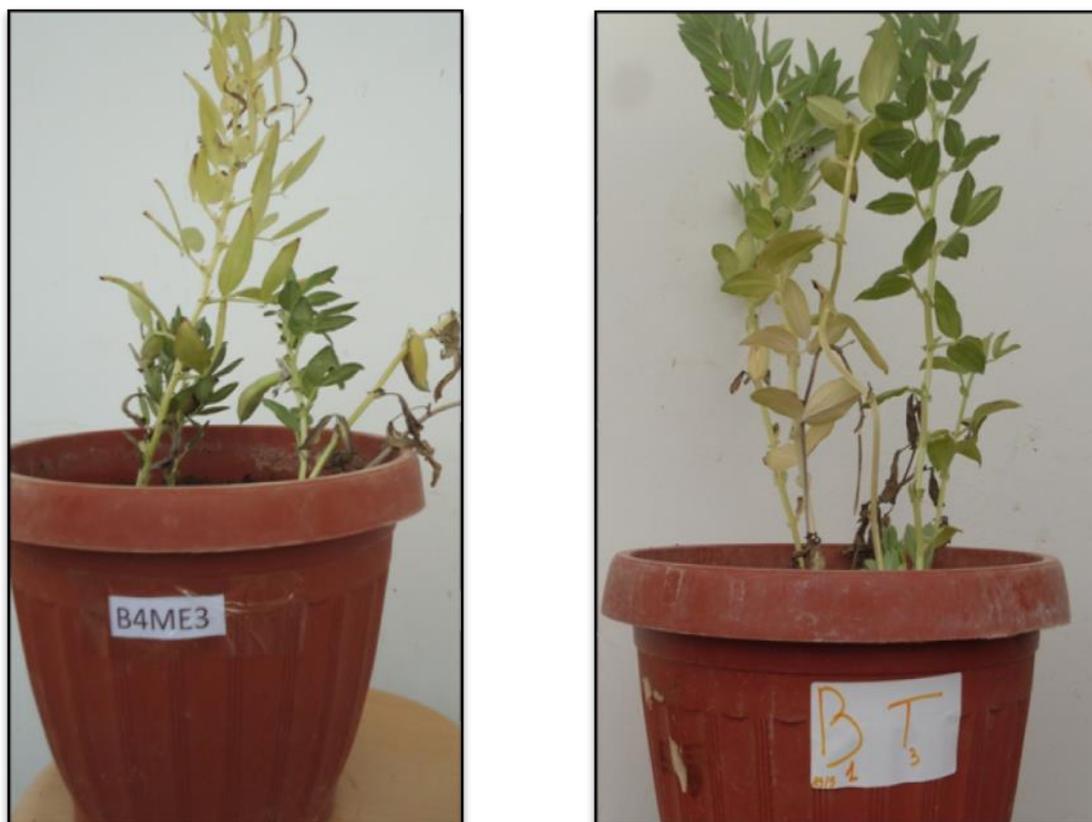


Fig n° 20 : Extériorisation des symptômes de l'infection de *Dipsaci* sur la population de M'ziraa, à gauche, et le témoin Séville à droite.

### 5.2.3.2. Evaluation du facteur de reproduction (RF)

L'un des indicateurs utilisés pour estimer la résistance au nématode est le Facteur de reproduction RF qui est le ratio de  $Pf/Pi$ , où  $Pi$  = Population initiale et  $Pf$  = Population finale. Les populations sont classées résistantes si leur  $FR < 1$  et non résistantes si leur  $FR > 1$ , (Moussart *et al.*, 2007).

Il ressort des résultats de l'évaluation de la reproduction de *Dipsaci* que les nématodes se comportent différemment au sein des sept populations locales inoculées dans notre essai. Les résultats obtenus montrent qu'il y a une variabilité dans la reproduction du nématode selon les populations de *Vicia faba* (Tableau n°18)

**Tableau n° 18 :** Les moyennes des facteurs reproductions (RF) de reproduction de nématodes par population.

Population	Facteurs reproduction (RF)	Statut
Témoin	1.193	Non Résistante
Sidi Okba	1.090	Non Résistante
Ain Nagua	0.991	Résistante/non résistante
M'ziraa	0.947	Résistante
Biskra	0.934	Résistante
Tolga	0.847	Résistante
Doucen	0.808	Résistante
Guarta	0.735	Résistante

La moyenne des facteurs de reproduction la plus élevée est celle de Séville, 1.193, suivie par celle de la population locale de Sidi Okba avec 1.090. La plus faible moyenne de reproduction est celle de la population Guarta avec 0.73 (Tableau 18). Les autres populations, Ain Nagua, M'zira, Biskra, Tolga et Doucen ont des moyennes de reproduction respectivement de 0.991, 0.947, 0.934, 0.847 et 0.808. Le groupe (A) rassemble la variété Séville où on note qu'il n'y a pas de différence significative avec le deuxième groupe (AB) de Sidi Okba.

L'analyse de variance pour le paramètre (PR) : Nombre de nématodes des populations finales (Pf) / nombre de nématodes des populations initiales Pi (Tableau n°19) montre qu'il y a une différence significative entre les populations.

**Tableau n°19 :** L'analyse de variance pour le paramètre de facteurs reproductions (RF) nombre de nématodes des populations finales

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr>F
Modèle	7	0,630	0,090	8,421	<0,0001
Erreur	24	0,257	0,011		
Total Corrigé	31	0,887			

**Tableau n°20** : Résultat du test de Newman et Keuls, Classement des groupes homogènes des moyennes de facteur de reproduction.

Population	Facteur de reproduction		
Témoin	A		
Sidi Okba	A	B	
Ain Nagua	A	B	C
M'ziraa	A	B	C
Biskra	A	B	C
Tolga	B		C
Doucen			C
Guarta			C

<sup>ABC</sup> : Classement établi par le test de Newman et Keuls au risque de 1% ( $P < 0.01\%$ ). Les classes différentes présentent une différence hautement significative.

Il ressort des observations du classement établi par le test de Newman et Keuls. (Tableau 20 ) que la variété Séville et les cinq populations locales : Sidi Okba, Ain Nagua, M'ziraa et Biskra ne présentent pas de différences significatives. Par contre, les populations locales Tolga, Doucen et Guarta, dont les deux sont classées dans le groupe C, présentent une différence relativement significative avec la variété témoin (Figure n°21 ). Annexe n °9.

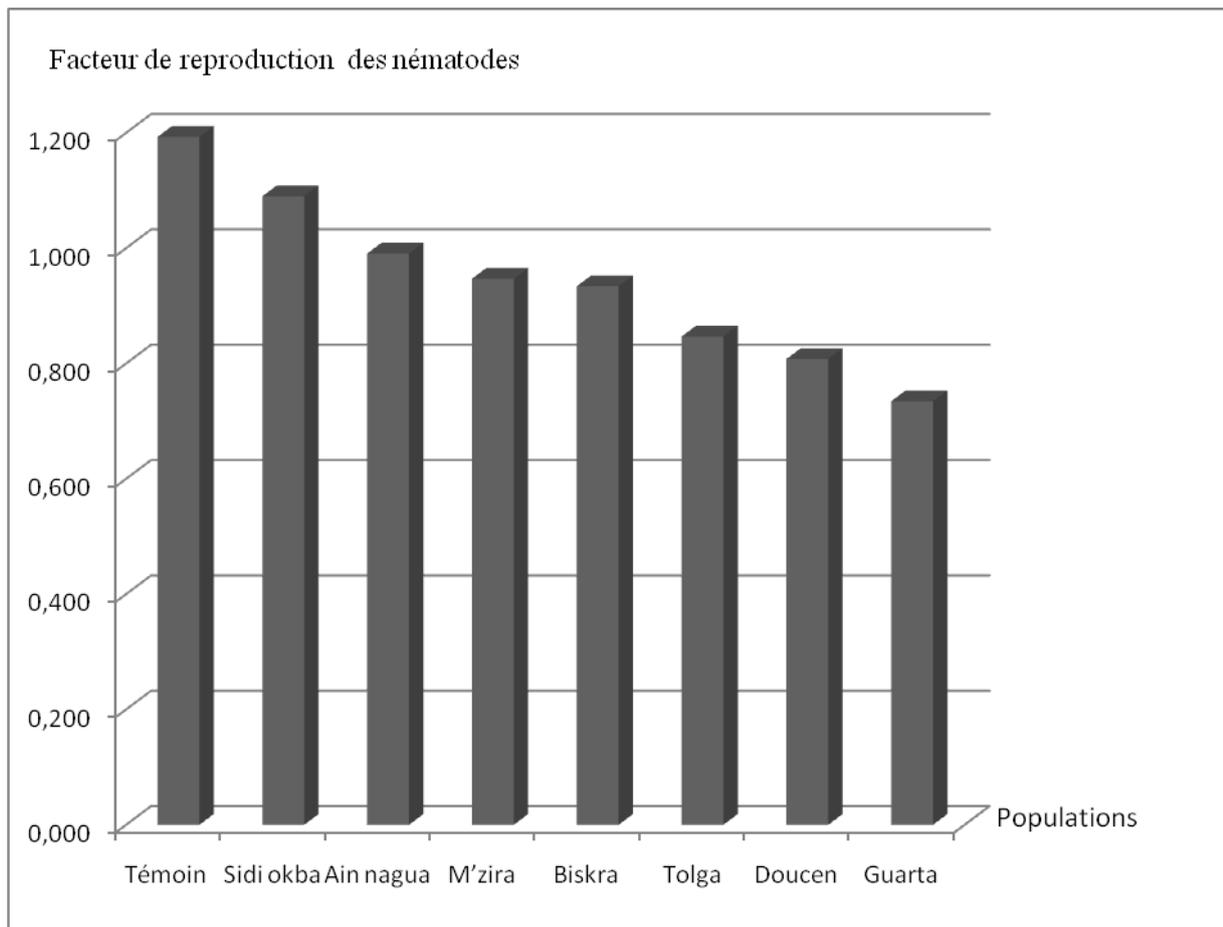


Fig n°21 : Facteur de reproduction de nématodes

Dans notre étude, les facteurs de reproduction des nématodes sont faibles et de ce fait ils ne sont pas bien distingués, mais la comparaison a révélé une différence significative. Sous les conditions de notre essai, la variété de Séville s'est avérée plus sensible que les autres populations locales. La comparaison du test de Dunnett indique la présence de deux groupes des populations. Le premier renferme les populations qui ne présentent pas de différence significative avec Séville : (Sidi Okba, Ain Nagua et M'zira), ce sont donc des populations résistantes. Le deuxième, regroupe les populations Tolga, Doucen et Guarta où la différence est significative avec la variété Séville, qui sont relativement plus résistantes que le reste des populations testées. Tableau n° 21. (Annexe n° 9).

**Tableau n° 21** : Test de comparaison par l'analyse de Dunnett Indice de reproduction.

Population	Comparaison avec Séville
Séville	/
Sidi Okba	Non Significative
Ain Nagua	Non Significative
M'ziraa	Non Significative
Biskra	Significative
Tolga	Significative
Doucen	Significative
Guartta	Significative

Dans nos résultats, les facteurs de reproduction des nématodes sur les différentes populations testées sont très proches, ce qui rend la comparaison difficile entre la variété Séville et les populations locales, ces dernières ont présenté des niveaux de reproduction inférieurs à ceux de Séville. De ce fait, elles sont aussi résistantes au nématode *Ditylenchus dipsaci*, malgré que les tests statistiques confirment qu'il n'y a pas de différence significative entre certaines populations et la variété de référence.

### 5.3. Evaluation du nombre de nématodes dans le sol

Les *Ditylenchus dipsaci* ont pour la plupart une très faible densité dans le sol entre 1-2 larves /250ml (Pfister et Mittnacht, 1982), mais ils sont très redoutables. En effet, seulement 10 nématodes par 0.5 Kg du sol peut conduire à des pertes d'importance de cultures (Seinhost, 1956 Subbotin, 2005).

Un grand nombre de nématodes fuit les tissus nécrosés à travers le xylème et le phloème, qui sont les derniers tissus à être infestés, et migrent vers le sol pour infester les plantes voisines (Kühnhold, 2011). Toutefois, la migration des nématodes hors la plante est fonction linéaire avec la température (Griffith, 1997).

Pour notre essai, les analyses effectuées sur les échantillons de sol prélevés dans les pots, ont été réalisés pour vérifier s'il y a eu une migration des nématodes vers le sol. Après les analyses nématologiques des échantillons de sol, les résultats ont montré qu'il n'y a pas

d'infestation du sol par nématodes via les plantes. Il convient de signaler que ces nématodes sont rarement trouvés dans le sol à moins que ceux-ci n'aient été associés à une hôte infestée (OEPP, 2008)

#### 5.4. Discussions générales

La résistance aux nématodes a été définie comme l'aptitude de la plante hôte à réduire ou à prévenir la reproduction du nématode (Trudgill 1991, Caromel 2004). Afin de collecter le maximum de données indicatrices d'une éventuelle résistance, nous avons procédé à l'inoculation des plantes individuellement par *D. dipsaci*. L'inoculation a été réalisée au mois de Novembre et répété au mois de Janvier.

Plusieurs auteurs ont utilisé des concentrations différentes d'inoculum pour inoculer les plantes dans les champs et sous serre. Dans notre essai, les plantes ont été inoculées deux fois à une concentration de 50 nématodes/5 ml et 30/5 ml nématodes larves L 4. La première inoculation des nématodes a été faite au mois de Novembre et les premiers symptômes, nécroses sur la plante, ont été observés au mois de Janvier.

Parmi les facteurs environnementaux favorisant le développement de ce nématode, l'humidité relative et la température (Moussart *et al.*, 2007) sont les plus importants. Selon plusieurs auteurs, l'optimum d'infestation des nématodes se situe à des températures entre 15-20°C dans des conditions humides. En dessous de conditions sèches, l'infestation s'arrête à des températures en-dessous de 10°C et au-dessus de 20°C (Greco, 1995) et pouvant aller jusqu' à 30°C (Deikman, 1997) avec une multiplication intense de *Ditylenchus dipsaci* à 18°C (Rivoal, 1986 ; Sadiki *et al.*, 1996). Selon, Aslam (2001), les conditions fraîches et humides sous serre favorisent l'invasion des jeunes tissus végétaux par ce nématode. Les relevés de températures de l'air durant la période de notre expérimentation montrent que le mois le plus froid était Janvier, avec une température moyenne de 12.1°C. Les conditions climatiques pour au cours de notre essai ont été favorables pour le développement de la plante et la reproduction des nématodes.

Dans notre expérimentation, la température optimale de la reproduction des nématodes correspondait aux trois mois suivants : Janvier, Février et Mars tout en sachant que le cycle de vie est assez court (19-23 jours) (Dropkin, 1989). Au mois d'Avril, quand les plantes fanent, *Ditylenchus dipsaci* migre vers la rhizosphère. Les résultats d'extraction des nématodes du sol ont indiqué que ce n'était pas le cas dans notre expérimentation.

Il existe une variabilité de la multiplication du nématode selon les cultivars de *V. faba* qui peut être décelée par la réaction des tissus végétaux. Les premières infestations

ont été visibles au mois de Janvier ce qui coïncide avec l'augmentation de la température à 12.1C°, ensuite les symptômes s'étendent dans la plante par le déplacement des nématodes.

On a observé un taux de mortalité de 31.5 %. Aussi, sur les 213 plantes inoculées uniquement, ont survécu à la fin de cycle. Cependant la mortalité, essentiellement liée aux conditions expérimentales, ne doit pas être considérée comme un signe de sensibilité (Caubel *et al.*, 1994).

La plupart des plantes inoculées n'ont pas donnée de gousses, excepté quelques plants des populations Ain nagua, Sidi okba, M'ziraa et Tolga. En effet, *Vicia faba* est considérée comme une espèce partiellement allogame dans toutes les études de reproduction réalisées. Le niveau d'allogamie peut être à la fois considérable et variable, allant de 4 à 84%, avec une moyenne autour de 30-60%. (Bond et Pop 1975 ; Gasim *et al.*, 2004; Suso et Maalouf, 2010).

Selon Aour-sadi (2008) Apoidea, les abeilles, joue un grand rôle dans la pollinisation comme d'autres insectes. Selon Gnanasambandam *et al.*, (2012) *Vicia faba* est partiellement allogame. Nous n'avons pas observés la présence d'insectes au cours de notre essai et cela peut expliquer que la plupart des plants n'ont pas pu donner de gousses.

Plusieurs méthodes de screening ont été développés pour estimer la résistance de *Vicia Faba* L. dans des pots sous conditions contrôlées et dans les champs infestés par *Dispaci* (Hanounik *et al.*, 1986 ; Caubel et Leclercq, 1989 ; Sharma *et al.*, 1994 ).

La méthode d'estimation de la résistance suivie dans notre essai s'est basée sur principalement sur trois indicateurs à savoir la notification des symptômes extériorisés et le comptage des populations finales ainsi que le taux de reproduction.

**Le premier indicateur** d'une éventuelle résistance chez les populations locales a été celui de l'évaluation mensuelle des symptômes réalisés aux différents stades phénologiques, durant 3 mois, en attribuant une notification selon une échelle de Hanounik *et al.* , (1986) des réactions extériorisées par les plantes inoculées.

La sévérité d'attaque des nématodes sur les plants est variable entre des populations locales et la variété témoin Séville. Les résultats de notre expérimentation ont montré que toutes les populations locales semblent plus résistantes que la variété témoin Séville, qui s'est montrée sensible dans nos conditions, avec une notification de 6.4 (5-7) correspondant à une classe moyennement sensible. En effet, les notifications, selon l'échelle de Hanounik (1986), observées dans notre étude permettent de classer les populations en 3 groupes. Le premier regroupe les populations M'ziraa, Biskra, Tolga et Doucen, avec des notifications comprises entre 1-3, classées résistantes.

Les populations Ain naga et Sidi okba, constituent le deuxième groupe, avec des notifications comprises entre 3-5, correspondant à la catégorie moyennement résistante. Toutefois, l'analyse des moyennes de notifications par le test de Newman et Keuls (Tableau n°13), nous montre qu'il y a 2 groupes A et B. Le groupe A avec la variété Séville., et le groupe B incluant toutes les populations locales. Il existe donc une différence significative entre les populations et la variété Séville. En effet, les symptômes se sont limités juste aux nécroses au niveau du collet et qui se sont propagées sur toute la longueur des tiges pour cinq des populations locales. La variété témoin Séville et Sidi Okba ont extériorisé, en plus des autres symptômes observés chez les autres variétés, des déformations des feuilles et des distorsions, ainsi que virement de la couleur des gousses nouvellement formées au chez la population de Sidi okba.

Plusieurs sources de résistances contre le nématode *Dipaci* ont été identifiées et rapportés par des auteurs comme par exemple : BPL 1996, FRYT-98-93, FLIP84-154, 29H, Diana, Souk el Arba el Rharb (Hanounik *et al.*, 1986 ; Augustin et Sikora, 1989 ; Caubel et Le Guen, 1992; Roberson et Saxena, 1993; Abbad Andaloussi *et al.*, 2001)

**Les deux autres indicateurs** étaient le comptage des populations finales de nématodes et leur taux de multiplications (FR).

On a enregistré le plus grand nombre de nématodes chez Séville qui s'est montrée, dans les conditions de notre expérimentation, relativement sensible, avec 95,46 nématodes/plant, que toutes les autres populations locales (Figure 16). Ces dernières ont bien présentés des moyennes de densités de populations finales plus faibles que celles du témoin Séville, et une réduction des taux de multiplication des nématodes, ce qui indique fort probablement que ces variétés sont résistantes. —La population de Sidi Okba et la variété Séville ont montré une augmentation des effectifs, respectivement de 84.927 et 95.465 nématodes/plant (Fig.n°16 ).

Les populations Guarta et Doucen ont enregistré une réduction importante comparée au témoin et aux autres populations avec respectivement 58.802 et 64.655 nématodes/plant (Abad Andaloussi, 2001), avait signalé la présence de 67 nématodes sur la variété *V. faba* minor INRA 29H, avec une notification de 3, utilisée comme témoin résistant dans les essais qu'il a conduit.

En effet, la variabilité observée pour le nombre des larves de nématodes indiquent que ces derniers se sont mieux développées chez la variété Séville et la population de Sidi Okba et Ain Naga. (Tableau n°14). En revanche, chez les autres populations locales, il y a eu une réduction de leur développement et ceci est confirmé par la classification sur l'échelle de

Hanonnick (Tableau n° 11). On peut donc estimer que dans nos conditions expérimentales, les populations locales et la variété Séville présentent une résistance relative au nématode testé. Toute fois, ce résultat ne constitue à ce stade qu'un résultat préliminaire dont il faudra le confirmer par d'autres tests sous serre et en plein champ.

Dans notre étude, les facteurs de reproduction des nématodes sont faibles et de ce fait ils ne sont pas bien distingués, mais la comparaison, avec le test Dunette, a révélé une différence significative avec les variétés populations Biskra, Tolga, Doucen et Guarta.

Les moyennes de reproduction des nématodes observées chez les populations locales sont inférieures à 1, à l'exception de la population de Sidi Okba, où les nématodes ont démontré leur capacité à se reproduire sur les plantes de cette population, qui semble avoir un niveau de résistance légèrement plus faible que le reste des populations testées (FR = 1.090). De même, la variété population Ain Nagua présente un FR de l'ordre de 0.991, ce qui presque 1, et de ce fait, elle peut être classée en variété non résistante. Bien que son nombre de population de nématodes finale est légèrement inférieur à celui des populations initiales. Ceci peut être expliqué par des pertes lors de l'inoculation. En effet, Mercer et Grant (1995) in Moussar *et al.*, (2007) ont estimé que plus de 75% de l'inoculum de *Ditylenchus* peut être perdu au courant de l'infestation.

De même, on a remarqué que bien que le facteur de reproduction de la population Biskra présente une différence significative avec celui de la variété témoin. (Tableaux 18 et 20), elle est classée dans les groupes homogènes ne présentant pas une différence significative. Cette ambiguïté peut s'expliquer en partie par la variabilité des symptômes observés sur les différents plants de Biskra. La difficulté de notation de symptômes intermédiaire. Des cas similaires ont été observés lors d'une étude menée par Caubel *et al.*, (1994) sur la résistance variétale du trèfle violet au nématode des tiges.

# **Conclusions et perspectives**

## Conclusions et perspectives

Le nématode des tiges, *Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Filipjev, comprend environ 30 taxons affectant plus de 500 espèces hôtes (Stoddard *et al.*, 2010). L'Organisation Européenne et Méditerranéenne de la protection des végétaux(OEPP) a classé *D. dipsaci* comme un pathogène de quarantaine A2 dans de nombreux pays (OEPP, 2009 Volvas *et al.*, 2011).

En Algérie, ce nématode cause beaucoup de dégâts et les résultats de lutte avec d'autres méthodes, notamment chimique, ne répondent pas vraiment aux attentes des agriculteurs. L'identification de nouvelles sources de résistances, l'utilisation et la valorisation de nos ressources phylogénétiques devient une alternative incontournable. Aussi, l'identification de ces nouvelles sources de résistances est très importante pour mettre en place des programmes d'amélioration et la production d'hybrides résistants.

A cet effet, notre travail constitue une contribution pour l'étude du comportement des populations locales de *Vicia faba* vis-à-vis de l'inoculation aux nématodes à tige. L'objectif principale de cette étude était de tester et d'évaluer, en pots et sous serre, la résistance de sept populations locales de *Vicia faba* L., collectées dans la région des Zibans, en utilisant la variété Séville, considérée, par comme témoin de référence résistant au *D. dipsaci*.

Plusieurs méthodes de screening ont été développées pour estimer la résistance de *Vicia Faba* L. dans des pots sous conditions contrôlées et dans les champs infestés par *Dispaci*.La méthode d'estimation de la résistance suivie dans notre essai s'est basée principalement sur trois indicateurs à savoir la notification des symptômes extériorisés, selon Hanounik *et al.*, (1986) et le comptage des populations finales ainsi que le taux de reproduction.

Notre étude nous a permis de connaître le niveau de sensibilité des populations locales en comparaison avec une variété classée résistant. Les résultats

indiquent des niveaux de résistance relativement supérieurs des plantes inoculées deux fois aux nématodes *Dipsaci*.

En effet, les résultats de la sévérité d'attaque des nématodes observés sur les variétés testées est variable entre des populations locales. Les résultats de notre expérimentation ont montré que toutes les populations de Biskra sont plus résistantes que la variété témoin Séville, qui s'est montrée sensible dans nos conditions, avec une notification de 6.4 (5-7) correspondent la classe moyennement sensible.

La même tendance a été observée sur les résultats obtenus en utilisant le comptage des populations finales de nématodes et leur taux de multiplications (FR). En fait, les populations locales ont présenté des moyennes de densités de populations finales de nématodes plus faibles que celles du témoin Séville, et une réduction des taux de multiplication des nématodes, ce qui indique fort probablement que ces variétés sont résistantes. La population de Sidi Okba et la variété Séville ont montré une augmentation des effectifs, respectivement de 84.927 et 95.465 nématodes/plant.

De plus, sur la base des résultats du taux de multiplication de ces nématodes il apparaît que les cinq populations : Guarta, Doucen, tolga, Biskra, M'ziraa, sont plus les plus résistantes car il y a réduction du nombre de nématodes par apport à l'inoculum. Par contre, les populations Ain nagua et Sidi okba ont enregistré une augmentation du nombre de nématodes. Sachant que la dynamique des populations *Ditylenchus dipsaci* est fortement influencée par les conditions environnementales l'humidité relative et en particulier la température, des essais sur le terrain et en pots sous serres doivent être menés pour estimer les fluctuations de populations.

L'ensemble des résultats obtenus a permis d'avoir une bonne base d'informations pour le comportement de *Dispaci* sur quelques populations locales pour une première étude. Toutes fois, d'autres essais doivent être encore réalisés en pour

L'utilisation de concentrations plus élevées d'inoculum afin d'estimer le degré de tolérance/résistance de ces populations locales constituera l'un des aspects d'une prochaine étude. Les essais doivent être réalisés en condition contrôlées d'inoculation et

avec d'autres témoins de résistances connues tels que BPL 1996 et INRA29 H. De même, l'utilisation des collections des pays du Grand Magreb ainsi que des lignées classées sensibles est plus que recommandé. L'identification et la caractérisation phénotypique et moléculaire de la race des nématodes algériennes est important. Ce travail est en cours de finalisation et les résultats escomptés permettront d'orienter plus les essais à mener.

Enfin, une étude génotypique par le biais des marqueurs moléculaires doit venir compléter ces observations et fournir une analyse plus complète qui aidera à entreprendre un programme d'amélioration assisté par marqueurs moléculaires afin de mettre une nouvelle variété adaptée aux conditions de la région Biskra.

# **Références**

# **Bibliographiques**

Abadandaloussi.F.,2001-Screening of *Vicia fabae* for resistance to for the giant race *Ditylenchus Dipsaci* I Marocco INRA, Programme Fourrages., Nematol. medit. 2001.Vol.29 pp .,29-33.

Adne., A.,2005-Charactization and genome organization of new luteoviruses and Nanoviruses infecting cool season legume food edit cuvillier verlag Gottingen.pp157.

Agrios G.N. 1995. Plant diseases caused by nematodes. In: Agrios G.N. (Ed.), Plant Pathology.

Agrios GN. 1988-Plant Pathology, Academic Press INC, London (UK),.pp 592

Ait.Ighl.M.,Caubel.,G., 1986-Contamination des grains de vicia faba par le nematodes des tiges *Ditylenchus dipsaci* .Conséquences épidémiologiques ., Seed Sci.Technol., Vol.14.,pp 413-438.

Akram., A.,2008-Elicitation de la résistance systémique induite chez la tomate et comcombre et activation de la voie de la lipoxygénase par des rhizobacteries non pathogène. Thèse. Biologie. Doc. Li ège.194p.

Alfano.J.R., collmer .A.,2004- Type III secretion système effector proteins: double agents en bacterial disease and plant defense.,Ann.,Rev.Phytopathol.,Vol 42:pp.385-414.

Alignan.M.,2006- phoma du tourne sol déterminisme de la tolérance de l'hôte à la maladie. Thèse Doc.Toulouse.297p.

Anonyme :ABAD.F.,Sdikki .M 1995-1996: Réseau maghrébin de recherche sur REMAFEVE fèveRapport Annuel. Contribution à la recherche des principaux parasites, maladies et ravageurs des fèves.

Anonyme : Direction des services agricoles de la wilaya de Biskra : Bilans de la productions agricoles.

Anonyme Ministère de l'agriculture et développement rural : Rapport sur les Wilayates de Biskra El oeud ,Ourgla .2010.pp.200.

Anonyme .;Institut Technique de Développement de l'Agriculture Saharienne 2006(ITDAS).Rapport sur l'état des ressources phytogénétiques des plantes cultivées dans la régions des ziban .

Aour-Sadi, M., Louadi, K., Doumandji, S-2008. Pollination of the broad bean (*Vicia faba* L. var. *major*) (Fabaceae) by wild bees and honey bees (Hymenoptera: Apoidea) and its impact on the seed production in the Tizi-Ouzou area (Algeria). *Afr. J. of Agri. Res.* **3**(4):pp 266-272.

Aslam.,K.,2001-Plant Deseases.,edition.,Kalpaz.,p.310

Augustin B, R A Sikora., 1989- Studies on host range of the normal norml giant Fabae bean races of *Ditylenchus dipsaci* Institut fur pflanzenkrankbeiten der universitat Bonn.5300, 1 fed, Rep, Germany. bacteri a ., Annu Rev PhytopathoVol .N° 36., pp 453–483

Bahri. B. A.,2008- Adapation et structuration spatiale des populations mètèrranéennes de rouille jaune du Puccinia *striiformis* f.sp. *tritici*., Thèse., Sciences du Végétal., Doc .,250p.

- Barakt .2005- Mémento d'agriculture biologique guide pratique à usage professionnel. 2<sup>ème</sup> éditions., agri décessions. pp. 416.
- Belaib.L.,2007 –Evaluation de l'activité nématocide de quelques plantes contre *Ditylenchus dipsaci*( Nematoda : Anguinidae)., Thèse. Agro. Mag. ANA. El harrach.41p.
- Belair ,Guy 1986 Revue sur la science de l'éducation phytoprotection p 65-69.
- Blanchard.A.,2006 - Identification polymorphisme et évolution moléculaire de Gènes du pouvoir pathogène chez le nématode à kyste de la Pomme de terre *globodera pallida*.,Thèse Doc Biologie., Université de Rennes 186p.
- Blaxter. M., 1998- *Caenorhabditis elegans* is a Nematode. Science.,Vol N° 282.,pp.2041-2046
- Bolton, M.D.,2009- Current Review: Primary Metabolism Plant Defense - Fuel for the Fire. Molecular Plant-Microbe Interactions.,Vol.,N° 22.,pp.487-497.
- Bordiec., S., 2010 - Interaction entre la vigne (*Vitis vinifera. L*) et une bactérie PGPR, *Burkholderia phytofirmans* souche PsJN : mécanismes de défense impliqués lors de la perception de la bactérie par la plante, et lors de l'établissement de la protection contre le froid et la pourriture grise. Thèse. Biologie. Doc. Reims champagne Ardenne.324 p.
- Brink.M.,Belay.G.,2006-Ressources végétales et légumes secs édition.,Wageningen. ACTA.,328 p..
- Brzeski.M.W.,1991-*Ditylenchus* Filipjev1936 (Nematoda:Anguinidae).,Revu Nématol., Instytut warzywnictwa,96-100 Keirnieuwice poland .,Vol.14(1).,pp9-59.
- Caporalino-Djian. C., Védie H., Arrufat A., 2009. Nématodes à galles, l'atout des plantes-pièges. PHYTOMA La Défense des Végétaux., Vol ., N° 624-625., pp21-25.
- Caromel.B.,2004 -Cartographie génétique et étude de QTL conférant la résistance au nématode à kyste *Globodera pallida* (Stone) chez la pomme de terre (*Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* L.). Thèse., Gènitique., Doc . PARIS XI ORSAY.,pp.174,
- Castagnone –Serenio.,P.,2002., Genitic variability of nematodes ., threat to the durability of plant resistant genes ? Euphytica Vol 124., pp193-199.

Castagnone-Sereno .P., Djian-Caporalino .C.,2011-Lutte contre les nématodes à galles en cultures maraichères : des recherches pour promouvoir la durabilité des résistances variétales .Invotion Agronomique,Vol. 5,pp. 55-64.

Castillo.P., Vovlas .N., Azpillicueta.A., Blanca.B., Landa ., Rafael M., Jiménez .Dfaz .2007 - Host-Parasite Relationships in Fall-Sown Sugar Beets Infected by the Stem and Bulb Nematode, *Ditylenchus dipsaci*. Plant Disease the American Phytopathological Society. Janury. pp. 71-79.

Caubel.G., Chatot. F., Mousset-Declas.C.,1994 -Résistance variétale du trèfle violet au nématodes des tiges *Ditylenchus dipsaci*.,Fourrages.,Vol.138.,pp. 165-173.

Caube.G.,Chaub.B.,Ecllosion et multiplication de *Heterodera schachtii* Schmidt en présence de colza ou de radis fourragers. Agronomie INRA.,Vol N°5(5).,pp.463-466.

Cauble.G.,Esquibet.M.,1995- Le nématodes des tiges en culture de légumineuses., Phytoma La défense des végétaux., N°476 Octobre.,pp.25-30.

Colcombet . J.,Hirt .H.,2008- Arabidopsis MAPKs: a complex signalling network involved in multiple biological process. Biochemistry Journal.,Vol .N°413.,pp 217-226.

Compant., S., 2007 -Interaction entre la vigne, *Vitis vinifera* L., et une bactérie endophytique, *Burkholderia phytofirmans* souche PsJN : colonisation, induction de défenses et résistance systémique contre *Botrytis cinerea*.Thèse.Agro.Doc.Champagne Ardenne. pp210.

Coyne, D.L., Nicol. J.M.,Claudius. C.,2010- IITA Les nématodes des plantes: Un guide pratique des techniques de terrain et de laboratoire Secrétariat SP-IPM, Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA), Cotonou, Benin.82 p.

Cazeux M., 2009- Etude de la résistance de la légumineuse modèle *Medicago truncatula* à *Colletotrichum trifolii* agent de l'antracnose. Thèse. Doc .AGR.Toulouse. 178 p .

Dangl J.L., Jones J.D.G. Plant pathogens and integrated defence responses to infection. Nature. 2001;411:pp 826–833.

Dangl J.L., Jones J.D.The plant immune system. Nature. 2006;444:pp 323–329.

Dagnelie,P.,2007-Statistique théorique et appliqué interférence statistique à une et deux dimensions 2 édition de Boecke734p..

Deikman.M.,Putter .,T.,1997-FAO/IPGRI technical guidelines for the safe movement of germplasm: Allium spp publié par Martin Diekmann Alliums sp edit FAO/IPGRI.,pp 47.

DeLorenzo .G., Galletti.R.,Ferrari.S.,2011-Arbidopsis MPK3and MPKS6 play different roles in basal and oligoglacturonide or flagellin-induced against Botrytis cinerea.,Plantphysiologie., Oct;157(2):599-600 pp.

Djebali., N., 2008 -Etude des mécanismes de résistance de la plante modèle *Medicago truncatula* vis-à-vis de deux agents pathogènes majeurs des légumineuses cultivées : *Phoma medicaginis* et *Aphanomyces euteiches* .Thèse .,Doc.,Toulouse..209 pp.

Dubreuil., C., 2010 -Mode d'action de l'acide beta –Aminobutyrique chez la Vigne un inducteur de résistance aux pathogènes et étude des mécanismes impliqués dans la sensibilité aux pathogène du mutant PAD2 d'*arabidosis* déficient en glutathion. Bourgogne ; Biologie 263p.

Duc . G.,Faba bean *Vicia fabae* L Feild Crops Research.,Vol .53.,pp53-97.

Eha ŠVILPONIS Anne LUIK Eino.,2008- Plant parasitic Ditylenchus in Estonia ,Zemdirbyste-Agriculture, vol. 95., N° 3 , UDK 633.491:632.651 p. 186–193.

Elibrom ., 2005- Les coléoptères musée entomologique Tome 1.85 p.

Esquibet.M., Grenier.E., Plantard.O., Andaloussi. F.A., Caubel .G., 2003- DNA polymorphism in the stem nematode *Ditylenchus dipsaci*: development of diagnostic markers for normal and giant races. Genome.,Dec,Vol. 46., N°6.,pp.1077-83.

Feillet P., 2000-Le grain de blé : composition et utilisation., INRA Editions,pp308.

Jourdan.E., Ongena.M.,Thonart.P-2008- Caractéristiques moléculaires de l'immunité des plantes .pp 10-16.

Guedira.A;Rammah.A.,Triqui.Z.,Chlyah .H .,Chlyah.B., Haïcour.,R.,2004- C. R. Biologies Évaluation de la résistance à deux nématodes : Radopholus similiset Meloidogyne spp. chez quatre génotypes de bananiers au Maroc.Plant biology and pathology.Vol.N°327.,328 745–751pp

Glazebrook J, Chen W, Estes B, Chang HS, Nawrath C, Métraux JP, Zhu T, and Katagiri F. Göhre, V., Robatzek, S. (2008). Breaking the barriers: Microbial effector molecules subvert plant immunity. Annual Review of Phytopathology.,Vol.,N° 46.,pp.189-215.

Goly Gnonhourri.P., Ouya.A., Assiénan.B. , Atsé.Y.,Résistance et tolérance d'Ananas comos vis-à-vis du nématode *Pratylenchus brachyurus* en Cote d'Ivoire., Cahier Agricultures. Volum 9 N° 2.pp.145-147.

Greco.N .,Vovla.N.,Inessera.R.N. 1991-The stem and bulb nematode *Ditylenchus dipsaci*.,Nematology .Circular N°187 .,pp.12-16 and

Greco.N.,vovlas.R.N.,1991-Insera Nematology circular N°187 March 1991.Fla.dept. Agric. et Consumer Serv. Division of plant industry.

Griffith.G.S.,Cook.,R.,Mizen.K.A.1997- *Ditylenchus dipsaci* Infestation of *Trifolium repens* Temperature Effects, Seedling Invasion, and a Field Survey.Journal of Nematology.,Vol., N°. 29(2).,pp 180-189.

Gubina.V. G .,1982-Nematodes of Plant and Soils: Genus *Ditylenchus*, Moscow, Saad

Hammond-Kosack KE, and Kanyuka K. 2007. Resistance Genes (R Genes) in Plants.

Hammond-Kosack KE, and Parker JE. 2003. Deciphering plant–pathogen communication:

Hay.F.S., Bateson.L 1997 - Australasian plant pathogény Effects of the nematophgous fungi *Hirsutella rhossiliensis* and *Verticillium balanoides* On stem nematode *Ditylenchus disaci* with clover Vol.23, N°3.pp. 142-147.

He.P, Shan.L.,Lin .N.C, Martin.G.B, Kemmerling B, Nurnberger T, Sheen. J. 2007 Specific bacterial suppressors of MAMP signaling upstream of MAPKKK in Arabidopsis innate immunity. Cell 125. pp.563-575

Hooper.D.J.,1972- *Ditylenchus dipsaci* indescription of plante-prasitic nematodes.CIH.,set1 VOL N°14.,pp45-50.

Hossard.L, C. Lannou. J., Papaix.H. Monod.E., Lô-Pezler.V., Souchère. M.H. Jeuffroy.,2010- induite par les rhizobactéries non pathogènes., Biotechnol. Agron. Soc. Environ.,Vol 12(4), pp 15-33.

INRAA, 2006- rapport national sur l'état des ressources phylogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture Deuxième rapport national sur l'état des ressources phylogénétiques Juin 2006

Janssen. G.J.W., Van der Wal., A.E., Parlevliet., J.E.,1993-Possibilities of family selection in a cultivar of lucerne, *Medicago sativa L*, for resistance to the stem nematode, *Ditylenchus dipsaci* (Kuhn) Filipjev ., *Euphytica.*, Vol.66., pp., 207-209.

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.

Josefina C. Sillero a , Angel M. Villegas-Ferna' ndez b Jane Thomas c Maria M. Rojas-Molina a Amero A. Emeran d, Mo' nica Ferna' ndez-Aparicio b , Diego Rubiales b a

Kamoun., S. 2001- Non host resistance to Phytophthora: novel prospects for a classical problem. *Current Opinion in Plant Biology.*, Vol.N° 4., pp.295-300.

Khan., A., 2001., Edition. Kalpaz., pp.310.

Koike .S., Gladders.P ., Paulus.O ., 2007- subvert plant immunity., *Annual Review of Phytopathology.*, *Acolor Handbook . Academic Press.*, Vol 46., pp.189-215.

Kühnhold Von Volker ., 2011-Investigation on host-parasite interaction between the stem nematode *Ditylenchus dipsaci* and sugar beet *Beta vulgaris* and their importance for development of alternative integrated management strategies., *Institut für Nutzpflanzenwissenschaft und Ressourcenschutz., Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität., zu Bonn* pp115..

Lamari, L., Bernier, C.C., 1985- Etiology of seedling blight and root rot of faba bean (*Vicia faba*) in Manitoba. *Can. J. Plant Pathol.* Vol.N° 7., pp139-145

Le Roux.V., Brunissen.L., Charles .V., Giordanengo.P., 2008- Amélioration génétique de la pommes de terre et résistance aux pucerons :D u terre a la réponse moléculaire de la plante *Cahiers Agricultures* vol. 17, n° 4, juillet-août pp. 401-405.

Lepoivre, P. (2003) *Phytopathology.* De Boeck Université, Bruxelles.

Mahfoud.A.,Porte.C.,Caubel.,G -1996 La résistance de la betterave sucrière HM1091 vis-à-vis du nématode à kyste *Hetrodra schachatii* Institut National Recherche Agronomique Zoologie, Nematol, Medit N°24.,pp.227-233.

Marchive.C.,2006-Identification et caractérisation fonctionnelle d'un gène codant un facteur de transcription de type w.r.k.y chez la vigne, VWRKY1 implication dans les mécanismes de défense.Thèse.Doc., Bordeaux1.,pp. 364.

Mark van de Wouw, Dirk Enneking Nigel Maxted and Larry D.Robertson Mark van de Wouw, Dirk Enneking Nigel Maxted and Larry D.Robertson.,2001-Genetic Resources of Mediterranean Vicia Species., Plant Genetic Resources of Legumes in the Mediterranean. Dordrecht: Kluwer; pp. 132-157.

Mazid.M.,Khan.TA.,Mohammad.F.,2011-Role of secondary metabolites in defense mechanisms of plants., Biology and medicine N°2.?Vol.31 pp 232-249.

Maxted et Bennett .S.J 2001-Legume diversity in the Mediterranean region .Plant Genetic Ressources of legumes in the Mediterranean . Dordrecht, Netherlands Kluwer Academic .Vol.,p 39.

Meddjoub.M.A.,Huignard. J.,2011 – Bioécologie de la bruche de la fève (*B.rufimanus*), relations spatio-temporelles entre la bruche et sa plante hôte (*Vicia faba*) dans deux parcelles situées à deux altitudes différentes dans la région de Kabylie (Algerie). Neuvième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture .26 et 27 octobre. Montpellier.

Mercer, C.F.,Grant, J.L.,1995-Resistance of the white clover variety G49 and its parent lines to stem nematode *Ditylenchus dipsaci*.,New Zealand Journal of Agricultural Research.,Vol N° 38,pp495–499.

Messaiea.C.M.,J.Cahat.J.,Jeraux.J.I.,Pichon.M.,Beyries.A.,1993- Les allium alimentaires reproduction par voie végétative. Edition INRA . pp228.

Messiaen.C.M.,Messaiea-Pagotto.F. ,2009- Le potager Familial méditerranéen 2<sup>ème</sup> Editions Quae 2009.182p.

Michel. L., Sikora.A.R.,Bridge.J.,2005- Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture.,CABI Publishing is a division of CAB International ., 2nd Edition., Egham, UK.pp.,841.

Miloslav.Z., Ondřej.D., LHOTSKÝ.D., PAVELA.,R.,2009- Effect of Plant Essential Oils on Mortality .

Montarry.J .,2007 - Réponse adaptative des populations de *Phytophthora* infestans, agent du mildiou de la pomme de terre, au déploiement en culture de son hôte *Solanum tuberosum*. Thèse. Agro.Doc. ENSR. Rennes.177p.

Montserrat.M.S., 2009- Etude de l'interaction de *Medicago truncatula* avec *Fusarium oxysporum* et rôle avec de l'interaction de la plante avec différents agents pathogènes et symbiotique .Thèse Doc.Toulouse.194p.

Mougou. Hamdane. ,A., Interaction Chêne-oïdium : 2009- Caractérisation moléculaire et adaptation locale du parasite, résistance génétique de l' hôte., Sciences du écologie., Thé.Doc. L'université Bordeaux 1.,250p.

Noir.S.,2002-Diversité des gènes de résistance au sein du génome des caféiers *Coffea.L* Analyse génétique de la résistance au nématodes à galles Méloïdogyne exige chez *C.arabica.*,Thé.Doc.,uni.Montpellier.,pp.173.

Noir.S.,Lashermes.,2000- Organisation et évolution des gènes de résistance chez les - plantes., Cahiers Agricultures., Vol .9.,N°4.,pp.301-308.

Nürnberg.T.,1999-Signal perception in plants pathogene de defense cell Mol Lif sci N°55.,pp167-182

OEPP Volume 38, Numero3, Page 363-373,Décembre 2008 *Ditylenchus destructore* et *Ditylenchus dipsaci*of the Stem Nematode (*Ditylenchus dipsaci*)Vol.45.,N°2.,66-73.

Pesson.P.,loveaux.,J.1984- Pollinisation et production végétales édition INRA.,pp 631.  
pp.51-57..

Rapilly.F.,1991-L'Epidémiologie en Pathologie végétale. Mycoses aériennes. ,Editions. INRA .,Paris.

Raynal.G., 1989- Ennemis et maladies des prairies: maladies, ravageurs et parasites des Animaux .,Edition .Quae.pp.252

Reddy.,P 1983- plant nematology .Ed. Agri.Pul .Acad. India.,287p.

Robatzek.R.,1988-Principe de phytopathologie et de lutte contre les maladies résistantes aux nématodes, p. 125-185. Dans: Biopesticides d'origine végétale : potentialités phytosanitaires. C. Regnault-Roger et al, Editions Tec & doc, Lavoisier, Paris, 546 pp.

Saadi.I.,2008- Analyse des semences de fève( *vicia faba*) infestées par *Ditylenchus dipsaci* (Nematoda :Anguinidae) et recherche d'une méthode de lutte contre ce nématode Thèse. Agro.Mag. ANA. El harrach .72p

Sanabria N, Goring D, Nurnberger T, Dubery I.,2008 Self/nonself perception and recognition mechanisms in plants: a comparison of self-incompatibility and innate immunity. New Phytol 178: pp : 503-514

Scheriber .E.R.,1978 -Biologie importance et moyen de contrôle du nématode des tiges sur fève au Maroc., Bull .prot. cult. N°4.Tanger. 30p.

Sels J, Mathys J, De Coninck BM, Cammue BP, De Bolle MF (2008) Plant pathogenesis-related (PR) proteins: a focus on PR peptides. Plant Physiol Biochem 46: pp 941-950.

Siddiqui.I.A.,Shaukat.S.S. 2003-Suppression of root-knot disease by *Pseudomonas fluorescens* CHA0 in tomato: importance of bacterial secondary metabolite, 2,4-diacetylphloroglucinol. Soil Biol. Biochem. 35(12):1615-1623pp.

Siddiqui.Z.A., Irshad.M.,-Biological control of plant parasitic nematodes by fungi: A review Bioresource Technology Volume 58, Issue 3, December 1996, 229–239pp.

Sikora.A.R.,Bridge.J.,Michel.L., 2005.- Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and -Tropical Agriculture.,CABI Publishing is a division of CAB International ., 2nd Edition., Egham, UK.,841.

Sillero.J.C., Villegas Fernández .A.M.,Emeran.A.A.,Flores.F.,Rubiales.,2011-Multiple-disease resistance in *Vicia faba* : Multi-environment field testing for identification of combined resistance to rust and chocolate spot ., Field Crops Research.,Vol .124: 59-65p.

Staskawicz, B.J., Ausubel, F.M., Baker, B.J., Ellis, J.G. & Jones, J.D.G.,1995-Molecular genetics of plant disease resistance. Science.,Vol.,N° 268:pp.661-667.

Stoddard.,F.L., Nicolas.A.H.,Rubiales.D.,Thomas.I.,Villegas-Fernandez.A.M.,2010-Integrated pest management in *Faba* ben. Field Crops Research.,Vol .115: pp 308-318.

Stulemeijer .I., Joosten .J., 2008-Post-translation modification of host proteins in pathogen-triggered defence signaling in plants. *Mol Plant Pathol.* Vol.N° 9:pp.545-560.

Sturhan.D.,Brzeski .M. W. 1991-Stem and bulb nematodes, *Ditylenchus* sp. *Manual of Agricultural Nematology*. W. R. Nickle ed. Marcel Dekker, Inc., New York: pp.426-426.

Subbotin.,S.A., Mehrdad.M., Eino .K., Dieter. S.,Moens.M.,2005 - Molecular Diagnostics, Taxonomy, and Phylogeny of the Stem Nematode *Ditylenchus dipsaci* Species Complex Based on the Sequences of the Internal Transcribed Spacer-rDNA.,*The American Phytopathological Society.*,Vol.95.,N°11.,pp.1308-1315

Suty.L.,2010-La lutte biologique vers --de nouveaux équilibre écologiques., éditions. Quae.,328p.

Taylor.A.,1968-Introduction à la recherche des nématodes phytoparasites. *Manuel de la FAO.*,Rome.,135 p.

Taylor .S.,Szot.D-2000., First record of damage to canola caused by the oat race of stem nematodes *Ditylenchus dipsaci*.,*Australasian Plant pathology.*V29.,pp 153.

Travadon .D.,2008- Facteurs épidémiologiques contribuant à l'adaptation des populations de *Leptosphaeria maculans* aux résistances spécifiques de *Brassica napus* : dispersion des pycnidiospores et des ascospores et progression systémique du champignon. Thèse. Agronomie. Doc. Rennes.194pp..

Turpeau .Ait ighil.,Eedryver C.A.Chubot.B.,Hullé.M.,2011-Les pucerons des cultures grandes cycles biologiques et activités de vol .édition., Quae .,ACTA .135pp.

Turner., M., 2009- Plusieurs niveaux de contrôle sont mis en jeu lors du flétrissement bactérien chez la Légumineuse modèle *Medicago truncatula*.Thèse. Génétique.Doc.Toulouse. 194p.

Vance, C.P. and Graham, P.H. and Allan, D.L. (2000) *Biological Nitrogen Fixation: Phosphorus - A Critical Future Need?* In: *Nitrogen Fixation: From Molecules to Crop Productivity*. *Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture*, 38 . Springer Netherlands.,509-514p.

- Vovals.N.,Troccoli.A.,Palomares-Rius. J.,De Luca.F.,Liebanas. G.,Landab.B.B.,S. A. Subbotin.S.A.,Castillo.P. 2011- *Ditylenchus gigas* n. sp. parasitizing broad bean: a new stem nematode singled out from the *Ditylenchus dipsaci* species complex using a polyphasic approach with molecular phylogeny., *Plant Pathology*.pp.1-14.
- Van Ooijen G., van den Burg H.A., Cornelissen B.J., Takken F.L. Structure and function of resistance proteins in solanaceous plants. *Annu. Rev. Phytopathol.* 2007;45:pp 43–72.
- Wajciechowski ,MF Lavin M., and Sanderson ., MI 2004.- Aphytogeny of legumes Leguminosa based on analysis of the plastid mat k gene resolves many wellsupported subclades with the family .*Am I .* pp.1846 1862.
- Whithhead ,A.G.1987- Variation in the development of stem nematode, *Ditylenchus dipsaci*, in susceptible and resistant crop plants . *Annals of Appleid Biology*.
- Young, N.D., Mudge, J., and Ellis, T.H. (2003) - Legume genomes more than peas in a pod. *Curr Opin., Plant Biol.,Vol 6.,pp. 199-204.*
- Yuksel, H. S.1960-Observation on the life cycle of *Ditylenchus dipsaci* on onion ---- seedlings. *Nematologica.,Vol .N° 5.,pp. 289-296.*
- Zhu.H.,Choi H-K.,Cook.D.R.,Shoemaker.R.C.,2005-Bridging Model and Crop Legumes through Comparative Genomics., *Plant Physiology .,VOL .137.pp. 1189–1196.*
- Zipfel, C 2008- Pattern-recognition receptors in plant innate immunity. *Current Opinion Immunology .,Vol 20 pp.10-16.*

## **Références Electroniques**

- FAO STAT 2011 Food and Agriculture organization of the United Nation Rome <http://faostat.fao.org/>accessed.Dec 2011
- <http://www.tutiempo.net>



# **Annexes**



Annexe N °1

Evolution des notifications des symptômes selon l'échelle Hanounik et al., (1986) chez les plants inoculés

populations/mois	Novembre	Décembre	janv	fev	mars
Sév	1	1	2	3,265	6,2
Mz	1	1	1,66	2,33	3
An	1	1	2	2,5	3,5
dou	1	1	1,125	1,5	2,49
sok	1	1	1,125	2	3,12
gur	1	1	1	1,16	1,58
Bis	1	1	1,39	2,24	2,875

NB Les moyennes des notifications moyennes ont été calculées par bloc

Annexe N°2

Statistiques descriptives :

Variable	Observations	Obs. avec Données manquantes	Obs. sans Données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Notification de l'échelle De Hanounik et al.,	40	0	40	1,000	7,000	3,168	1,493

Variable	Modalités	Effectifs	%
Populations	Ain naga	4	10,000
	Biskra	4	10,000
	Doucen	4	10,000
	Guarta	4	10,000
	M'ziraa	4	10,000
	Sidi okba	4	10,000
	Tolga	4	10,000
	Témoin	4	10,000
	m	8	20,000

Statistique	Populations Ain Nagua	Populations Biskra	Populations Doucen	Populations Guarta	Populations M'ziraa	Populations Sidi Okba	Populations Tolga	Populations Témoin	Populations m
Tolérance	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
VIF	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Matrice de corrélation :

Variables	Populations -A-N	Populations- Biskra	Populations -Doucen	Populations- Guarta	Populations- M'ziraa	Populations- S- O	Populations- Tolga	Populations -Témoin	Populations- M	Notification de l'échelle de Hanounik et al.,
Populations Ain naga	<b>1,000</b>	-0,111	-0,111	-0,111	-0,111	-0,111	-0,111	-0,111	-0,167	0,007
Populations Biskra	-0,111	<b>1,000</b>	-0,111	-0,111	-0,111	-0,111	-0,111	-0,111	-0,167	-0,066
Populations Doucen	-0,111	-0,111	<b>1,000</b>	-0,111	-0,111	-0,111	-0,111	-0,111	-0,167	-0,152
Populations Guarta	-0,111	-0,111	-0,111	<b>1,000</b>	-0,111	-0,111	-0,111	-0,111	-0,167	-0,358
Populations M'ziraa	-0,111	-0,111	-0,111	-0,111	<b>1,000</b>	-0,111	-0,111	-0,111	-0,167	-0,057
Populations Tolga	-0,111	-0,111	-0,111	-0,111	-0,111	-0,111	<b>1,000</b>	-0,111	-0,167	-0,094
Populations Témoin	-0,111	-0,111	-0,111	-0,111	-0,111	-0,111	-0,111	<b>1,000</b>	-0,167	0,731
Populations M	-0,167	-0,167	-0,167	-0,167	-0,167	-0,167	-0,167	-0,167	<b>1,000</b>	0,000
Notification del'échelle de Hanounik et al.,	0,007	-0,066	-0,152	-0,358	-0,057	-0,010	-0,094	0,731	0,000	<b>1,000</b>

Statistique	Populations A-N	Populations Biskra	Populations Doucen	Populations Guarta	Populations M'ziraa	Populations S-O	Populations Tolga	Populations Témoin	Populations m
Tolérance	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
VIF	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
0	32	1,000	7,000	3,168	1,537

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	7	54,948	7,850	10,314	< 0.0001
Erreur	24	18,265	0,761		
Total corrigé	31	73,212			

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Popultions	7	54,948	54.94	10,314	< 0,0001

Source	Valeur	Ecart-type	t	Pr >  t	Borne inférieure (99.900%)	Borne supérieure (99.900%)
Constante	6,400	0,436	14,673	< 0.0001	4,766	8,034
Populations-Ain naga	-3,200	0,617	-5,188	< 0.0001	-5,510	-0,890
Populations-Biskra	-3,525	0,617	-5,714	< 0.0001	-5,835	-1,215
Populations-Doucen	-3,903	0,617	-6,326	< 0.0001	-6,213	-1,592
Populations-Guarta	-4,818	0,617	-7,810	< 0.0001	-7,128	-2,507
Populations-M'ziraa	-3,485	0,617	-5,650	< 0.0001	-5,795	-1,175
Populations-Sidi okba	-3,278	0,617	-5,313	< 0.0001	-5,588	-0,967
Populations-Tolga	-3,650	0,617	-5,917	< 0.0001	-5,960	-1,340
Populations-Témoin	0,000	0,000				

Annexe N°3

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
Témoin	6,400	A	
Ain naga	3,200		B
M	3,168		B
Sidi okba	3,123		B
M'ziraa	2,915		B
Biskra	2,875		B
Tolga	2,750		B
Doucen	2,498		B
Guarta	1,583		B

XLSTAT 2009.6.01 - ANOVA

Y / Quantitatives : Classeur \_20120505.xlsm / Feuille = Sheet1 / Plage = Sheet1!\$F\$50:\$G\$82 / 32 lignes et 2 colonnes

X / Qualitatives : Classeur = \_20120505.xlsm / Feuille = Sheet1 / Plage = Sheet1!\$E\$50:\$E\$82 / 32 lignes et 1 colonne

Libellés des observations : Classeur = 20120505.xlsm / Feuille = Sheet1 / Plage = Sheet1!\$E\$50:\$E\$82 / 32 lignes et 1 colonne

Contraintes : a1=0

Intervalle de confiance (%) : 95

Utiliser les moyennes estimées : Oui

Variable	Modalités	Effectifs	%
Zone	Ain nagua	4	12,500
	Bis	4	12,500
	Daoucen	4	12,500
	Guarta	4	12,500
	M'zira	4	12,500
	Sidi okba	4	12,500
	Tolga	4	12,500
	Témoïn	4	12,500

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Nombre de nématodes/plantes	32	0	32	51,125	102,332	75,181	13,347
Pf/pi	32	0	32	0,639	1,279	0,943	0,169

Annexe N°4

Variables	Zone-A-N	Zone-Bis	Zone-Daoucen	Zone-Guarta	Zone-M'zira	Zone-S-O	Zone-Tolga	Zone-Témoin	Nombre de nématodes/plantes
Zone-Ain nagua	<b>1,000</b>	-0,143	-0,143	-0,143	-0,143	-0,143	-0,143	-0,143	0,119
Zone-Bis	-0,143	<b>1,000</b>	-0,143	-0,143	-0,143	-0,143	-0,143	-0,143	-0,012
Zone-Daoucen	-0,143	-0,143	<b>1,000</b>	-0,143	-0,143	-0,143	-0,143	-0,143	-0,303
Zone-Guarta	-0,143	-0,143	-0,143	<b>1,000</b>	-0,143	-0,143	-0,143	-0,143	-0,471
Zone-M'zira	-0,143	-0,143	-0,143	-0,143	<b>1,000</b>	-0,143	-0,143	-0,143	0,017
Zone-Sidi okba	-0,143	-0,143	-0,143	-0,143	-0,143	<b>1,000</b>	-0,143	-0,143	0,280
Zone-Tolga	-0,143	-0,143	-0,143	-0,143	-0,143	-0,143	<b>1,000</b>	-0,143	-0,213
Zone-Témoin	-0,143	-0,143	-0,143	-0,143	-0,143	-0,143	-0,143	<b>1,000</b>	0,584
Nombre de nématodes/plantes	0,119	-0,012	-0,303	-0,471	0,017	0,280	-0,213	0,584	<b>1,000</b>
Pf/pi	0,108	-0,020	-0,307	-0,473	0,009	0,334	-0,218	0,568	0,996

Statistiques de multicollinéarité :

Statistique	Zone-A-N	Zone-Bis	Zone-Daoucen	Zone-Guarta	Zone-M'zira	Zone-Sidi okba	Zone-Tolga	Zone-Témoin
Tolérance	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
VIF	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Régression de la variable Nombre de nématodes/plantes :  
Coefficients d'ajustement (Variable Nombre de nématodes/plantes) :

Observations	32,000
Somme des poids	32,000
DDL	24,000
R <sup>2</sup>	0,694
R <sup>2</sup> ajusté	0,605
MCE	70,447
RMCE	8,393
MAPE	8,375
DW	2,397
Cp	8,000
AIC	142,950
SBC	154,676
PC	0,510

Annexe N°5

Observations	32,000
Somme des poids	32,000
DDL	24,000
R <sup>2</sup>	0,694
R <sup>2</sup> ajusté	0,605
MCE	70,447
RMCE	8,393
MAPE	8,375
DW	2,397
Cp	8,000
AIC	142,950
SBC	154,676
PC	0,510

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	7	3831,630	547,376	7,770	< 0.0001
Erreur	24	1690,734	70,447		
Total corrigé	31	5522,364			

Analyse de la variance (Variable Nombre de nématodes/plantes) :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	7	3831,630	547,376	7,770	< 0.0001
Erreur	24	1690,734	70,447		
Total corrigé	31	5522,364			

*Calculé contre le modèle  $Y = \text{Moyenne}(Y)$*

Paramètres du modèle (Variable Nombre de nématodes/plantes) :

## Annexe N°6

Prédictions et résidus (Variable Nombre de nématodes/plantes) :

Observation	Poids	N nématodes/ plantes	Préd(Nombre de nématodes/ plantes)	Résidu	Résidu std.	Ecart-type sur la préd. (Moyenne)	Borne inférieure 95% Moyenne	Borne supérieure 95% (Moyenne)	Ecart-type sur la préd. (Observation)	Borne inférieure 95% (Observation)	Borne Supérieure 95%
Témoin	1	89,866	95,465	-5,598	-0,667	4,197	86,803	104,126	9,384	76,097	114,832
Témoin	1	102,332	95,465	6,868	0,818	4,197	86,803	104,126	9,384	76,097	114,832
Témoin	1	94,660	95,465	-0,804	-0,096	4,197	86,803	104,126	9,384	76,097	114,832
Témoin	1	95,000	95,465	-0,464	-0,055	4,197	86,803	104,126	9,384	76,097	114,832
Ain nagua	1	64,125	79,300	-15,175	-1,808	4,197	70,639	87,961	9,384	59,932	98,668
Ain nagua	1	77,660	79,300	-1,640	-0,195	4,197	70,639	87,961	9,384	59,932	98,668
Ain nagua	1	86,500	79,300	7,200	0,858	4,197	70,639	87,961	9,384	59,932	98,668
Ain nagua	1	88,915	79,300	9,615	1,146	4,197	70,639	87,961	9,384	59,932	98,668
Bis	1	80,500	74,750	5,750	0,685	4,197	66,089	83,411	9,384	55,382	94,118
Bis	1	62,500	74,750	-12,250	-1,459	4,197	66,089	83,411	9,384	55,382	94,118
Bis	1	82,500	74,750	7,750	0,923	4,197	66,089	83,411	9,384	55,382	94,118
Bis	1	73,500	74,750	-1,250	-0,149	4,197	66,089	83,411	9,384	55,382	94,118
Daoucen	1	54,958	64,655	-9,696	-1,155	4,197	55,993	73,316	9,384	45,287	84,022
Daoucen	1	66,750	64,655	2,096	0,250	4,197	55,993	73,316	9,384	45,287	84,022
Daoucen	1	62,250	64,655	-2,404	-0,286	4,197	55,993	73,316	9,384	45,287	84,022
Daoucen	1	74,660	64,655	10,006	1,192	4,197	55,993	73,316	9,384	45,287	84,022
Guarta	1	51,125	58,802	-7,677	-0,915	4,197	50,141	67,463	9,384	39,434	78,170
Guarta	1	61,833	58,802	3,031	0,361	4,197	50,141	67,463	9,384	39,434	78,170
Guarta	1	62,250	58,802	3,448	0,411	4,197	50,141	67,463	9,384	39,434	78,170
Guarta	1	60,000	58,802	1,198	0,143	4,197	50,141	67,463	9,384	39,434	78,170

M'zira	1	80,250	75,781	4,469	0,532	4,197	67,120	84,442	9,384	56,413	95,149
M'zira	1	60,000	75,781	-15,781	-1,880	4,197	67,120	84,442	9,384	56,413	95,149
M'zira	1	72,583	75,781	-3,198	-0,381	4,197	67,120	84,442	9,384	56,413	95,149
M'zira	1	90,291	75,781	14,510	1,729	4,197	67,120	84,442	9,384	56,413	95,149
Sidi okba	1	80,500	84,927	-4,427	-0,527	4,197	76,266	93,588	9,384	65,559	104,295
Sidi okba	1	89,875	84,927	4,948	0,590	4,197	76,266	93,588	9,384	65,559	104,295
Sidi okba	1	87,500	84,927	2,573	0,307	4,197	76,266	93,588	9,384	65,559	104,295
Sidi okba	1	81,833	84,927	-3,094	-0,369	4,197	76,266	93,588	9,384	65,559	104,295
Tolga	1	71,500	67,771	3,729	0,444	4,197	59,109	76,432	9,384	48,403	87,138
Tolga	1	61,333	67,771	-6,438	-0,767	4,197	59,109	76,432	9,384	48,403	87,138
Tolga	1	62,250	67,771	-5,521	-0,658	4,197	59,109	76,432	9,384	48,403	87,138
Tolga	1	76,000	67,771	8,229	0,980	4,197	59,109	76,432	9,384	48,403	87,138

Annexe N°7

Régression de la variable Pf/pi

Coefficients d'ajustement (Variable Pf/pi) :

Observations	32,000
Somme des poids	32,000
DDL	24,000
R <sup>2</sup>	0,711
R <sup>2</sup> ajusté	0,626
MCE	0,011
RMCE	0,103
MAPE	8,031
DW	2,334
Cp	8,000
AIC	-138,440
SBC	-126,714
PC	0,482

Analyse de la variance (Variable Pf/pi) :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	7	0,630	0,090	8,421	< 0.0001
Erreur	24	0,257	0,011		
Total corrigé	31	0,887			

Paramètres du modèle (Variable Pf/pi) :

Source	Valeur	Ecart-type	t	Pr >  t	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
Constante	0,991	0,052	19,166	< 0.0001	0,884	1,097
Zone-Ain nagua	0,000	0,000				
Zone-Bis	-0,057	0,073	-0,776	0,445	-0,208	0,094
Zone-Daoucén	-0,183	0,073	-2,503	0,020	-0,334	-0,032
Zone-Guarta	-0,256	0,073	-3,505	0,002	-0,407	-0,105
Zone-M'zira	-0,044	0,073	-0,598	0,555	-0,195	0,107
Zone-Sidi okba	0,099	0,073	1,358	0,187	-0,052	0,250
ZoneTolga	-0,144	0,073	-1,970	0,061	-0,295	0,007
Zone-Témoin	0,202	0,073	2,767	0,011	0,051	0,353

## Annexe N° 8

Prédictions et résidus (Variable Pf/pi) :

Observation	Poids	Pf/pi	Préd (Pf/pi)	Résidu	Résidu std.	Ecart-type sur la préd. (Moyenne)	Borne inférieure 95% (Moyenne)	Borne Supérieure 95% (Moyenne)	Ecart-type sur la préd. (Observation)	Borne Inférieure 95% (Observation)	Borne Supérieure 95%
Témoin	1	1,123	1,193	-0,070	-0,677	0,052	1,086	1,300	0,116	0,954	1,432
Témoin	1	1,279	1,193	0,086	0,832	0,052	1,086	1,300	0,116	0,954	1,432
Témoin	1	1,183	1,193	-0,010	-0,097	0,052	1,086	1,300	0,116	0,954	1,432
Témoin	1	1,187	1,193	-0,006	-0,058	0,052	1,086	1,300	0,116	0,954	1,432
Ain nagua	1	0,801	0,991	-0,190	-1,835	0,052	0,884	1,097	0,116	0,752	1,229
Ain nagua	1	0,970	0,991	-0,021	-0,201	0,052	0,884	1,097	0,116	0,752	1,229
Ain nagua	1	1,081	0,991	0,090	0,873	0,052	0,884	1,097	0,116	0,752	1,229
Ain nagua	1	1,111	0,991	0,120	1,163	0,052	0,884	1,097	0,116	0,752	1,229
Bis	1	1,006	0,934	0,072	0,696	0,052	0,827	1,041	0,116	0,695	1,173
Bis	1	0,781	0,934	-0,153	-1,480	0,052	0,827	1,041	0,116	0,695	1,173
Bis	1	1,031	0,934	0,097	0,938	0,052	0,827	1,041	0,116	0,695	1,173
Bis	1	0,918	0,934	-0,016	-0,155	0,052	0,827	1,041	0,116	0,695	1,173
Daoucen	1	0,686	0,808	-0,122	-1,178	0,052	0,701	0,914	0,116	0,569	1,046
Daoucen	1	0,834	0,808	0,026	0,254	0,052	0,701	0,914	0,116	0,569	1,046
Daoucen	1	0,778	0,808	-0,030	-0,288	0,052	0,701	0,914	0,116	0,569	1,046
Daoucen	1	0,933	0,808	0,125	1,211	0,052	0,701	0,914	0,116	0,569	1,046

Guarta	1	0,639	0,735	-0,095	-0,924	0,052	0,628	0,841	0,116	0,496	0,973
Guarta	1	0,771	0,735	0,037	0,353	0,052	0,628	0,841	0,116	0,496	0,973
Guarta	1	0,778	0,735	0,044	0,421	0,052	0,628	0,841	0,116	0,496	0,973
Guarta	1	0,750	0,735	0,016	0,150	0,052	0,628	0,841	0,116	0,496	0,973
M'zira	1	1,003	0,947	0,056	0,542	0,052	0,840	1,054	0,116	0,708	1,186
M'zira	1	0,750	0,947	-0,197	-1,905	0,052	0,840	1,054	0,116	0,708	1,186
M'zira	1	0,907	0,947	-0,040	-0,387	0,052	0,840	1,054	0,116	0,708	1,186
M'zira	1	1,128	0,947	0,181	1,751	0,052	0,840	1,054	0,116	0,708	1,186
Sidi okba	1	1,068	1,090	-0,022	-0,213	0,052	0,983	1,197	0,116	0,851	1,329
Sidi okba	1	1,123	1,090	0,033	0,319	0,052	0,983	1,197	0,116	0,851	1,329
Sidi okba	1	1,093	1,090	0,003	0,029	0,052	0,983	1,197	0,116	0,851	1,329
Sidi okba	1	1,076	1,090	-0,014	-0,135	0,052	0,983	1,197	0,116	0,851	1,329
Tolga	1	0,893	0,847	0,046	0,447	0,052	0,740	0,953	0,116	0,608	1,085
Tolga	1	0,766	0,847	-0,081	-0,781	0,052	0,740	0,953	0,116	0,608	1,085
Tolga	1	0,778	0,847	-0,069	-0,665	0,052	0,740	0,953	0,116	0,608	1,085
Tolga	1	0,950	0,847	0,103	0,999	0,052	0,740	0,953	0,116	0,608	1,085

Annexe N°9

Zone / Newman-Keuls (SNK) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% :

Modalité	Moyenne estimée	Groupes			
Témoin	1,193	A			
Sidi okba	1,090	A	B		
Ain nagua	0,991		B	C	
M'zira	0,947		B	C	D
Bis	0,934		B	C	D
Tolga	0,847			C	D
Daoucen	0,808			C	D
Guarta	0,735				D

Zone / Dunnett (bilatéral) / Analyse des différences entre les modalités et la modalité témoin Zone-Témoin avec un intervalle de confiance à 95% :

Modalité	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Différence critique	Pr > Diff	Significatif
Témoin vs Guarta	0,459	6,272	2,814	0,206	0,000	Oui
Témoin vs Daoucen	0,385	5,270	2,814	0,206	0,000	Oui
Témoin vs Tolga	0,346	4,736	2,814	0,206	0,001	Oui
Témoin vs Bis	0,259	3,543	2,814	0,206	0,010	Oui
Témoin vs M'zira	0,246	3,365	2,814	0,206	0,014	Non
Témoin vs Ain nagua	0,202	2,767	2,814	0,206	0,055	Non
Témoin vs Sidi okba	0,103	1,409	2,814	0,206	0,584	Non

## Résumé

Les nématodes à tige sont responsables de dégâts considérables dans le monde sur une gamme d'hôtes d'importance économique. Différentes stratégies de lutte sont utilisées parmi elles, la lutte chimique. Toutefois, l'identification de nouvelles sources génétique de résistance constitue un autre moyen de lutte aussi efficace. C'est dans ce contexte que notre étude s'inscrit et dont l'objectif visait l'évaluation de la résistance de sept populations locales de *Vicia faba* L., collectées dans la région des Zibans, en utilisant la variété Séville comme témoin résistant au *D. dipsaci*. L'essai a été conduit en pots sous serre.

Après deux inoculations artificielles, la méthode d'évaluation de la résistance suivie dans notre essai s'est basée principalement sur trois indicateurs à savoir la notification des symptômes externes, le nombre des populations finales et le taux de reproduction.

La sévérité de l'attaque des nématodes sur les plants inoculés était variable entre des populations locales et le témoin : Séville. Les résultats ont montré que toutes les populations locales semblent plus résistantes que la variété témoin Séville, classée moyennement sensible dans notre essai, avec une notification de 6.4 à l'échelle Hanounik (1986).

Les populations Guarta et Doucen, identifiées potentiellement résistantes, ont enregistré une réduction importante du nombre des populations finales, avec respectivement 58.802 et 64.655 nématodes/plant, comparée au témoin (95.465) et aux autres populations. Les moyennes de reproduction des nématodes observées chez les populations locales sont inférieurs à 1, à l'exception de la population de Sidi Okba (FR = 1.090) et le témoin Séville (FR = 1.193).

**Mots Clés:** *Ditylenchus dipsaci*, inoculum, résistance, nématode des tiges, *Vicia faba* L.

## Abstract

Nematodes are responsible for considerable damage in the world on broad range of hosts economically important. Different strategies are used, and among them chemical control. However, the identification of new potential sources of genetic resistance is another means more effective for control. It is in this context that our study was conducted, which the objective aimed to evaluate the resistance of seven local accessions of *Vicia faba* L., collected in the region of Zibans, using Seville as resistant control accession for *D. dipsaci*. The test was conducted in pots in a greenhouse.

After two artificial inoculations, the assessment method of resistance followed in our test was based on three main indicators, namely notification of symptoms, the number of populations final and nematode reproduction rate.

The severity of nematode attack on the inoculated plants varied between local populations and the control Seville. The results showed that all the local accessions seem to be more resistant than the control Seville, ranked moderately sensitive in our test, with a notification of 6.4 on scale Hanounik (1986).

Guarta and Doucen, identified as potentially resistant accessions, showed a significant reduction of the number in final populations with respectively 58,802 and 64,655 nematodes/plant compared to the control (95,465) and the other accessions. The averages of nematode reproduction observed in local populations are less than 1, except for Sidi okba accession (FR = 1.090) and the control Seville (FR = 1.193).

**Key words:** *Ditylenchus dipsaci*, inoculum, resistance, stem nematode, *Vicia faba* L.

## ملخص:

نيماتودا الساق هي المسؤولة على أضرار جسيمة في العالم على نباتات استراتيجية ذات أهمية اقتصادية وقد أستعملت العديد من الإستراتيجيات لمكافحتها من بينها المكافحة الكيميائية كذلك اكتشاف مصادر جينية جديدة للمقاومة تمثل وسيلة مكافحة أيضا فعالة.

وفي هذا الإطار فإن دراستنا تندرج إلى تقييم للمقاومة لسبع أنواع محلية للفول *Vicia fabae* L. مجمعة في منطقة الزيبان مستعملين صنف سيفيليا كشاهد مقاوم لـ *D. dipsaci*، حيث أجريت التجربة في أوعية ببيت نصف زجاجي.

بعد التلقيح الإصطناعي، إتبعنا في تجربتنا طريقة المقاومة المتعبة والتي تعتمد أساسا على ثلاث مؤشرات لمعرفة إستشعارات الأعراض الخارجية، عدد التجمعات النهائية ونسبة التكاثر.

شدة هجوم النيماتودا على النباتات الملقحة كانت متغيرة بين التجمعات المحلية والشاهد، كما بينت النتائج النهائية أن جميع التجمعات المحلية بدت أكثر مقاومة من النوع المستعمل كشاهد والذي رتب كمتوسط التحسس في تجربتنا بقيمة 6.4 بسلم (Hanounik 1986).

حددت كل من تجمعي قرطبة والدوسن مقاومة نسبيا مسجلان إنخفاضهما لعدد التجمعات النهائية على التوالي 50.802 و 64.655 نيماتودا في النبتة مقارنة مع الشاهد (95.465) والتجمعات الأخرى.

متوسطات التكاثر للنيماتودا الملاحظ لدى التجمعات المحلية يقل عن 1 باستثناء تجمع سيدي عقبة (FR = 1.090) وشاهد سيفيليا (FR = 1.193)

## كلمات المفتاح:

*Ditylenchus dipsaci* التلقيح الاصطناعي، المقاومة، نيماتودا الساق، *Vicia fabae* L.

