

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCE  
DEPARTEMENT D'AGRONOMIE



DOMAINE : SNV  
FILIERE : AGRONOMIE  
OPTION : SCIENCE DU SOL ET  
EVIRONEMENT

Mémoire présenté pour l'obtention  
Du diplôme de Master Académique

Par: RAHMOUNI Naoual et HIRANE Rebiha

**Intitulé**

**Etat d'infestation de quelques régions  
céréalières par le nématode à kyste des  
céréales *Heterodera sp.***

**Soutenu devant le jury composé de:**

BARECHE G.	Université de M'sila	Président
MERAH F.	Université de M'sila	Rapporteur
TELLACHE S.	Université de M'sila	Co-rapporteur
HOCEINI F.	Université de M'sila	Examinatrice

**Année universitaire : 2016 /2017**

## Remerciements

*Tout d'abord, louange à « ALLAH » qui nous guidé sur le chemin*

*Droit tout au long du travail.*

*Au terme de ce travail, nous tenons à remercier notre encadreur*

*Madame MERAH F. pour avoir accepté de diriger ce travail de*

*Recherche, pour ses orientations, ses conseils judicieux, et ses*

*Encouragements afin que nous puissions mener à bien ce travail, nous*

*Lui exprimons nos profonds respects.*

*Un grand merci à monsieur TALLACHE.S notre co promoteur*

*Madame BARECHE G. qui a accepté de présider le jury.*

*Madame HOCINI F. d'avoir accepté d'examiner ce mémoire et faire partie de ce jury.*

*Nous tenons à remercier les ingénieurs de laboratoire d'Agronomie pour leur disponibilité et leur patience.*

*Un grand merci pour le directeur d'Institut technique pour les grandes cultures "Production expérimentale de plantes et semences"*

*I.T.G.C Sétif pour leur bonne réception. Et de nous avoir*

*aïdées durant l'Echantillonnage*

*Un grand merci pour nos enseignants qui ont veillé pour  
notre formation.*

*A la fin tous les collègues de notre spécialité SSE*

# Sommaire

Liste des figures .....	i
Liste des tableaux .....	ii
Introduction générale.....	1
Chapitre 1 : Synthèse bibliographique .....	3
1. Généralité sur la plante hôte (Les céréales).....	3
1.1. Classification de la plante hôte .....	3
1.2. Morphologie.....	3
1.3. Cycle de développement .....	3
1.3.1. Période végétative : Elle comprend les stades suivants .....	3
1.3.2 Période reproductrice .....	4
1.3.3 La maturation .....	4
1.4 Importance des céréales .....	5
1.4.1 Dans l'Algérie.....	5
1.4.2 Dans le monde.....	5
2. Les nématodes à kystes des céréales <i>Heterodera sp.</i> .....	6
2.1. Position systématique des nématodes à kyste.....	6
2.2. Répartition géographique des nématodes à kyste <i>Heterodera avenae</i> .....	7
2.2.1. Dans le monde .....	7
2.2.2. En Algérie .....	7
2.3. Caractérisation des espèces d' <i>Heterodera sp.</i> .....	7
2.3.1. Les larves du second stade (L2 ou J2).....	7
2.3.2. Mâle.....	7
2.3.3. Femelles .....	8
2.3.4. Le kyste.....	8
2.4. Morphologie du cône vulvaire .....	9
2.4.1. Le bullae .....	9
2.4.2. Le pont vulvaire .....	9
2.4.3. Le sous-pont .....	10
2.4.4. Les fenestrae .....	10
2.4.5. La vulve.....	10
2.5. Polymorphisme chez les nématodes à kyste des céréales .....	10
2.5.1. Pathotypes ou gamme d'hôtes différentielles .....	10

2.5.2.	Ecotypes .....	10
2.5.3	Biologie.....	10
2.6	Cycle de développement .....	10
2.7.	Les symptômes.....	11
2.7.1.	En plein champs .....	11
2.7.2.	Sur les feuilles .....	12
2.7.3.	Sur les racines .....	12
2.8.	Les méthodes de lutte contre les <i>Heterodera</i> sp.....	13
2.8.1.	Mesures préventives.....	13
2.8.1.1.	La jachère .....	13
2.8.1.2.	Dates de plantation .....	13
2.8.1.3.	La rotation culturale .....	13
2.8.1.4.	Les variétés résistantes .....	13
2.8.1.5.	Le désherbage.....	14
2.8.1.6.	La fertilisation et les amendements.....	14
2.8.2.	Lutte chimique .....	14
2.8.3.	Lutte physiques .....	14
2.8.4.	La lutte biologique.....	15
2.8.5.	Lutte intégré .....	15
2.9.	Facteurs de développement d' <i>Heterodera</i> .....	15
2.9.1.	Facteurs climatiques.....	15
2.9.2.	Les facteurs édaphiques .....	16
2.10.	Les facteurs de dissémination.....	17
2.11.	Les facteurs influençant l'éclosion .....	17
2.11.1.	La température .....	17
2.11.2.	Les exsudats racinaires .....	17
2.11.3.	Humidité.....	17
2.11.4.	La salinité .....	17
2.11.5.	L'aération .....	17
Chapitre 2 : Matériels et méthodes .....		19
1.	Etude de l'état d'infestation.....	19
1.1.	Zones d'étude .....	19
1.2.	L'analyse nématologique .....	19
1.2.1.	L'échantillonnage du sol.....	19
1.2.2.	L'extraction des kystes .....	21
1.3.	Estimation du taux d'infestation : .....	22

2.	Étude morphobiométrique des kystes d' <i>Heterodera sp.</i> .....	23
2.1.	La morphobiométrie des kystes .....	23
2.2.	Etude morphologique du cône vulvaire .....	24
2.2.1.	Le nettoyage.....	25
2.2.2.	L'identification .....	26
3.	Méthodes d'analyse du sol .....	26
3.1.	Mesure du pH.....	26
3.2.	Conductivité électrique (CE).....	27
3.3.	Calcaire total (CaCO <sub>3</sub> %).....	27
3.4.	Calcaire actif .....	27
3.5.	Le carbone organique et la matière organique .....	27
4.	Analyse statistique .....	27
1.	Résultats de l'état d'infestation .....	29
1.1.	Résultats de l'analyse nématologique .....	29
1.2.	Analyse de la variance .....	29
1.3.	Test de Newman-Keuls .....	30
1.4.	Discussion .....	30
2.	Résultats de l'analyse morphobiométrique des Kystes des quatre populations.....	32
2.1.	Description morphologique des kystes .....	32
2.2.	Les mensurations.....	32
2.2.1.	Analyse de la variance .....	33
2.2.2.	Test de Newman-Keuls .....	34
2.2.3.	Discussion .....	34
3.	Résultats de l'analyse morphologique du cône vulvaire : .....	35
3.1.	Structure morphologique du cône vulvaire .....	35
4.	Les caractéristiques physico-chimiques des sols.....	39
4.1.	La texture .....	39
4.2.	La réaction du sol (pH).....	39
4.3.	La conductivité électrique du sol .....	40
4.4.	Le calcaire total .....	41
4.5.	Le calcaire actif.....	41
4.6.	Le carbone organique.....	42
5.	Relation sol - nématodes .....	42
5.1.	Choix des axes .....	42
5.2.	Interprétation des axes.....	43
5.2.1.	Axe 1 .....	43

5.2.2. Axe2 .....	44
5.2.3. Axe 3 .....	45
5.3. Conclusion : .....	47
5.4. Discussion.....	48
Conclusion générale .....	51
Références bibliographiques .....	
Annexe .....	
Résumé .....	

## Liste des abréviations :

**A** : argile.

**ANOVA** : Analyse de la variance.

**CaCO<sub>3</sub>** : Calcaire.

**CE** : Conductivité électrique.

**dS/cm** : Décisiemennce par mètre.

**Fig.** : Figure.

**H** : Heterodera.

**ITGC** : institue technique pour les grandes cultures.

**J2** : Juvenile.

**K** : Potassium.

**L** : Limon.

**L2** : larves du second stade.

**Lf** : Limon fin.

**Lg** : Limon grossier

**Max** : maximale

**MC** : La moyenne carrée

**Min** : minimale

**MO** : La matière organique

**Moy** : moyenne

**N** : Azote

**P** : Phosphate

**pH** : Potentiel d'Hydrogène

**SC** : La somme carrée

**Sf** : Sable fin

**Sg** : Sable grossier

**us/cm** : Microsiemence par mètre

**%** : Pourcentage.

**°C** : Degré Celsius.

## Liste de figure :

<b>Figure01</b>	Schéma montrant le Cycle de développement des céréales (Google image)	05
<b>Figure02</b>	Carte représentant les zones céréalières de l'Algérie (Belaid, 1986).	06
<b>Figure03</b>	Mâle d' <i>Heterodera</i> . D'après (Razki ,1950) modifié	08
<b>Figure04</b>	femelle d' <i>Heterodera</i> . D'après (Razki ,1950) modifié	09
<b>Figure05</b>	Diagramme du cône vulvaire vu de profil (Nobbs, 1989)	09
<b>Figure06</b>	Cycle de vie des nématodes à kyste des céréales illustrant l'invasion des racines par les larves infectieuses (J2) (Mitchinson, 2009)	11
<b>Figure07</b>	Les symptômes au niveau du champ (Richard , 2016)	12
<b>Figure08</b>	Les symptômes au niveau des feuilles (Renčo, 2005).	12
<b>Figure09</b>	Les symptômes au niveau des racines ((Richard, 2016).	13
<b>Figure10</b>	Localisation des stations d'étude	19
<b>Figure11</b>	Schéma des prélèvements au niveau des parcelles	20
<b>Figure12</b>	Echantillonnage du sol.	20
<b>Figure13</b>	Appareil de FENWICK (original)	22
<b>Figure14</b>	Principales étapes de l'analyse nématologique (Original).	23
<b>Figure15</b>	Les mensurations des kystes d' <i>Heterodera sp</i>	24
<b>Figure16</b>	Localisation du cône vulvaire chez <i>H. avanae</i> (Smiley, 2016)	24
<b>Figure17</b>	Illustration de la structure tridimensionnelle d' <i>H. schachtii</i> (A) observée au microscope électronique. Structure du cône vulvaire d' <i>H. flipjevi</i> (B) observée au microscope optique. Smiley, 2016	25
<b>Figure18</b>	Zones périnéales de kystes (d'après Baldwin <i>et al</i> , 1991)	26
<b>Figure19</b>	Cône vulvaire vu de face (Anonyme, 2010)	26
<b>Figure20</b>	La répartition de l'infection dans les stations prospectées	29
<b>Figure21</b>	Kystes d' <i>Heterodera sp</i> des cinq stations étudiées observés sous loupe binoculaire. (Originale)	32
<b>Figure22</b>	Les variations de la longueur et la largeur des kystes des populations étudiées.	33
<b>Figure23</b>	Structure du cône vulvaire des espèces d' <i>Heterodera</i> identifiées (Lekhmaisse) Originale	36
<b>Figure24</b>	Structure du cône vulvaire des espèces d' <i>Heterodera</i> identifiées	37

	(ITGC) (Originale)	
<b>Figure25</b>	Structure du cône vulvaire des espèces d'Heterodera identifiées (Ouled Madi) (originale)	37
<b>Figure26</b>	Structure du cône vulvaire des espèces d'Heterodera identifiées (Selman) (originale)	38
<b>Figure27</b>	Structure du cône vulvaire des espèces d'Heterodera identifiées (Ain Trick) (originale)	38
<b>Figure28</b>	Valeurs propre des différentes variables	42
<b>Figure29</b>	Représentation des variables sur les le plan axe1 X axe2	43
<b>Figure30</b>	Projection de individue sur le plan Axe1 X Axe2	45
<b>Figure31</b>	Projection des variables sur le plan Axe1 X Axe 2	46
<b>Figure32</b>	Représentation des individus sur le plan axe1 X axe3	47

## Liste de tableaux

<b>Tableau1</b>	Information sur les parcelles échantillonnées	21
<b>Tableau2</b>	Résultats de l'analyse de la variance au seuil 5% globale.	30
<b>Tableau 3</b>	Résultats de l'analyse de la variance au seuil 5% (variables kystes)	30
<b>Tableau 4</b>	Résultats de l'analyse du test de Newman-Keuls à 5% sur le nombre total des kystes / 1Kg de sol	30
<b>Tableau 5</b>	Mensuration des kystes d'Heterodera des quatre populations	33
<b>Tableau 6</b>	Analyse de la variance à deux facteurs (longueur, largeur)	34
<b>Tableau 7</b>	résultats du test de Newman-Keuls à 5%	34
<b>Tableau 8</b>	Les principales espèces identifiées dans les cinq régions.	35
<b>Tableau 9</b>	Fractions texturale des stations d'étude et interprétation de la texture	39
<b>Tableau 10</b>	Analyse de la variance de la variable pH	39
<b>Tableau 11</b>	Teste d'homogénéité de Newman Keuls au seuil $\alpha=0,05$	40
<b>Tableau 12</b>	Analyse de la variance de la variable conductivité électrique du sol (mS/cm)	40
<b>Tableau 13</b>	Test d'homogénéité de Newman Keuls ( $\alpha=0.05$ ) de la conductivité électrique du sol	40
<b>Tableau 14</b>	Analyse de la variance de la variable calcaire totale (%)	41
<b>Tableau 15</b>	Teste d'homogénéité de Newman Keuls ( $p=0.05$ ) et interprétation du calcaire total (%)	41
<b>Tableau 16</b>	Calcaire actif des stations d'étude	41
<b>Tableau 17</b>	Carbone organique des stations d'étude	42
<b>Tableau 18</b>	Vecteurs propres	43
<b>Tableau 19</b>	Coordonnées des individus sur les trois axes	44

## Introduction générale

Les céréales et leurs dérivées constituent l'alimentation de base dans beaucoup de pays en développement, particulièrement dans les pays maghrébins. (Djermoun ,2009)

Ils constituent la majorité des nourritures dont dépendent directement ou indirectement les hommes et les animaux. Ce sont des cultures stratégiques. Elles occupent une place importante dans le système économique, alimentaire et socioculturel des algériens. (Talamli, 2004)

En matière d'emploi, plus de 500 000 emplois permanents et saisonniers sont procurés par le système céréalier. (Djermoun ,2009)

La consommation des produits céréaliers se situe à un niveau d'environ 205 kg /hab/an (Chehat, 2007).

La médiocre qualité des semences utilisée ; les pertes dues aux ravageurs (oiseaux, rongeurs, insectes), aux maladies cryptogamiques, au mauvais réglage des machines agricoles ainsi qu'aux conditions de stockage sont les principaux facteurs limitant la production céréalière.

Parmi les agents biotiques qui limitent la production des céréales, les nématodes à kystes du genre *Heterodera* provoquent des pertes annuelles considérables. Ils représentent une contrainte majeure à l'intensification de la production de céréale. Ce problème sous-estimé tant que l'on a cultivé des cultivars à rendement moyen ou faible apparaît au contraire très grave en présence de cultivars nouveaux beaucoup plus performants, mais aussi beaucoup plus vulnérables.

Nombreuses sont les études réalisées par de nombreux chercheurs dans plusieurs régions de l'Algérie sur le nématode à kyste des céréales, mais dans la région de M'sila qui est aussi une zone à vocation céréalières les travaux concernant ce nématodes sont rare ou même nul. C'est dans le but d'initier une étude préliminaire sur l'état d'infestation de quelques zones céréalières de M'sila par le nématode à kyste du genre *Heterodera* qu'on a réalisé ce travail. Tout en essayant de trouver sa relation avec les caractéristiques édaphiques ainsi que les pratiques culturale qui dominant dans cette région. D'autres régions sont incluses en guise de comparaison.

**CHAPITRE 1**

**SYNTHESE**

**BIBLIOGRAPHIQUE**

## **1. Généralité sur la plante hôte (Les céréales)**

### **1.1. -Classification de plante hôte :**

- Règne.....végétale
- Embranchement..... Stomatifères
- Sous-embranchement.....Angiospermes
- Classe.....Monocotylédones,
- Ordre.....Glumales
- Famille.....Graminées :(graminacées), (Poacées)
- Genre.....Triticum

(Bonjean et Picard, 1990) in Fritas S

### **1.2 -Morphologie :**

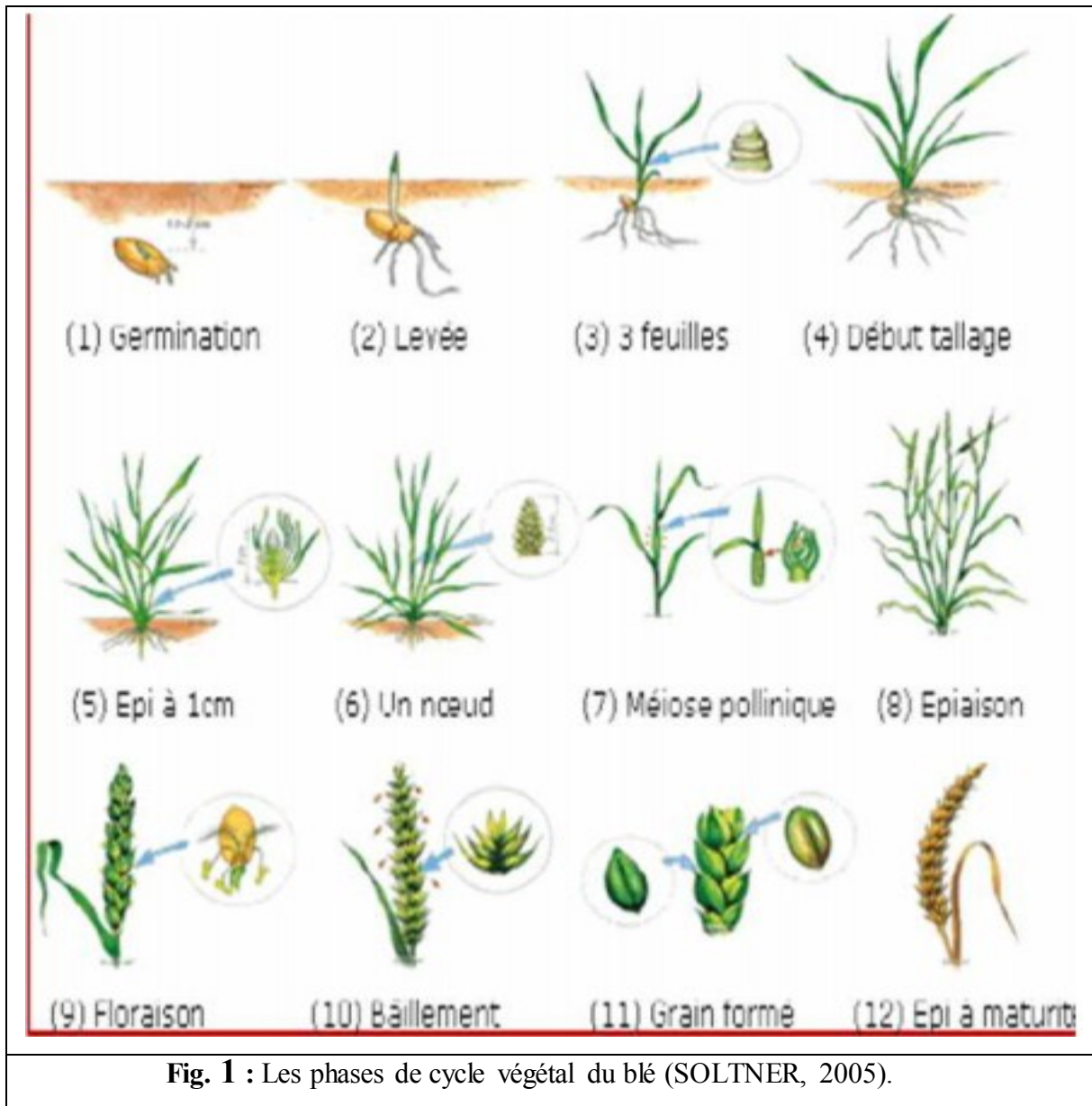
Le blé se présente comme une plante herbacée à feuilles assez larges (Bonjean et Picard 1990). La tige ou chaume ne commence à prendre son caractère de tige qu'au début de la montaison Celle-ci, d'abord pleine, devient creuse sauf au niveau des nœuds qui restent pleins (Clement-Grandcourt et Prat, 1970).

Les feuilles sont alternées, ligulées et engainantes (Bonjean et Picard, 1990).Elles ont des nervures parallèles et sont terminées en pointe (Clement-Grandcourt et Prat, 1970) L'inflorescence est toujours en épillets associés en inflorescence complexe, épis ou grappes d'épillets, se recouvrant étroitement les uns aux autres. La fécondation est autogame Le fruit est un caryopse ou grain (Clement-Grandcourt et PRAT., 1970; Bonjean et Picard, 1990).

Les racines sont de type fasciculé peu développées ; 55 % du poids total des racines se Trouve entre 0 et 25 cm de profondeur (Clement-Grandcourt et Prat, 1970).

### **1.3.-Cycle de développement :**

Le cycle de développement est subdivisé en trois grandes phases. Chaque phase est divisée en différent stade (Ben zarrouk, 2012).(voir fig.2).



### 1.3.1.-Période végétative :

Elle comprend les stades suivants: levée- début du tallage, germination, et stade de semi-levée

#### 1.3.1.1.-Phase de germination :

C'est la naissance d'une jeune plantule au dépend de la graine. Elle commence par l'imbibition de la graine qui permet la libération des enzymes et la dégradation des réserves assimilables par la graine suivie par la croissance caractérisée par l'allongement de la racicule (Vertucci, 1989).

**1.3.1.2.- Phase semi-levée :**

C'est la phase de germination et le début de la croissance.

**1.3.1.3.- Phase levée - début du tallage :**

Elle est caractérisée par les apparitions successives à l'extrémité de la coléoptile et les premières feuilles fonctionnelles imbriquées les unes dans les autres, partant toutes d'une même zone dite plateau du tallage. C'est la phase critique en cas d'attaque par les parasites et les ravageurs (Vertucci, 1989).

**1.3.2.-Période reproductrice :**

C'est la période de reproduction elle comprend deux stades

**1.3.2.1.-Phase Tallage herbacé – Gonflement :**

Elle comprend l'initiation florale, la différenciation de l'ébauche de l'épi, la différenciation des ébauches des glumes, la montaison, la méiose et le gonflement.

**1.3.2.2.-Phase Epiaison – Floraison :**

Cette phase correspond à l'apparition des épis à l'extérieur, à la fécondation. La floraison consiste en l'éclatement des anthères qui libèrent le pollen ; les filets qui les portent s'allongent, ce qui entraîne à travers les glumelles entrouvertes, les sacs polliniques desséchés à l'extérieur et flottent alors tout autour de l'épi comme de petites fleurs blanches dont l'ensemble fait dire « l'épi est fleuri » (Vertucci, 1989)

**1.3.3.- La maturation :**

Elle correspond à l'accumulation de l'amidon dans les grains, puis à leur perte d'humidité.

Le grain va recevoir de la l'amidon provenant :

- De la photosynthèse dite nette
- De la migration des réserves accumulées dans les feuilles et les tiges jaunissantes, mais non séchées

Cette migration nécessite une circulation d'eau dans la plante. Si l'évapotranspiration est trop forte, la plante se dessèche brusquement, sans que les réserves aient eu le temps de migrer. (Clement-Grandcourt et Prat, 1970).

### **1.3.3.1.- Phase pâteuse :**

La graine accumule fortement l'amidon dans son albumen. Tout déficit en eau entraîne un excès d'évaporation et un ralentissement de la synthèse des réserves nécessaires à la formation du grain, ce qui se traduit par la formation de grains ridés de poids inférieur à la normale (phénomène d'échaudage). (Ben zarrouk, 2012)

### **1.3.3.2.- Phase de dessiccation :**

Elle correspond à la perte progressive de l'humidité du grain qui ne doit pas dépasser 15% au champ (Vertucci, 1989).

## **1.4.-Importance des céréales :**

### **1.4.1.-Dans l'Algérie :**

En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. Cette caractéristique est perçue d'une manière claire à travers toutes les phases de la filière. (Djermoun ,2009)

### **1.4.2.- Dans le monde :**

Les céréales constituent de loin la ressource alimentaire la plus importante à la fois pour la consommation humaine et pour l'alimentation du bétail et occupent une place importante dans la structure de la production agricole.

Le blé constitue la principale culture céréalière dans le monde et représente environ 31% de la consommation globalement céréales. La production mondiale de blé s'est élevée en 2001 à environ 575,5 MT, les principaux pays producteurs sont la Communauté Européenne et la Chine qui produisent chacune 16% de la production mondiale suivis de l'Inde (12%) et des Etats-Unis (9%). Le volume des exportations représente environ 18% de la production mondiale et les principaux pays exportateurs sont les Etats-Unis (28%), le Canada (17%) et l'Australie (16%). (Djermoun ,2009).

## **2. Les nématodes a kystes des céréales *Heterodera sp.***

Les Nématodes sont des vers à symétrie bilatérale, à corps cylindrique et le plus souvent d'aspect filiforme. Ils ne possèdent pas de soies et ne sont pas segmentés. (Bachelier, 1978)

Les nématodes ne possèdent ni appareil circulatoire, ni appareil respiratoire. Leur appareil excréteur est souvent formé de deux tubes latéraux inclus dans l'hypoderme et s'ouvrant à l'avant par un orifice commun. Il existe deux systèmes excréteurs, un antérieur et un postérieur chez *Rhabditis*, mais chez les Dorylaimoidea l'appareil excréteur est absent (Bachelier, 1978)

### **2.1.-Position systématique:**

<b>Règne :</b>	Animal
<b>Sous Règne :</b>	Métazoaires
<b>Embranchement:</b>	Némathelminthes
<b>Sous Embranchement :</b>	Nématodes
<b>Classe :</b>	Secernentea
<b>Ordre :</b>	Tylenchida
<b>Sous Ordre :</b>	Tylenchina
<b>Super Famille :</b>	Tylenchoidea.
<b>Famille :</b>	Heteroderidae
<b>Sous Famille :</b>	Heteroderidae
<b>Genre :</b>	<i>Heterodera</i>

(Stone, 1977 ; Bachelier, 1978 et Reddy, 1983)

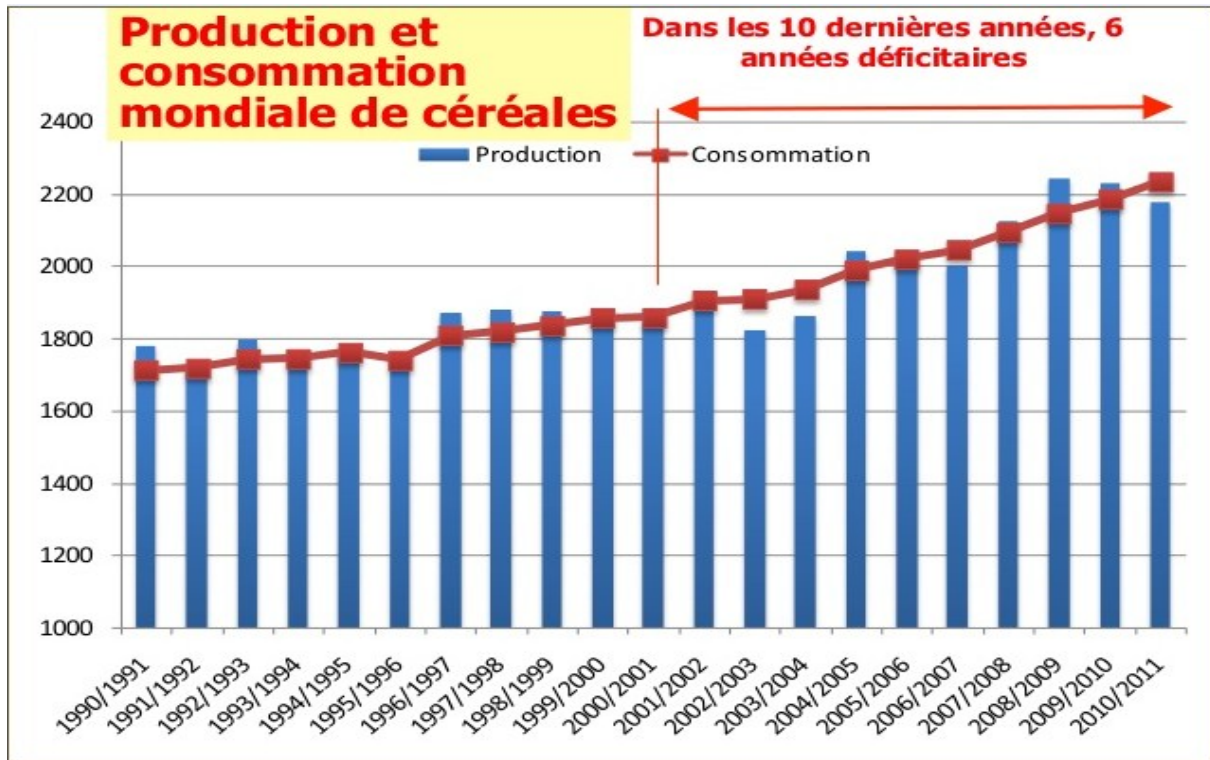
### **2.2.-Répartition géographique:**

#### **2.2.1-Dans le monde :**

Le nématode céréales kyste *Heterodera avenae* est largement distribué dans les zones tempérées régions productrices de céréales du monde (Rivoal & Cook, 1993). Ce nématode est l'un des nématodes les plus nuisibles affectant les céréales à l'échelle mondiale (Nicol et Rivoal, 2007; Smiley et Nicol, 2009).

#### **2.2.2 -En Algérie :**

Selon Scotto La Masses (1962), *H. avenae* est reconnue comme étant une espèce qui prédomine dans les régions productrices de céréales telles que Aïn Defla, Batna, Bejaïa, Birtouta, Dahmouni, Oued Smar, Sidi Hosni, Sétif et Tiaret (Mokabli et al, 2001, 2002; Rivoal et al, 2001). *H. avenae* n'a pas été détecté dans les sud, périmètres irrigués algériens près d'Adrar (Haddadi, 1999).



L'importance des céréales dans le monde

### 2.3.- Caractérisation des espèces d'*Heterodera* sp :

Le nématode à kyste *Heterodera avenae* présente un dimorphisme sexuel très prononcé à l'état adulte (Bachelier, 1978 et Rivoal et al., 1978). Il se caractérise essentiellement par la formation des kystes.

Les kystes et les larves du second stade sont les plus décrits, vu leur importance capitale dans la systématique des nématodes à kyste.

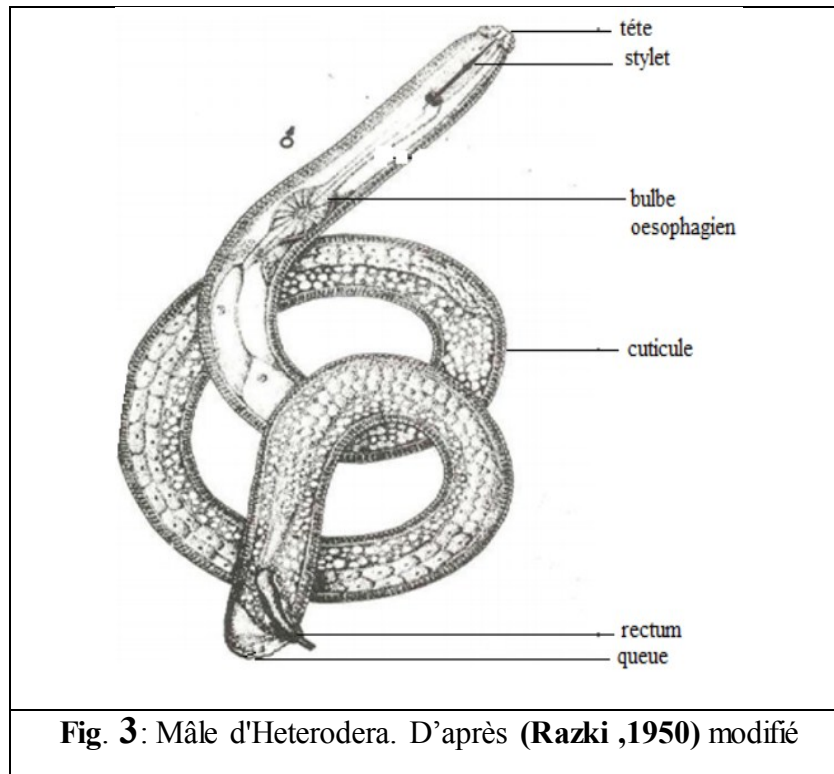
#### 2.3.1.- Les larves du second stade (L2 ou J2) :

Représentent le stade infestant (Wouts, 1972 ; Person –Dedryver, 1989). Elles sont vermiformes avec une queue très effilée, comportant une portion terminale hyaline dont la longueur constitue un des critères d'identification des espèces (Nobbs, 1989) et occupe 67 % de la queue (Volvas, 1985).

#### 2.3.2.- Mâle :

Ils sont filiformes et mesurent 1.5 mm (Rivoal, 1978) et possèdent une paire de spicules d'une longueur de 35 à 36 µm (Volvas, 1985) qui jouent un rôle lors de la copulation. (Person-Dedryver, 1989)

Les mâles se nourrissent à la surface des racines pour quelques jours, pendant lesquels ils peuvent ou non féconder les femelles avant de migrer à nouveau dans le sol pour y mourir. (Coyne et al., 2010)(voir fig.3)



### 2.3.3.- Femelles :

Elles sont sédentaires, globuleuses, sphériques d'environ 0.5 mm de diamètre (Shepherd et al.1972 ; William et Siddiqui, 1972 ; Wout, 1972 ; Wouts, 1985 ; Rivoal et al., 1978 ; Mulvey et Golden, 1983). La femelle meurt après la fécondation et se transforme en kyste brun bourré d'œufs. (Schneider, 1965 ; Rivoal, 1973 ; De Guiran, 1983 ; Reddy, 1983 et Nobbs, 1989)

La femelle produit généralement un très grand nombre d'œufs, qui demeurent à l'intérieur de son corps. (Coyne, Nicol et Cole., 2010)

Les œufs sont hyalins, lisses et de forme ovale (Volvas, 1985). Leur longueur est de 126 micromètre et leur largeur est de 56 micromètre (Williams et Siddiqui, 1972).(voir fig.4)

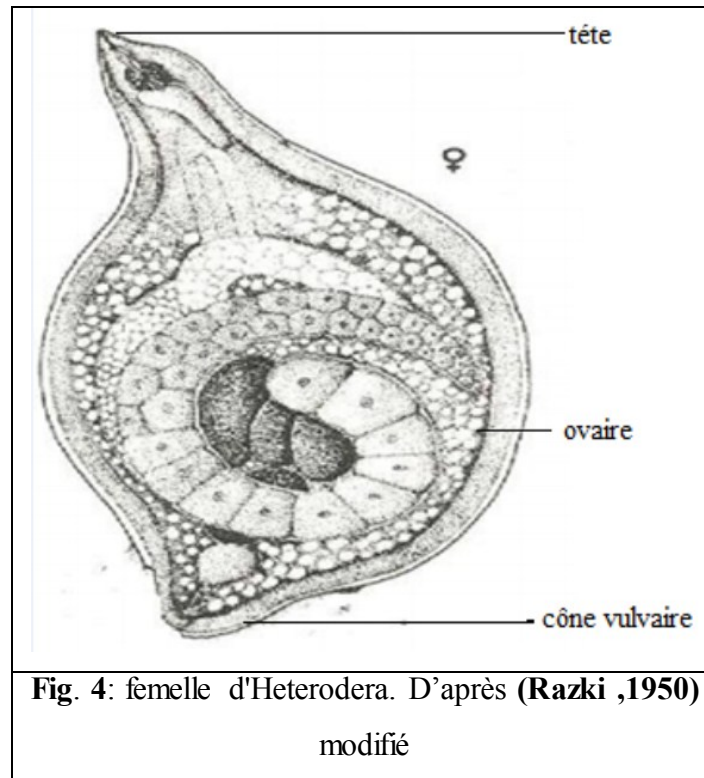


Fig. 4: femelle d'Heterodera. D'après (Razki ,1950)  
modifié

#### 2.3.4.- Le kyste :

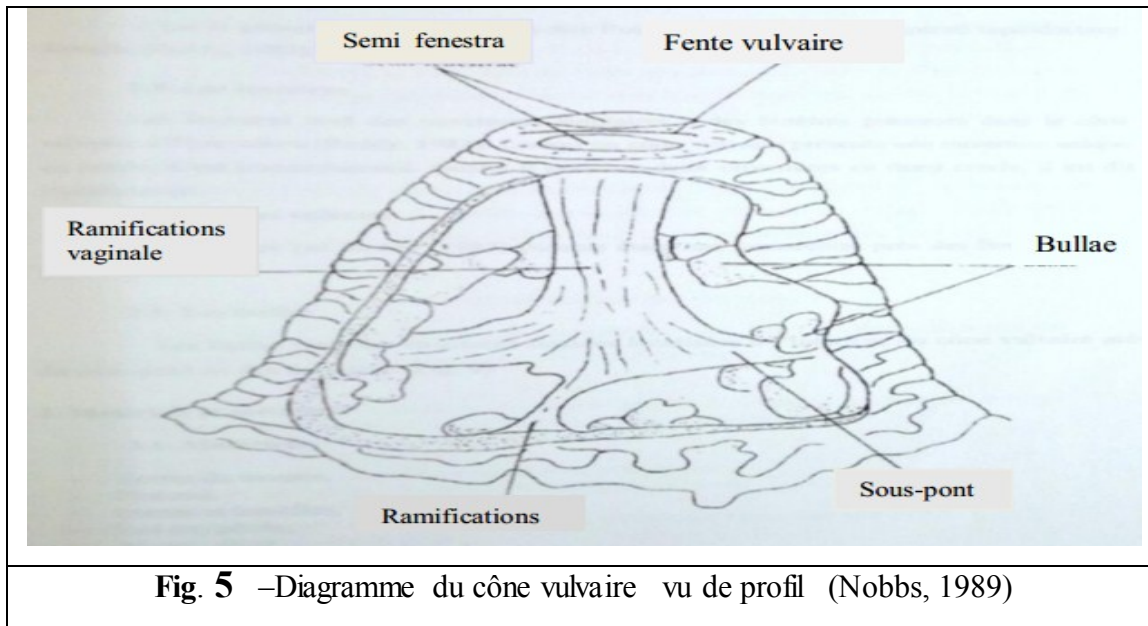
C'est le corps de la femelle adulte dont la cuticule subit un tannage quelques semaines après sa mort, puis durcit (Rivoal, 1973 ; De Guiran, 1983 et Nobbs, 1989). Le kyste est citriforme, de couleur brun foncé selon l'espèce. (Rivoa, 1973 ; Reddy, 1983 ; Rivoal et Sarr, 1983 ; Volvas, 1985 et Nobbs, 1989)

Il est constitué d'une tête, d'un cou et d'un cône vulvaire inclus dans son corps (Volvas, 1985). Sa taille est très variable, la cuticule est rugueuse et se présente en zigzag (Williams et Siddiq, 1972 et Volvas, 1985).

Son rôle est principalement protecteur (Shepherde et al., 1972). Selon Williams et Siddiqui (1972), le kyste contient en moyenne 200 à 250 œufs.

#### 2.4.- Morphologie du cône vulvaire :

La connaissance de la morphologie du cône vulvaire (région périnéale) est une étape nécessaire pour la confirmation de l'identité de l'espèce (Handoo, 2002). Selon cet auteur, les principales structures considérées sont : la présence ou l'absence du bullae, du pont vulvaire et du sous-pont, la forme des fenestreae et la longueur de la fente vulvaire(voir fig.5).



#### 2.4.1.- Le bullae :

Le bullae très développé, de couleur brun foncé à noir, situées à une certaine distance de la vulve, les plus éloignées de la vulve étant les plus importantes et sous-tendant un pont inférieur épais et brun. (Luc et Merny, 1963)

#### 2.4.2.- Le pont vulvaire :

IL représente la connexion entre les fenestreae (Reddy, 1983).

#### 2.4.3.- Le sous-pont :

Il se trouve généralement en dessous des fenestreae et parallèle au pont vulvaire. IL est composé de bandes musculaires qui soutiennent le vagin (Mulvey, 1972).

#### 2.4.4.- Les fenestreae :

Ce sont des ouvertures claires similaires à des fenêtres (Reddy, 1983) à paroi mince.

Le cône vulvaire est circumfenestré lorsqu'il présente une ouverture unique en cercle et il est ambifenestré quand il présente deux ouvertures en demi-cercle et bifenestré lorsque les fenestreae sont bien séparées et plus ou moins circulaires (Siddiqui, 2000)

#### 2.4.5.- La vulve :

La vulve est située en arrière comme une ouverture bien exposée. L'anوس quant à lui, il est situé dans la zone sub terminale dans une dépression de la cuticule (Vovlas, 1985).

**2.5.-Polymorphisme chez les nématodes à kyste des céréales****2.5.1.-Pathotypes ou gamme d'hôtes différentielles :**

Dans le cas d'*H. avenae*, les Pathotypes sont définis par leur aptitude de se multiplier ou non sur un ensemble de plantes d'une gamme d'hôtes constituée d'orge, de blé, d'avoine ou de seigle (Anderson et Anderson, 1982). Cook et Rivoal (1997) ont montré une extrême variabilité dans les relations génétiques entre les populations d'*H. Avenae* et les hôtes

**2.5.2.-Ecotypes :**

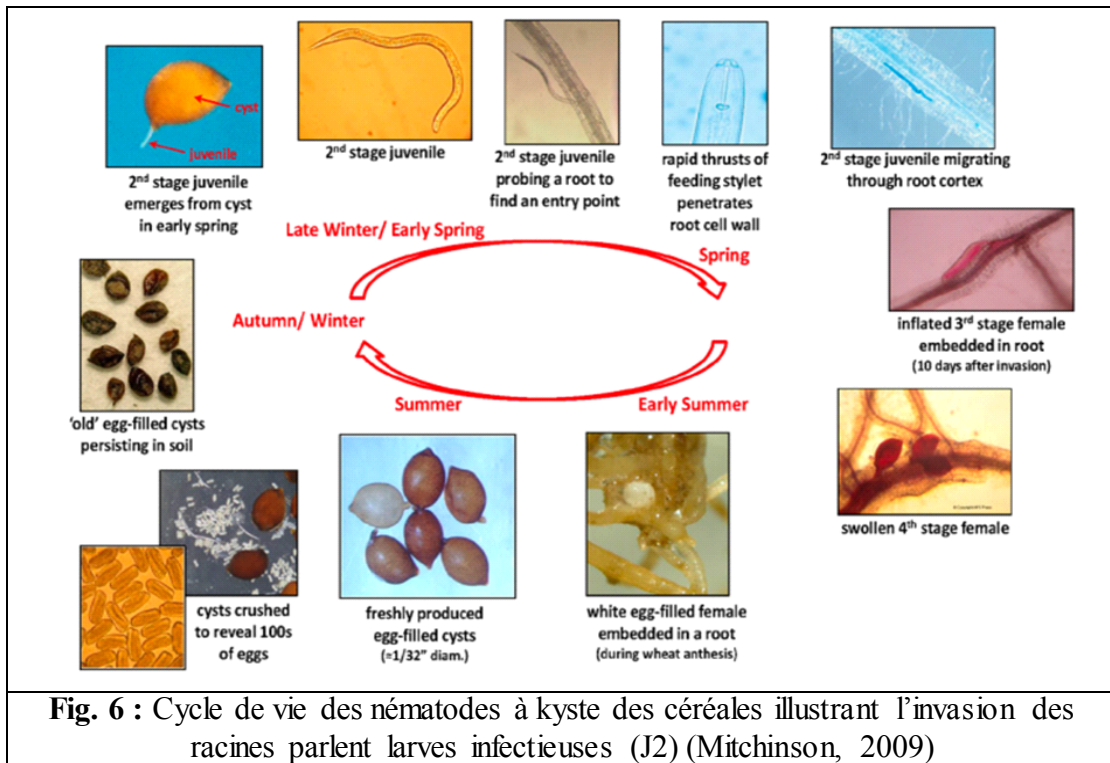
Un écotype traduit l'adaptation de certaines races à des écosystèmes particuliers, (Caubel et al., 1980). Cette adaptation se caractérise par un décalage dans le cycle d'éclosion, conséquent à une différence de diapause. (Rivoal, 1983; Rivoal et al., 1985)

Populations d'*H. Avenae*, correspondant à la présence des deux principaux écotypes caractérisés par une activité soit hivernale (cas de l'écotype méditerranéen), soit printanier (cas de l'écotype des régions de l'hémisphère nord à climat océanique ou plus ou moins tempéré). (Namouchi-Kachourinet B'chir, 2008)

Les populations algériennes d'*H. Avenae* appartiennent à l'écotype méridional avec des variations biologiques représentant des adaptations régionales (Mokabliet al, 2001).

## 2.5.3-Biologie :

## 2.6.-Cycle de développement :



Le cycle des nématodes phytoparasites est en général très simple (Reddy, 1983). D'après (Taylor, 1968), le cycle biologique n'est pas le même chez tous les nématodes; il n'existe pas de multiplication asexuée chez les Nématodes, mais quelques espèces sont entièrement parthénogénétiques. Les larves passent par quatre mues. Le premier a lieu à l'intérieur de l'œuf d'où émergent les larves migratrices du second stade (L2). Cette éclosion est déterminée par la température (Rivoal et Cook, 1993).

Ces dernières sont mobiles et émergent du kyste par la fente vulvaire (Banyer et Fisher, 1971). Une fois libérées dans le sol, celles-ci attaquent les racines de la levée de la plante hôte (céréales) (Schneider, 1965) et pénètrent dans les tissus de la racine près de son extrémité et elles se fixent pour s'alimenter et s'agrandir passant par la troisième et la quatrième mue larvaire quelques jours après. Les larves subissent la dernière mue larvaire. Elles deviennent gonflées et sédentaires et complètement internes.

Ensuite, ces larves subissent trois mues pour aboutir soit à un mâle filiforme libre soit à une femelle blanche citriforme qui reste fixée à la racine. Une fois la fécondation obligatoire est effectuée, la paroi de la femelle durcit et brunit puis elle

meurt et se transforme en kyste (Griffin, 1988 ; Rivoal et Bourdon, 2005 et Rivoal et Nicol ,2009).

Ce dernier constitue la principale caractéristique biologique d'*Heterodera avenae*. Il est issu de la chitinisation du tégument de la femelle et constitue ainsi sa forme de survie (voir fig.6).

### **2.7.-Le symptôme dû aux nématodes à kyste :**

Les symptômes peuvent apparaître dès le début du tallage.

#### **2.7.1.-En plein champs:**

Les symptômes induits par *H. Avenae* se traduisent généralement par de larges plages circulaires à végétation très faible , constituée de plants chétifs (Rivoal et Cook, 1993 et Nicol et Rivoal, 2008). Les plants attaqués présentent un tallage réduit et deviennent mal développé et nains (Rivoal et Cook, 1993) et les épis formés sont ainsi maigres (Mor et al., 1992)(voir fig.7).



**Fig. 7 :** Les symptômes au niveau de champ (Richard, 2016)

#### **2.7.2.-Sur les feuilles :**

Les plantes sont chétives et naines, leur tallage est réduit ; Un rougissement ou un jaunissement des feuilles peut être visible en début d'attaque. Par la suite, les plantes retrouvent une couleur normale. (Renčo, 2005).

Les symptômes des plants attaqués rappellent ceux d'une grave déficience en azote et en d'autres minéraux (Renčo, 2005). Les feuilles se décolorent puis deviennent jaunes sur l'orge, rouges sur l'avoine et jaunes-rougeâtres sur le blé (Griffin, 1988 ; Rivoal et Cook, 1993)(voir fig.8).



**Fig. 8** : Les symptômes au niveau des feuilles (Renčo, 2005).

### 2.7.3.-Sur les racines :

Les racines des plantes touchées sont peu profondes, extrêmement ramifiées, composées de nombreuses radicelles courtes qui partent en tous sens d'un même point appelé nœud. (Renco, 2005)

À partir d'avril-mai, des petites boules blanches de la grosseur d'une tête d'épingle apparaissent au niveau des racines : ce sont les femelles qui s'accrochent. Ces boules virent au brun à maturité pour donner des kystes (forme de résistance) contenant plusieurs centaines d'œufs. Ces kystes sont capables de survivre plus de 5 ans dans le sol. (Renco, 2005) (voir fig.9).



**Fig. 9** : Les symptômes au niveau des racines ((Richard, 2016).

**2.8.-Les méthodes de lutte contre les *Heterodera sp.* :**

La lutte contre *H. avenae* est difficile vu la longue durée de vie des kystes dans le sol, même en absence des plantes hôtes (Sacristan et al. 1983). La mise au point d'un programme de lutte contre ce parasite doit mettre en œuvre un ensemble de mesures préventives et curatives pour mieux protéger les cultures de céréales.

**2.8.1.-Mesures préventives :**

La lutte contre le nématode doit commencer avant son installation dans le champ en maintenant les parcelles indemnes et propres, en prévenant la dissémination par les outils de travail et les eaux d'irrigation. Les outils de travail du sol utilisés doivent être soigneusement nettoyés avant leur usage dans d'autres parcelles non infestées. Ces mesures ne sont pas suffisantes en elles même, mais elles constituent un complément indispensable aux moyens de lutte plus efficaces (De Guiran, 1983).

**2.8.1.1-Méthodes culturales****2.8.1.2.-La jachère :**

Elle consiste à priver le nématode de ses plantes hôtes (graminées) (Reddy, 1986). La jachère totale semble être un procédé très efficace (Rivoal et Cook, 1993).

Elle occasionne en une année, une réduction de 50 % dans certaines situations où le parasite présente une plus forte activité d'éclosion (Rivoal et al., 1983).

**2.8.1.2.-Dates de plantation :**

Pour les cultures de printemps, plus la date de plantation sera précoce (jusqu'à février), plus le plant aura le temps de bien s'implanter avant le réveil des populations de nématodes. De même, pour les cultures d'automne, les cultures plantées tardivement (à partir d'octobre) seront moins attaquées que les cultures précoces (août – Sept).(Lizot J. F. et Mazollier C., 2001).

**2.8.1.3.-La rotation :**

Selon Chabert. et al.(2012), la seule voie possible pour maintenir les populations de *H. avenae* en dessous d'un seuil d'apparition des dégâts est d'utiliser des rotations suffisamment longues.

Il faut toujours éviter de faire succéder les cultures très sensibles (Smaha, 2014 ; PROT.1984)

**2.8.1.4.-Les variétés résistantes**

Selon Valette S.et Rivoal R. (2005) les variétés résistantes sont un atout essentiel de la lutte contre les nématodes à kystes des céréales (notamment *Heterodera avenae*). Pour les

espèces autogames (céréales), deux niveaux de résistance sont définis. La plante a une résistance totale au nématode testé quand le nombre moyen de femelles blanches ou de kystes est strictement inférieur à 1 ; une résistance intermédiaire pour une moyenne comprise entre 1 et 3 inclus, au-delà de 3 il n'y a pas de résistance.

Pour les espèces allogames (graminées fourragères), le système précédent est complété par un pourcentage de plantes sans nématode. « Les plantes sans nématodes sont fortement résistantes » (Valette et Rivoal, 2005)

L'usage de variétés résistantes permet de lutter efficacement contre ces pathogènes. S'il existe des variétés tolérantes *H. avenae*, comme l'Apache, variété de blé tendre ou la Babylone, variété de blé dur aucune n'est, à ce jour, en mesure de limiter la multiplication de ce nématode. (Mokabli, Valette et Revoal, 2001)

Parmi, les céréales à paille, seule Amarillo, une variété de triticales, permet de réduire les populations d'*H. Avenae*. (Joseph R. et Hackin M., 2013).

#### **2.8.1.5.-Le désherbage :**

L'élimination des mauvaises herbes qui peuvent être des plantes hôtes et constituent ainsi un réservoir (Belair, 2005 ; Prot 1983).

#### **2.8.1.6.- La fertilisation et les amendements :**

Les amendements du sol avec des composts, des fumiers bien compostés et des engrais verts, stimulent la flore microbienne des sols qui ont un effet de régression sur les populations de nématodes phytoparasites (Belair G. 2005).

#### **2.8.2.-Lutte chimique :**

Dans l'éventail des moyens de lutte dont on dispose, le traitement nématicide reste l'un des moyens les plus utilisés et les plus efficaces.

Le métham sodium (Vapam ou Mapasol) présente l'avantage de pouvoir être appliqué à l'aide d'un arrosoir en le diluant dans l'eau. Il doit être utilisé à raison de 800 à 1500 l/ha, mais il est peu efficace contre les nématodes à kyste (genre *Heterodera*). L'emploi de certains produits chimiques, comme le 1,2-dibromo-3-chloropropane, a contaminé le sol et les eaux souterraines et a conduit à leur bannissement du marché à l'échelle de la planète. (Belair, 2005 ; Milaire, 1987) .

#### **2.8.3.-Lutte physique :**

En général, elles sont basées sur la sensibilité des nématodes à la chaleur, au froid et à l'excès d'eau (Reddy, 1983). Ces méthodes sont coûteuses. Leur emploi se limite à des surfaces restreintes telles que les pépinières et les serres (Deguiran, 1983).

La désinfection à la vapeur : elle est injectée sous une bâche étanche recouvrant le sol pendant 1h30 à 3h (consommation : 400l de fuel / 500 m<sup>2</sup>). La profondeur traitée est de dix à vingt centimètres lorsque le sol est finement préparé. (Lizot et Mazollier., 2001).

#### **2.8.4.-La lutte biologique :**

Il existe dans le sol un nombre relativement important de champignons antagonistes des nématodes. L'inconvénient de cette technique réside dans les contraintes liées à son utilisation dans la pratique (formulation, conditionnement, la multiplication et la persistance dans le sol. (Bertrand, 2001).

Parmi les champignons antagonistes du nématode à kyste des céréales on cite le champignon ovicide *Verticillium chlamyosporium* qui semble avoir une très large répartition géographique. (Caylor, 1992 ; Kerry, 1982).

Autres champignons parasites d'*H. Avenae* sont *Nematophthora, gynophila* qui infeste les femelles et inhibe la formation des kystes. Aussi *Pochoniachlamyosporia* qui parasite aussi bien les œufs immatures que les larves L1 ou L2. (Irving et Kerry, 1986).

En Algérie, ces moyens ne sont appliqués qu'à titre expérimental.

#### **2.8.5.-Lutte intégrée :**

Elle consiste à associer divers moyens de protection tels que les variétés résistantes et hôtes médiocres, choix des périodes de semis, traitements chimiques, etc. (Rivoal. 1975).

De nombreux exemples dans le monde ont montré que les populations de nématodes à kystes des céréales peuvent être réduites efficacement par une approche intégrée incluant l'ensemble des moyens de lutte précités (Dababat *et al.*, 2011).

#### **2.9.- Les facteurs abiotiques de développement d'*Heterodera* :**

Multiples sont les facteurs abiotiques qui peuvent influencer sur les organismes du sol, tels que la texture du sol, le degré d'acidité ou pH, la nature chimique des litières, le potentiel d'oxydoréduction, la salinité, le pouvoir osmotique des solutions, la nature des argiles, la lumière et même les champs électriques.(Bachelier, 1978)

Le nématode *Heterodera* peut être influencé par les différents facteurs de manière directe ou indirecte. Les facteurs physico-chimiques du sol peuvent agir directement sur les nématodes. Les conditions du sol influencent le développement des végétaux et indirectement les peuplements d'*Heterodera* (Graham, 1980).

**2.9.1.- Facteurs climatiques****2.9.1.1- La température :**

Les Nématodes ainsi que les Protozoaires des régions tempérées sont fort capables de résister plusieurs jours au gel. (Bachelier, 1978).

En Algérie, d'après Smaha (1998), Mokabli et al. (2002) et Hamroun (2006)

La température optimale pour l'évolution de ce parasite s'étale de 7 à 25°C. Selon Mokabli et al. (2001), les exigences de la température varie d'un stade à un autre voir d'une population à une autre.

**2.9.1.2.- L'humidité :**

La présence d'une humidité convenable au niveau des sites d'attaque d'un nématode endoparasite favorise la pénétration des larves (Caubel et al, 1980), c'est pourquoi les attaques d'*Heterodera* coïncident avec les périodes pluvieuses (Meagher, 1970 ; Caubel et al, 1980 ; Lacombe et Garcin, 1980). Nous avons constaté que les températures de l'ordre de 32°C et d'environ 10 %d'humidité auxquelles les nématodes ont des taux de multiplication élevés sont certes proches de celles qui prévalent dans la nature,(Assane,1994).

Lorsqu'il n'existe pas de film d'eau, les nématodes se déshydratent et meurent ou s'enkystent, par conséquent, l'excès d'eau induit une réduction de l'oxygénation du sol et une asphyxie du parasite ainsi que des phénomènes secondaires tels que la multiplication de certains microorganismes, libérant dans le sol des substances toxiques pour *Heterodera* (Cayrol, 1975).

Des migrations horizontales et surtout verticales des populations de Nématodes peuvent être observées, principalement en fonction de l'humidité du milieu. (Rossner, 1972 et Bachelier., 1978).

**2.9.2.- Les facteurs édaphiques****2.9.2.1.- Type de sol :**

Les nématodes préfèrent les sols légers et aérés (déplacements facilités) aux sols lourds riches en argiles ou en matière organique .Mais le parasite peut être présent sur tout type de sol. (Lizot et Mazollier, 2001)

**2.9.2.2.- L'oxygène :**

Il ressort de nombreux travaux que l'atmosphère du sol, et notamment sa teneur en gaz carbonique et en oxygène, a une influence considérable sur les diverses populations de Nématodes. Le développement d'une espèce est plus ou moins favorisé par rapport à une autre selon la proportion relative de ces deux gaz. (Cayrol, 1971 ; Bachelier., 1978)

**2.9.2.3.- Le pH :**

Un sol à pH neutre ou légèrement basique 7,8 est favorable au développement d'*H.avenae* (Caubel et al. 1980).

**2.9.2.4.- La porosité :**

Le mouvement et l'activité des Nématodes dans le sol sont influencés par l'épaisseur des films d'eau et l'importance de la porosité. (Bachelier, 1978).

**2.9.2.5-La matière organique :**

Dans les sols agricoles, l'abondance des Nématodes dépend surtout des teneurs en matières organiques. Certains gaz ont une très forte influence sur les populations de Nématodes, tel l'ammoniac. Dans des tests réalisés par Katznel son et Henderson (1963) en boîtes de Pétri, avec *Rizabditisoxycerca*, et sur milieu d'agar additionné de  $NH_4Cl$  ou  $NH_4N_3$ , ont montré que l'ion ammonium détermine une accumulation très nette des Nématodes étudiés. Or, l'ammoniac est lié à la décomposition des matières organiques et apparaît dans les rhizosphères, comme suite à l'action des bactéries ammonifiantes sur les composés aminés libérés par les racines des plantes ou les microorganismes qui leur sont associés.

C'est un des produits chimiques du métabolisme des sols qui peut avoir une influence importante sur les nématodes.(Bachelier., 1978).

**2.9.2.6-La fertilisation :**

En étudiant l'effet des fumures N, P, K sur le blé tendre et l'orge infestés par *H. avenae* Mukopadhyaya *et al.* (1972) ont constatent que l'azote seul augmente à la fois la récolte et le nombre de kystes d'*Heterodera*, alors que l'azote plus le phosphore qui accroissent d'avantage la récolte réduit relativement le nombre de kystes produits, et que l'apport de potassium seul ou en mélange a peu d'effets sur la récolte, mais il inhibe le développement des nématodes ainsi que le nombre de kystes.

**2.9.3.-La plante hôte :**

Selon Belair (2005), le deuxième stade larvaire qui est le stade libre dans le sol possède une courte réserve d'énergie et doit se nourrir sur une plante-hôte, sinon c'est la mort de tous les individus de cette espèce dans les quelques mois suivants.

**2.10.-Les facteurs de dissémination :**

Les nématodes à kyste des céréales *Heterodera avenae* sont des espèces minuscules de très petite taille. Elles ne se déplacent que sur des petites distances environ 20 cm par an. A ce rythme, il semble surprenant que les populations des nématodes soient aussi largement distribuées à travers le monde (Sadek, 1977).

Parmi les moyens de dissémination, l'homme contribue grandement à la dissémination des Nématodes à kystes *H. avenae* en le transportant d'une parcelle infestée à une autre indemne par les chaussures non désinfectées (Bachelier, 1978) ou bien par le biais de matériels et machines agricole ensouillés de sol infesté. (Belair, 2005 ; Lizot. et Mazollier., 2001)

Aussi les kystes sont aisément transportables par le vent ainsi que l'eau d'irrigation. (Bachelier., 1978 ; Sadek, 1977).

## **2.11.-Les facteurs influençant sur l'éclosion :**

### **2.11.1.-La température :**

La réduction des éclosions est maximum dans les mois secs, bien que la température optimale d'éclosion pour plusieurs espèces d'*Heterodera* au laboratoire soit proche de 25°C. La température optimale pour les cultures se situe vers 20°C et l'optimum de croissance de la Les températures entre 5°C à 15°C augmentent l'éclosion chez *H. avenae* de la France (Peng et al. 1996).

### **2.11.2.-Les exsudats racinaires :**

L'éclosion des kystes d'*Heterodera* dépend avant tout des sécrétions émis par racines des plantes hôtes (Bachelier, 1978).

Selon Williams et al. (1972), les exsudats racinaires ont un effet positif sur la sortie des larves de deuxième stade.

### **2.11.3.-Humidité :**

Dans les conditions naturelles, les populations du nématode à kyste des céréales se développent en grand nombre à des périodes froides et humides (Baldwjin et Mudo-Ocampo, 1991).

### **2.11.4.-La salinité :**

Une concentration saline trop élevée inhibe le déplacement des larves du deuxième stade (J2) (Prot, 1978 ; Khadidiatou, 1998 in Bachelier, 1978).

### **2.11.5.-L'aération :**

Un déficit d'oxygène réduit le taux d'éclosion des œufs mais aussi le métabolisme, (Khadidiatou, 1998 in Bachelier).

**CHAPITRE 2**

**MATÉRIELS ET**

**MÉTHODES**

## Chapitre 2 : Matériels et méthodes

### 1. Présentation des zones d'étude :

#### La première station :

Le climat de la Wilaya de m'sila est de type continental soumis en partie aux influences sahariennes. L'été y est sec et très chaud, alors que l'hiver y est très froid.

Sur le plan pluviométrique, la zone la plus arrosée est située au nord (Djebel Ech Chouk - Chott de Ouenougha) ; quant au reste du territoire, la zone la plus sèche est située à l'extrême sud de la Wilaya.

Le total des précipitations annuelles de la wilaya en (1984-2016) sont de 197.4 mm par an.

Les températures moyennes mensuelles sont de 31.75 C°, enregistrées au mois le plus Chaud (Juillet) et 09 °C pour le mois de Janvier qui est le mois le plus froid (Bouzina , 2017).

#### La deuxième station :

Le climat de la wilaya de Sétif est de type Méditerranéen continental semi –aride caractérisé par une saison hivernale pluvieuse et fraîche et une saison estivale, sèche et chaude .Le mois le plus pluvieux est avril et le plus sec est juillet (Barkat, 2014).



Fig. 10 : Localisation des stations d'étude.

### 1.3.-L'analyse nématologique :

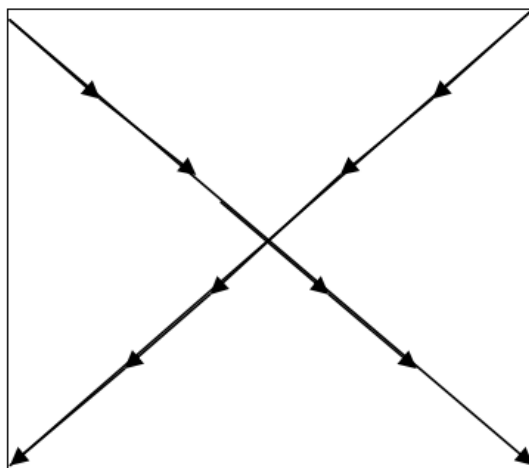
#### 1.3.1.-L'échantillonnage du sol :

L'échantillonnage s'est étalé sur une période allant du mois de février au mois de Mai. Les parcelles ont été choisies selon les critères suivant :

- Présence de céréales soit comme culture en cour ou bien comme précédent cultural ;
  - L'homogénéité des parcelles (couleur du sol, aspect de surface).
- **Matériels :**
    - Tarière de type pédologique ;
    - Sachets en plastique ou en papier ;
    - Etiquettes ;
    - Bac pour le regroupement des sous échantillons ;

#### Méthodes :

La technique des prélèvements utilisée est celle de l'échantillon global décrite par Merny et Luc, 1969 qui consiste à prélever des échantillons élémentaires selon les deux diagonales (environ 100 g de sol par échantillon et 40 prises par parcelle) dans la couche du sol de 10 à 30 cm et qui vont être réunis en un seul échantillon globale d'environ 2 kg. (Coyne et al. 2010) (**Figure 11**)



**Fig.11:** Schéma des prélèvements au niveau des



**Fig.12** : Echantillonnage du sol. (Originale)

Les échantillons sont mis dans sacs en plastique juste après le prélèvement. On note la date d'échantillonnage, le lieu, numéro de la parcelle ainsi que toutes les informations possibles (la variété cultivée, type d'irrigation, précédent cultural...etc.).

**Tableau 1**: Zones céréalières prospectées et échantillonnées.

Khmaïsse	35° 26'57,36''N ; 4° 33'6,4''E	P1	Jachère/ blé, orge	21/02/2017
		P2	Jachère/ blé, orge	
		P3	Jachère/ blé orge	
ITGC (Sétif)	36°9'53,14''N ; 5°22'14,28'' E	P1	Anion / Blé tendre,	01/03/2017
		P2	Carotte / orge,	
		P3	blé dur / pois chiche	
Selman	35°42'16,90'' N 4° 43'26,73'' E	P1	Jachère/ pas d'information	03/03/2017
		P2	Jachère/pas d'information	
		P3	Jachère/pas d'information	
Ouled Madi	35° 32'52''N ; 4°32'28''E	P1	Orge/ blé	14/03/2017
		P2	Orge/blé	
		P3	Orge/blé	
Sétif « Ain Trick »	36°9'29''N ; 5°26'34''E	P1	Blé dur/ pas d'information	15/04/2017
		P2	Blé dur/pas d'information	
		P3	Blé dur/ pas d'information	

Au laboratoire, les échantillons sont étalés sur papier journal et sont séchés à l'air libre (à la température ambiante) en évitant les courants d'air afin d'éviter les pertes de kyste séchés.

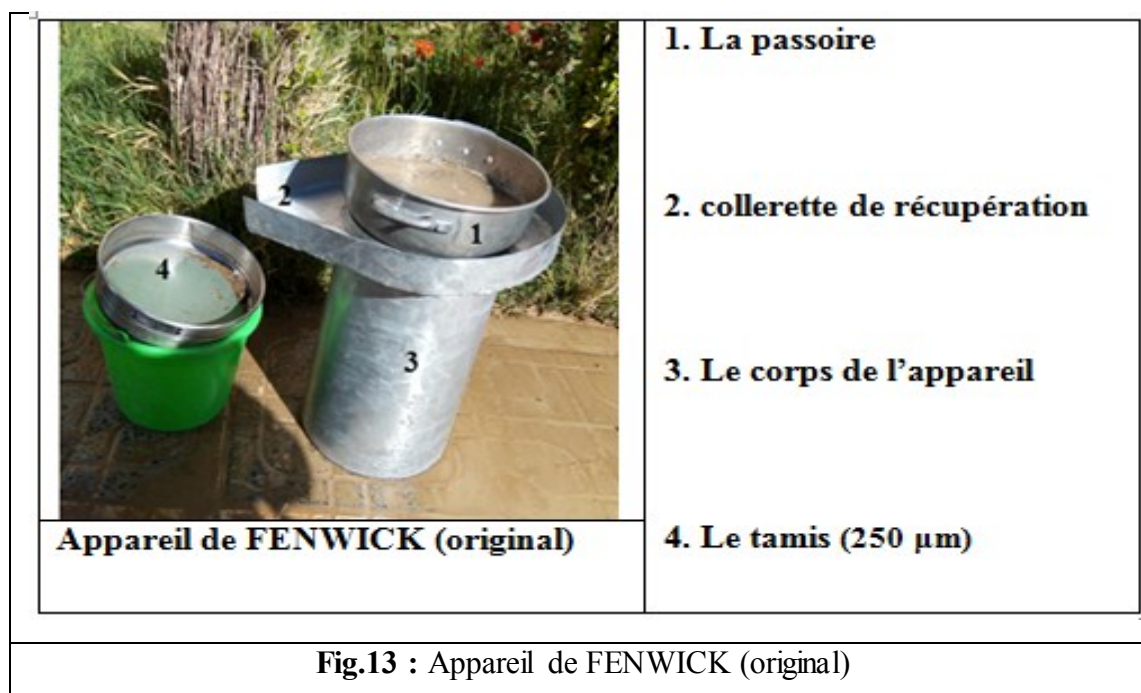
Une fois sec, le sol est pesé (1kg par échantillon et par répétition), emballé dans des sacs étiquetés, afin de procéder à l'extraction des kystes. (Figure 14)

### 1.3.2.-L'extraction des kystes :

La technique employée pour séparer les kystes du sol est celle décrite par Fenwick, 1940 modifiée par Oostenbrink (1950). (Figure 13)

#### Matériels :

- Appareil de FENWICK ;
- Passoire ;
- Papiers de filtre ;
- Pissette ;
- Pinceau très fin, étiquettes et crayon.
- Tamis de 250  $\mu\text{m}$  ;
- Des entonnoirs portés par des Erlenmeyer ;
- Boîtes de Pétri ;
- Loupe binoculaire ;



#### 1.3.2.1-Principe :

La méthode de FENWICK est basée essentiellement sur la différence de densité du kyste sec par rapport à celle de l'eau. Les kystes secs (plein ou vide) ont une densité inférieure

à 1 ce qui leur permet de flotter à la surface d'eau et de les récupérer facilement. (Anonyme, 2010)

### 1.3.2.2 Mode opératoire :

- Le sol sec (1kg) est placé dans la passoire ;
- Un jet d'eau est entraîné dans le corps de l'appareil. Les gros éléments restent dans la passoire alors que les kystes et les particules fines passent dans l'appareil ;
- les kystes secs flottent et débordent à travers la collerette de récupération et sont récupérés dans le tamis de 250 $\mu$ m.
- A l'aide d'une pissette, la fraction retenue sur le tamis est récupérée sur papier filtre ;
- L'échantillon récupéré est mis à sécher à l'air libre et il est ensuite gardé dans des boîtes de Pétri afin de récolter et compter les kystes ;
- En fin, les kystes (pleins ou vides) sont récoltés à l'aide d'un pinceau très fin et sont comptés avec un compteur mécanique sous une loupe binoculaire. Les kystes pleins sont reconnus grâce à leur aspect turgescents alors que les kystes vides ont un aspect ridé de la cuticule. (Figure 14)

### 1.4.- Estimation du taux d'infestation :

- Aubert, (1987) déduit que l'indication de l'état d'infestation par le nombre total des kystes est assez grossière et imprécise et peut être affinée en précisant le nombre de kystes pleins et le nombre de kystes vides ou, mieux encore, en recensant les juvéniles ou œufs vivants à l'intérieur des kystes (expression en nombre d'individus par gr de sol).

		
1 / Les prélèvements	2/ Séchage à l'air libre	3/ Poids de l'échantillon à partir duquel l'extraction est réalisée (1Kg).



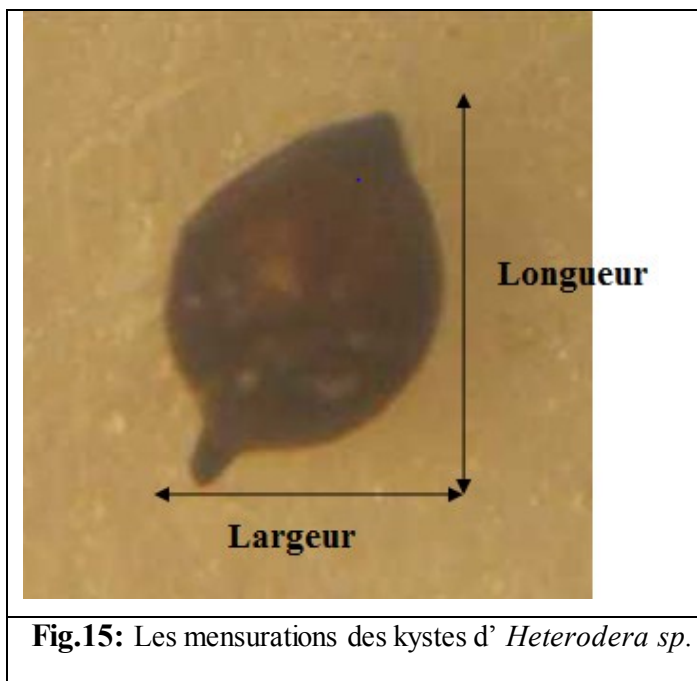
## 2. Étude morphobiométrique des kystes d'*Heterodera sp.* Des différentes populations :

Le but de cette étude est de déceler les différences biométriques entre les différentes populations. Cette étude est d'un grand intérêt puisque elle permet une identification préliminaire des espèces d'*Heterodera*.

### 2.1. -La morphobiométrie des kystes :

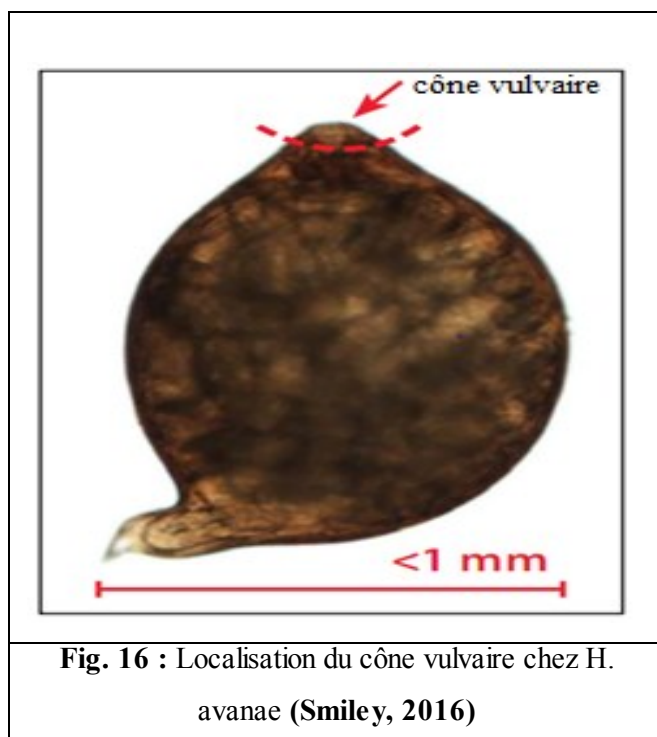
Les kystes sont nettoyés et déposés dans une goutte d'eau sur une lame portant une cellule de mesure micrométrique et sont mesurés sous une loupe binoculaire (1.5X10).

Les critères mesurés sont le largeur et la longueur du corps (fig. 15) les mensurations ont été réalisées sur 20 kystes de chaque population selon la possibilité.



## 2.2.-Etude morphologique du cône vulvaire :

L'identification des espèces basée sur la caractéristique morphologique présence ou absence des bifenestra, pont vulvaire le sous pont et bullae (Anonyme, 2010). (**Figure 16,17**)



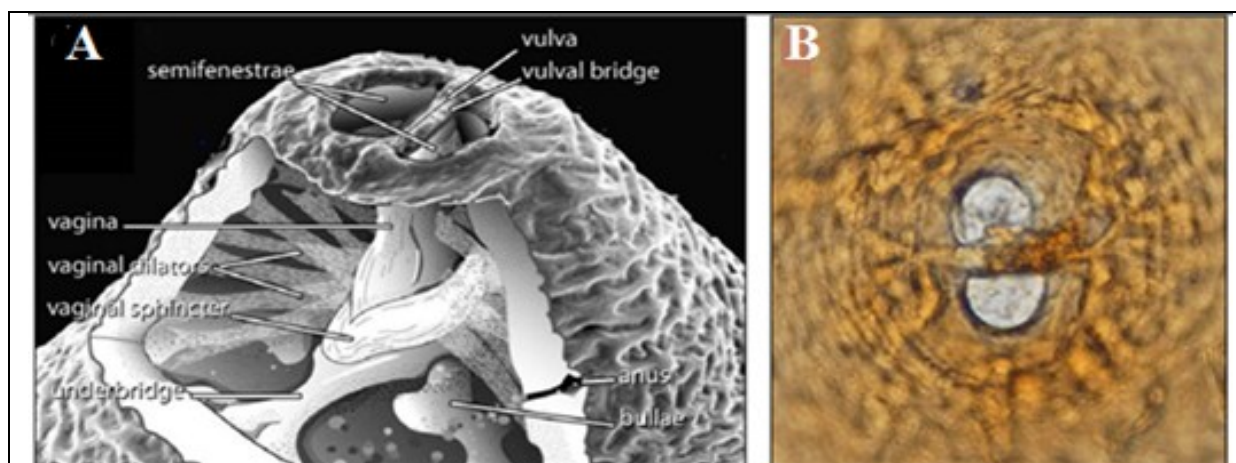


Figure 17 : Illustration de la structure, tridimensionnelle d'*H. schachtii* (A) et du cône vulvaire d'*H. flipjevi* (B) (source Smiley, 2016)

### • Matériels :

- |                                  |                       |
|----------------------------------|-----------------------|
| -Lame et lamelles ;              | Verres de montre      |
| - Bistouri et pinceau très fin ; | Eau oxygénée 30 V     |
| -Microscope optique              | Alcool à 70°          |
| - loupe binoculaire              | glycérine, Paraphyne. |

### • Méthode :

Nous avons suivi la méthode décrite par Hooper (1970). Les kystes secs sont mis à tremper dans de l'eau durant au moins 24 heures avant la dissection puis sont nettoyés de l'extérieur à l'aide d'un pinceau. Chaque kyste est mis sur une lame placé sous loupe binoculaire puis une coupe transversale est effectuée à l'aide un bistouri fin on retient la partie postérieure du kyste (cône vulvaire). Ce dernier est soigneusement vidé des œufs puis nettoyé à l'eau distillée sans endommager les structures associées à la vulve.

### 2.2.1.-Le nettoyage :

Le nettoyage du cône vulvaire est réalisé selon les étapes suivantes :

- Le trempage de la coupe dans l'eau oxygénée (30 V) pendant quelques minutes (5 à 10 mn)
- Le trempage de cette coupe dans de l'alcool (70°) pendant 5mn à 10 mn ;
- La coupe est ensuite placée dans une goutte de glycérine (le sommet en haut) entourée de Paraphyne ou des cales en verre brisé de lamelle qui permet d'éviter l'écrasement du cône ;
- La préparation est ensuite recouverte d'une lamelle puis observée au microscopique optique e aux grossissants **X40** puis **X100** afin d'illustrer l'anatomie du cône vulvaire.

### 2.2.2.-L'identification :

L'identification préliminaire des espèces du groupe *Heterodera* est basée sur les caractéristiques morphologiques du cône vulvaire suivant :

- Présence des semifenestreae ;
- Présence ou absence du bullae ;
- Présence ou absence du pont vulvaire ;
- La distance entre les deux semi-fenestreae. (**voir figure 18, 19**)

Nous nous sommes basé sur des clés de détermination illustrées tel que : MULVEY R. H. and MORGAN GOLDEN A. (1983) et sur les travaux de par Haddadi, 2015 (voir Annexe).

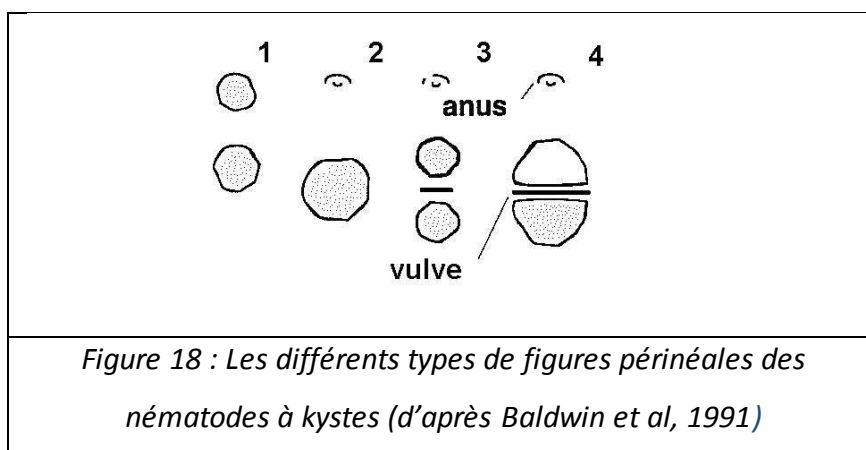
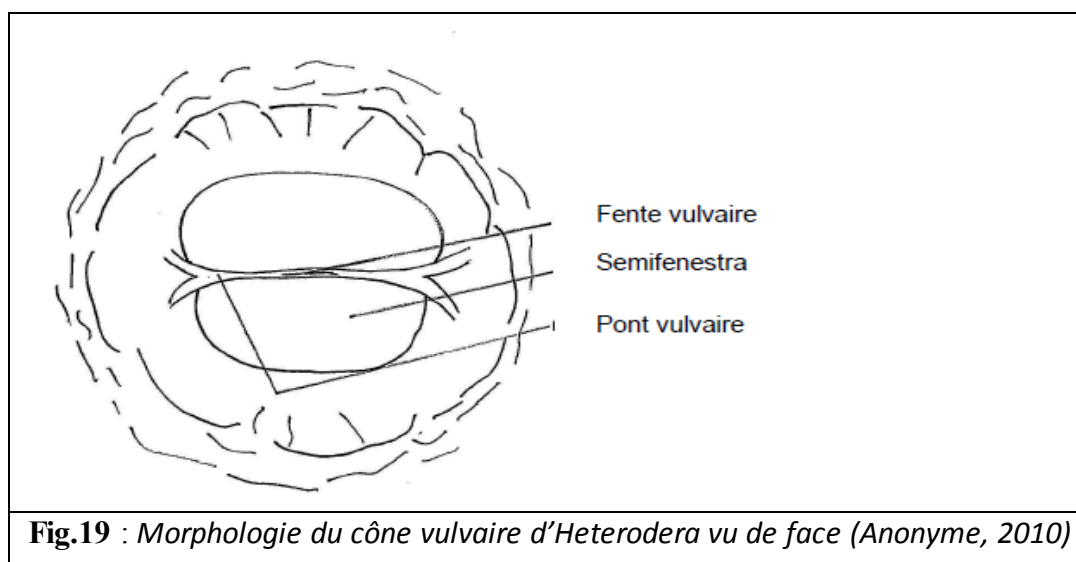


Figure 18 : Les différents types de figures périnéales des nématodes à kystes (d'après Baldwin et al, 1991)

#### Légende :

1 : Zones vulvaire et anale circumfenestré (*Punctodera*), 2 : Zone vulvaire circumfenestré et absence de fenêtre anale (*Globodera* et *Cactodera*), 3 : Zone vulvaire bifenestrée (*Heterodera*), 4 : Zone vulvaire ambifenestré (*Heterodera*)



### 3.-Méthodes d'analyse du sol :

#### 3.1.- Mesure de pH :

Le pH se mesure par voie électrométrique, sur une suspension aqueuse dont le rapport sol/eau est de (1/2,5) (Petard, 1993 et Cirad, 2004). C'est ainsi qu'on a déterminé l'acidité actuelle (ou pH eau (sol /eau = 1/2,5)) et acidité potentielle (pH KCL (sol/ KCL N=1/2,5)).

#### 3.2.- Conductivité électrique (CE) :

Elle représente la quantité des sels solubles dans les sols, on mesure cette conductivité sur la base d'une suspension 1/5 par conductivité mètre (Aubert, 1978).

#### 3.3.- Calcaire total (CaCO<sub>3</sub>%) :

Le calcaire total est déterminé par la méthode volumétrique (calcimètre de BERNARD) (Mathieu et Pieltain., 2003 ; Delaunous, 2006).

L'échantillon de sol est attaqué par une solution HCl 6N puis le volume de CO<sub>2</sub> est mesuré par volumétrie, l'appareil est étalonné par CaCO<sub>3</sub> pure.

#### 3.4.- Calcaire actif en %:

Pour le dosage du calcaire actif on utilise la propriété de se combiner aux oxalates pour donner de l'oxalate de calcium insoluble. L'excès de solution d'oxalate d'ammonium est ensuite dosé par une solution de permanganate de potassium en milieu sulfurique (Méthode de Drouine au Gony) .

### 3.5.- Le carbone organique et la matière organique MO en % :

Le carbone organique est déterminé par la méthode de (WALKLEY et BLAK) qui consiste en une oxydation de la matière organique à chaud (135°) au bichromate de potassium en présence d'acide sulfurique. Le dichromate réduit est dosé par colorimétrie à 586 nm (couleur des ions  $Cr^{+3}$  bleu vert), il est proportionnel à la teneur en carbone de l'échantillon. (Ndoye, 1987 ; Baize, 2000 ; Mathieu et Pieltain, 2003), le résultat obtenu est multiplié par 1,72 pour arriver au pourcentage de matière organique.

### 3.6.- L'analyse granulométrique du sol :

L'analyse granulométrique a été effectuée selon la méthode internationale à la pipete de ROBINSON comme suite :

L'analyse granulométrique s'effectue sur une prise d'essai de terre fine (éléments < 2mm).

Prétraitement par  $H_2O_2$  (élimination des ciments organiques), par HCl 1N (élimination solution des ciments calcaire) et par l'hexamétaphosphates de sodium pour disperser les particules de sol.

Les sables fins et grossiers sont déterminés par tamisage humide et sec respectivement, les limons et argiles par sédimentométrie). La texture du sol est déterminée par le triangle des textures de la soil taxonomy. (Henini, 1990 ; Petard, 1993 ; Bonneau et *al*, 1994.

## 4. Analyse statistique :

Les résultats nématologiques et pédologique ont fait l'objet d'une analyse de variance et une analyse factorielle de correspondance par le logiciel Statista.

**CHAPITRE 3**

**RESULTAT ET**

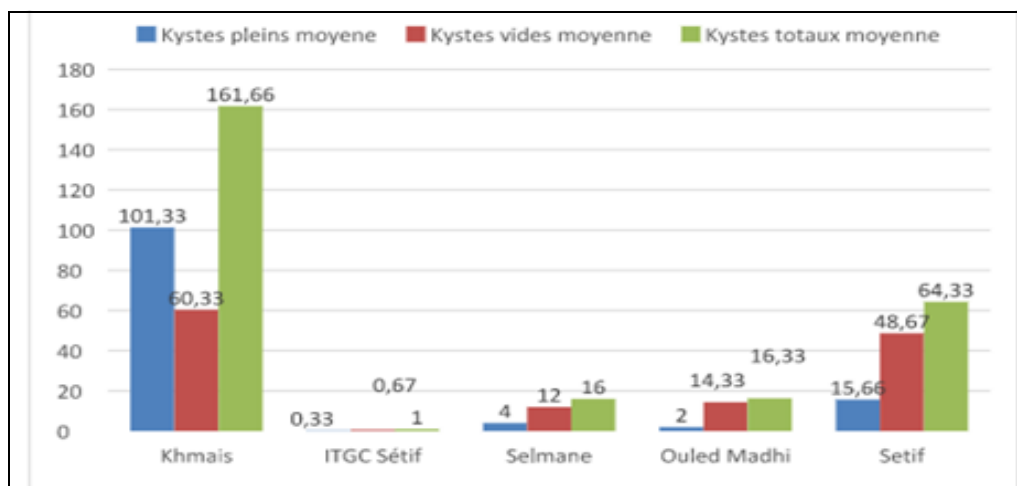
**DISCUSSIONS**

## 1. Résultats de l'état d'infestation

Pour estimer l'infestation moyenne des cinq régions étudiées, nous avons procédé au comptage des kystes pleins et vide. Le total est rapporté au poids de l'échantillon. (Abidou et al. 2005a) Dans notre cas le poids de l'échantillon est de 1 Kg.

### 1.1. Résultats de l'analyse nématologique :

L'analyse nématologique des échantillons de sol montre les résultats mentionnés sur la figure suivante.



**Fig.20** : La répartition de l'infestation dans les stations prospectées

Parmi les 15 parcelles prospectées, 9 parcelles céréalières sont infestées par les nématodes à kyste *Heterodera spp.*, ce qui représente un taux de 60 % de parcelles infestées.

La figure 20 montre des variations des taux d'infestation dans les différentes régions, Ainsi on a enregistré des taux d'infestation élevés dans la région de khmaïsse et moyenne à Ain trick (Sétif) avec une moyenne de 161, 66 kystes / kg de sol et de 64,33 kystes /Kg de sol respectivement.

Nous avons noté également des taux d'infestation faibles à nuls dans les régions de Selman ; Oulad Madi et ITGC de Sétif.

Si on considère le nombre d'œufs (plus que 600) contenus dans un kyste (Siddiqui, 2000), les degrés d'infestation notés dans la région de Khmisse peut être qualifiés d'élevés et peuvent avoir une incidence sur les rendements.

## 1.2.- Analyse de la variance

L'analyse de la variance montre l'existence de différences hautement significatives ( $P=0$ ) entre les stations « Khmisse ; Ain Trick ; Selman et oulad Madi » et non significatives entre les parcelles. (Tableau n°02).

**Tableau 2 :** Résultats de l'analyse de la variance au seuil 5% pour le taux d'infestation des stations prospectées sur les variables « stations, parcelles ».

	Teste	Valeur	F	Effet - Résiduel-df	df	p
<b>Station</b>	Wilks	0,000216	8,339995	20	14,21637	<b>0,000092</b>
<b>Parcelle</b>	Wilks	0,127986	1,436189	10	8	0,310363

L'analyse de la variance détaillée des variables liés aux kystes montre des différences significatives concernant les kystes pleins et les kystes totaux. Cette différence n'est pas significative concernant les kystes vides. (Tableau 3)

**Tableau 3 :** Résultats de l'analyse de la variance au seuil 5% (variables kystes)

variable	DDL	SC	MC	F	P
<b>Kystes pleins</b>	4	22475,33	5618,833	12,17427	<b>0,001758</b>
<b>Kystes vides</b>	4	7977,73	1994,433	3,478056	0,062889
<b>Kystes total</b>	4	52043,7	13010,93	7,713459	<b>0,007506</b>

## 1.3.- Test de Newman-Keuls

L'analyse de la variance a été complétée par le test de Newman-Keuls dont le but de comparer les moyennes et désigner les groupes homogènes. Les résultats du test sont consignés dans le tableau 4

**Tableau 4 :** Résultats de l'analyse du test de Newman-Keuls à 5% sur le nombre total des kystes / 1Kg de sol

Cell n°	Station	Groupe A	Groupe B
<b>2</b>	Sétif « ITGC »	****	
<b>3</b>	Selmane	****	
<b>4</b>	Oulade Madi	****	
<b>5</b>	Ain Trick « Sétif »	****	
<b>1</b>	Kmaisse		****
<b>Moyenne (Kystes/ Kg)</b>		24,46	161,66

Ce test laisse apparaître deux groupes homogènes. Le premier groupe A inclut quatre stations à savoir Sétif « ITGC » ; Selman ; Oulad Madi et Ain Trick avec une moyenne

de 24,46 kystes/ Kg. Le deuxième groupe concerne la station de Khmaïsse avec une moyenne de 161,66 Kystes /Kg.

#### 1.4.-Discussion :

Le taux d'infestation élevé de la station de Khmaïsse peut être expliqué par les pratiques culturales de cette région. En effet, la station a été occupée durant une longue durée par l'arboriculture intercalée par des céréales « Orge, blé », en plus l'irrigation peut favoriser la multiplication et le déplacement des Larves du deuxième stade.

Selon Smiley et al. 2005, la distribution d'*H. Avenae* touche actuellement les champs céréaliers des zones arides et des zones les plus humides.

Cependant, le faible taux d'infestation enregistré dans la région d'Oulad Madi, malgré les mêmes pratiques « culture de blé ou orge » que Khmaïsse peut affirmer la distribution hétérogène ou par foyer de ces parasites du sol.

Meaghew, 1977 confirme qu'*H. Avenae* n'a pas été détecté dans des régions céréalières malgré la ressemblance du climat avec les régions infestées étudiées par ce même auteur.

La même constatation a été faite par Haddadi (2005) qui a enregistré des degrés d'infestation très variables selon les localités et selon les parcelles de la même localité. Ils passent de 3,6 kystes /kg de sol dans la parcelle de Tadmaït, à 281 kystes / kg de sol qui est le degré le plus élevé noté dans la localité de Buouandas à la wilaya de Sétif.

Seules les trois parcelles de L'ITGC de Sétif sont exemptes de kystes. Cette indemnité peut être liée à l'application d'un bon système de rotation bien étudié « oignon, Blé tendre, carotte, orge, blé dur, pois chiche » ainsi que leur bonne connaissance du parasite, de sa voie de dissémination et le choix des variétés à cultiver.

Dans le même contexte, hamroun (2006) a enregistré un faible degré d'infestation dans deux parcelles de l'ITGC de Oued smar avec un taux de 0,12 L2 / g de sol et 3,67 L2/g de sol qui a été expliqué par le système de rotation pratiqué dans ces deux parcelles ainsi que par l'effet des précédents culturaux représentés par les légumineuses tel que le pois chiche, fève, féverole qui ne sont pas des plantes hôtes pour ce nématode.

Selon Perry et Moens (2006), lorsque la gamme d'hôte est limitée, la rotation des cultures devient un élément important dans la gestion des niveaux de nématodes à kyste. Notamment ceux qui ont seulement 1 à 3 plantes hôtes cultivées à savoir les *Globodera* (pomme de terre, aubergine et tomate), *H.avenae* (avoine, orge et blé), *H.zae* (maïs cultivé et sauvage) et *H. carotae* (carottes cultivées et sauvages).

L'analyse des échantillons prélevés nous a permis de déceler la présence de ces parasites sous forme de Kystes vides. Ces derniers peuvent appartenir à des nouvelles populations et ils ont récemment éclos sous l'effet des exsudats radiculaires de la plante hôte et des conditions favorables à l'éclosion, c'est le cas d'Ain Trick à Sétif et Oulad Madi où la culture de blé ou d'orge était en place lors de l'échantillonnage. Ou bien à des populations

anciennes c'est le cas de Lekhmaise et Selman puisque les parcelles étaient en jachère au moment de l'échantillonnage.

Cette même constatation a été faite par METTAI- DOUBA (2015) lors d'une étude de l'état d'infestation de quelques parcelles céréalières appartenant à Ain Defla.

Nos résultats de l'analyse nématologique d'Ain Trick et Selman ne révèle que leur état d'infestation sans pouvoir les lier à un facteur donné par manque de toute information concernant les pratiques culturales dans ces deux stations.

## 2. Résultats de l'analyse morphobiométrique des kystes :

L'étude biométrique des kystes est d'un grand intérêt puisqu'elle contribue à l'identification préliminaire de l'espèce.

### 2.1.-Description morphologique des kystes

La morphologie des kystes n'est pas nécessairement variable entre les populations mais elle peut être différente au sein de la même population. Cette dernière varie du citriforme à globuleux, légèrement arrondi et cylindrique et la forme allongé. **(Figure 21)**

La morphologie des kystes a porté sur trois principaux paramètres :

**La forme** : Les kystes provenant des cinq régions sont citriforme, globuleux, ovoïdes, et parfois allongés.

**La couleur** : le brun-foncé prédomine chez la plupart des kystes des 5 populations mais, parfois ils sont en mélange avec quelques kystes brun-clair partiellement transparents.

**La taille** : Ce paramètre est variable selon les kystes. En effet, nous avons constaté qu'au sein de la même population certains kystes sont de grande taille alors que d'autres sont beaucoup plus petits. Ce constat est valable aussi entre les populations.



**Figure 21** : Kystes d'*Heterodera* sp des cinq stations étudiées observés sous loupe binoculaire. (Originale)

### 2.2.-Les mensurations

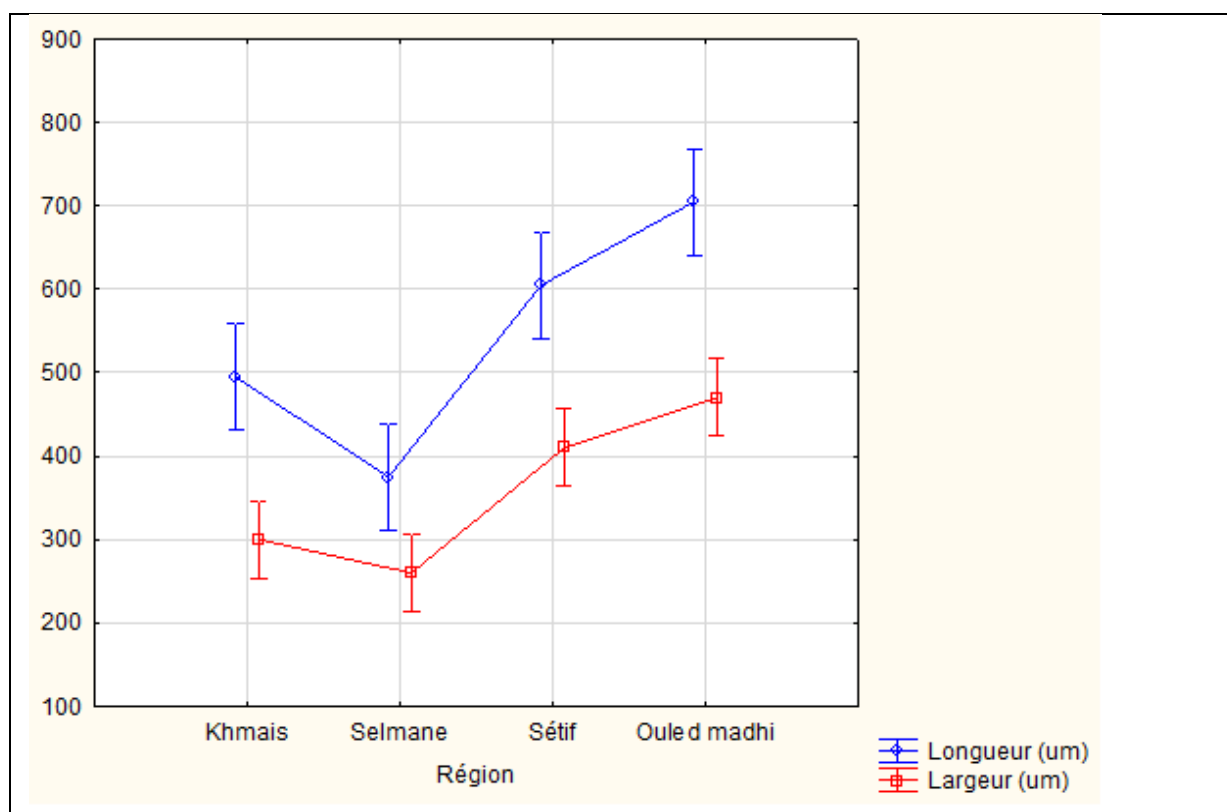
Les résultats relatifs aux mensurations des kystes des quatre populations sont représentés dans le tableau 5. La deuxième station de Sétif (ITGC) n'a pas été prise en considération concernant l'étude morphobiométrique vue le nombre insuffisant de kyste.

Les valeurs de la longueur des kystes, varient entre 375  $\mu\text{m}$  et 705 $\mu\text{m}$ . Pour la largeur des kystes, les valeurs oscillent entre 260  $\mu\text{m}$  et 470 $\mu\text{m}$  (**Tableau 5**).

**Tableau 5** : Mensuration des kystes d'Heterodera des quatre populations

Populations	Longueur ( $\mu\text{m}$ ) (Min – Max) Moy.	Largeur ( $\mu\text{m}$ ) (Min – Max) Moy.
<b>Khemaïsse</b>	(300 – 800) 495	(200 – 500) 300
<b>Selmane</b>	(200 – 700) 375	(100 – 500) 260
<b>Ouelde Madi</b>	(600 – 800) 705	(300 – 600) 470
<b>Ain Trick</b>	(1000 – 300) 605	(200 – 600) 410

D'après la figure 22, la population d'Oulad Madi semble être la plus longue et la plus large que les autres populations, alors que celle de Selman semble être la plus petite.



**Figure 22:** Les variations de la longueur et la largeur des kystes des populations étudiées.

### 2.2.1.-Analyse de la variance

Les résultats de l'analyse ANOVA à deux facteurs (Longueur, largeur) révèlent une différence hautement significative entre les différentes populations. (Tableau 6)

**Tableau 6** : Analyse de la variance à deux facteurs (longueur, largeur)

Variance	SC	ddl	MC	F	p
Longueur	24974000	4	6243500	303,0051	0
Largeur	10932000	4	2733000	250,8551	0
Résiduelle	1566000	76	20605		

### 2.2.2-Test de Newman-Keuls :

L'analyse de la variance a été complétée par le test de Newman-Keuls à 5% dont le but de comparer les moyennes des largeurs et des longueurs afin de désigner les groupes homogènes. Les résultats du test sont consignés dans le tableau 7.

**Tableau 7** : résultats du test de Newman-Keuls à 5%

Stations	Largeur (moyenne um)	A	B
2 Selmane	260	****	
1 Khmais	300	****	
3 Ain trick	410		****
4 Ouled madhi	470		****

Cette comparaison fait apparaître deux groupes homogènes selon la largeur moyenne des kystes. Le premier groupe A inclut deux stations à savoir Selman et Lekhmaisse ; le groupe B regroupe Oulad Madi et Ain Trick. Concernant la longueur les quatre populations sont différentes.

### 2.2.3.-Discussion :

Les variations qu'on a enregistrées entre les populations s'expliquent par les fluctuations de la taille des kystes entre les différentes espèces. Cette variabilité existe même entre les différents individus (écotype ou biotype) de la même espèce.

A ce titre, Aubert, (1987) avance que la taille des kystes varie énormément entre les populations et au sein de la même population et Rafai et al., (2011) ont signalé cette différence de taille des kystes de différentes populations d'*Heterodera avenae* ainsi que les travaux de Handoo, 2002 et Subbottin et al., 2003.

Quant aux populations algériennes, plusieurs travaux ont été effectués sur plusieurs populations où des fluctuations de taille ont été enregistrées entre les populations et au sein de la même population. Citant les travaux de Hamroun, 2006, Haddadi, 2015..... La taille des kystes est étroitement liée à l'espèce, à la plante hôte, et aux conditions agro-écologiques et géographiques (Righi, 2016).

En effet les valeurs de taille qu'on a obtenues sont proches de ceux citées par Handoo, 2002 et Subbottin et al. 2003.

### 3.-Résultats de l'analyse morphologique du cône vulvaire :

Les caractéristiques biométriques est les observations réalisées sur le cône vulvaire ont permis de déceler la présence de plus d'une espèce d'*Heterodera*, malgré les ressemblances morphologiques existantes entre certaines espèces. Cependant les détails au niveau du cône vulvaire, permettent la différenciation préliminaire entre les différentes espèces. En conséquence, les espèces *Heterodera avenae*, *H. latipons* sont les plus représentées dans la station de ITGC ; Ain Trick, Oulad Madi, Lekhmaïsse. *H. filipjevi* est signalée dans la station d'Ain Trick, alors que la station de Selman semble infestée par l'espèce *H. bifenestra*. L'espèce *H. hordecalis* est signalée aussi dans la station de Lekhmaïsse. (Tableau 8)

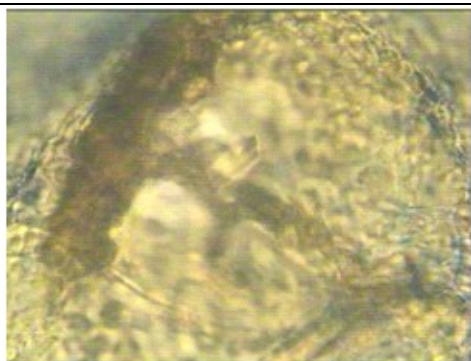
**Tableau 8** : Les principales espèces identifiées dans les cinq régions.

Région	Espèce dominante
<b>Khmaïsse</b>	<i>Heterodera avenae</i> <i>Heterodera hordecalis</i>
<b>Selmane</b>	<i>Heterodera bifenestra</i>
<b>ITGC</b>	<i>Heterodera latipons</i>
<b>Ain Trick</b>	<i>Heterodera filipjevi</i> <i>Heterodera avenae</i> <i>Heterodera latipons</i>
<b>Ouelade Madi</b>	<i>Heterodera avenae</i> <i>Heterodera latipons</i>

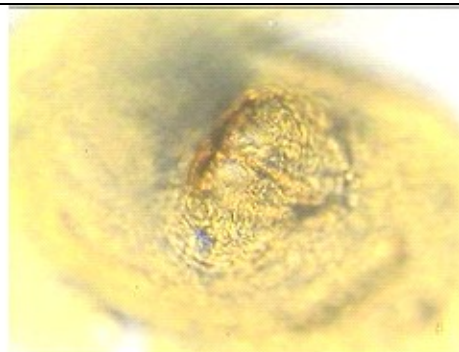
#### 3.1.-Structure morphologique du cône vulvaire

Selon Perry et Moens, 2006, une zone à paroi mince entoure la vulve, à ce niveau, la cuticule peut être partiellement absente, formant ainsi des ouvertures appelées fenestrae. La fenestration (présence ou absence, forme) est utilisée dans le diagnostic des genres. D'autres mesures des kystes sont utilisées dans le diagnostic des genres et des espèces.

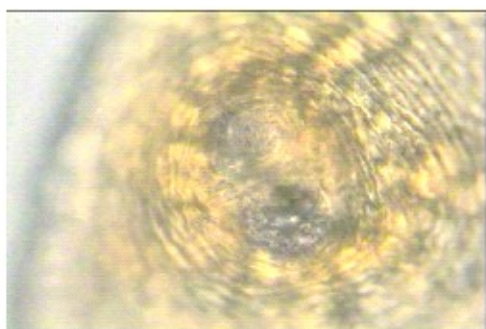
Les micrographies représentatives des principales espèces identifiées dans les stations étudiées sont illustrées dans les figures de 23 à 27 :



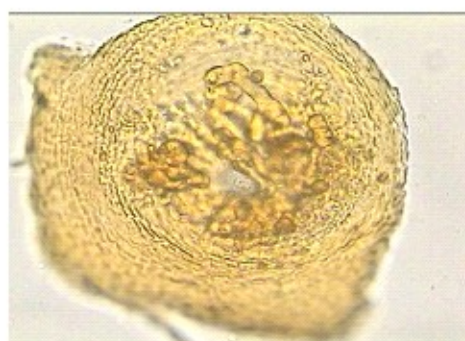
Gr X 100 : *H. hordecalis* (Khmaïsse) originale



Gr X 40 : *H. hordecalis* (Khmaïsse) originale



Gr X 100 : *H. avenae* (Khmaïsse) originale



Gr X 40 : *H. avenae* (Khmaïsse) originale

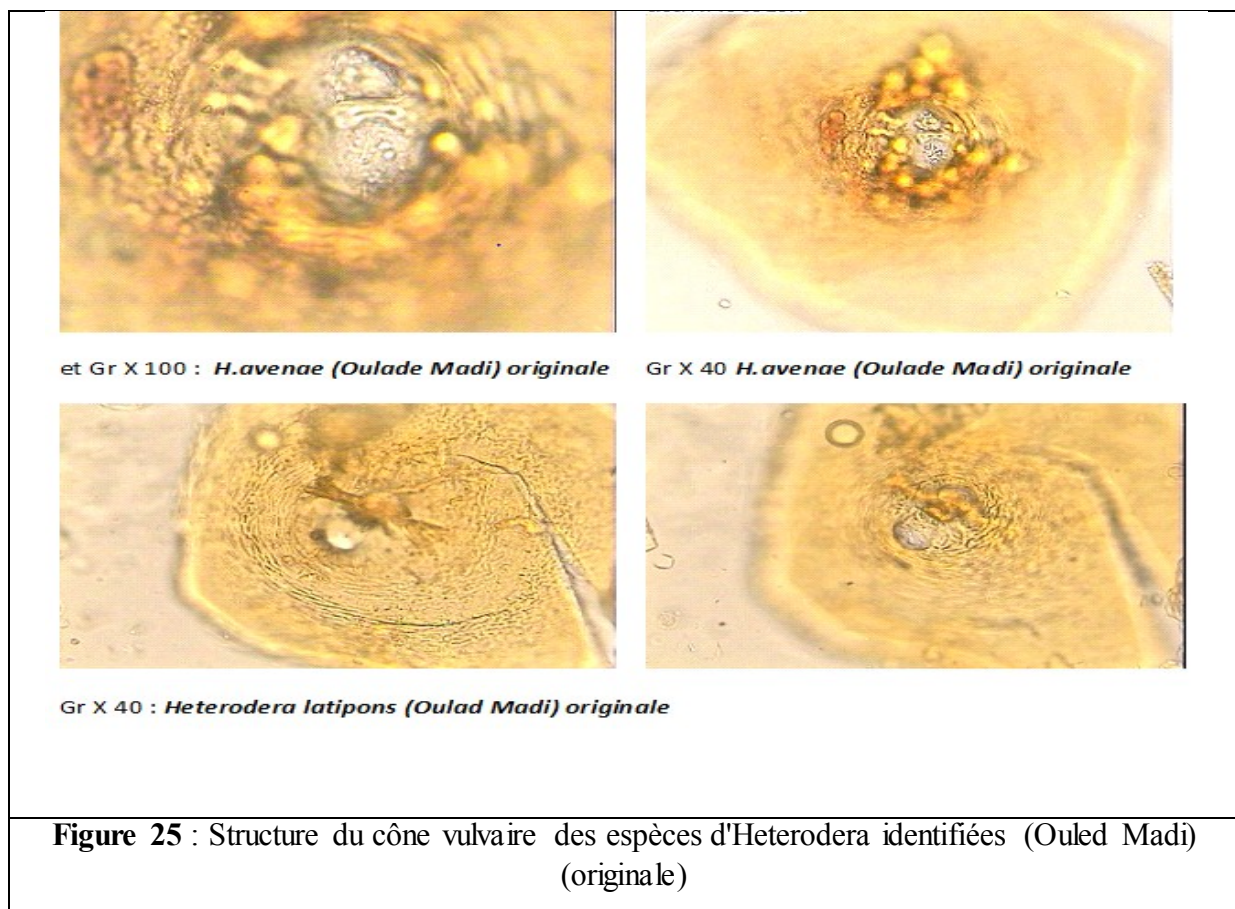
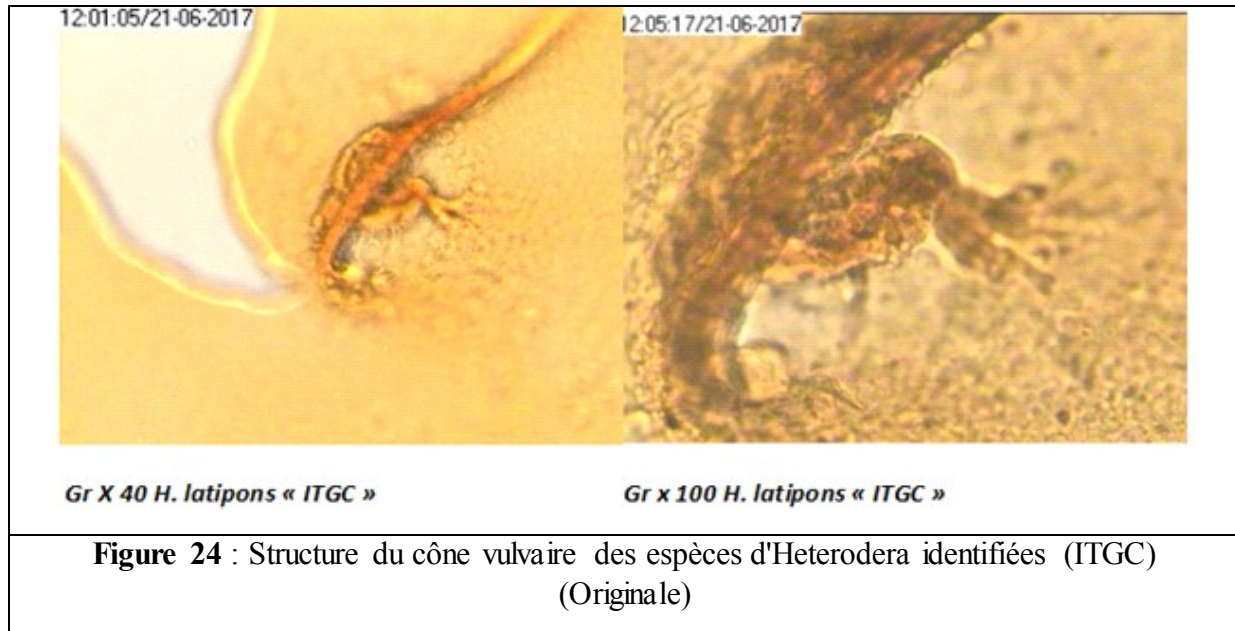


Gr X 40 : *H. avenae* (Khmaïsse) originale

**Figure 23** : Structure du cône vulvaire des espèces d'*Heterodera* identifiées (Lekhmaïsse) Originale

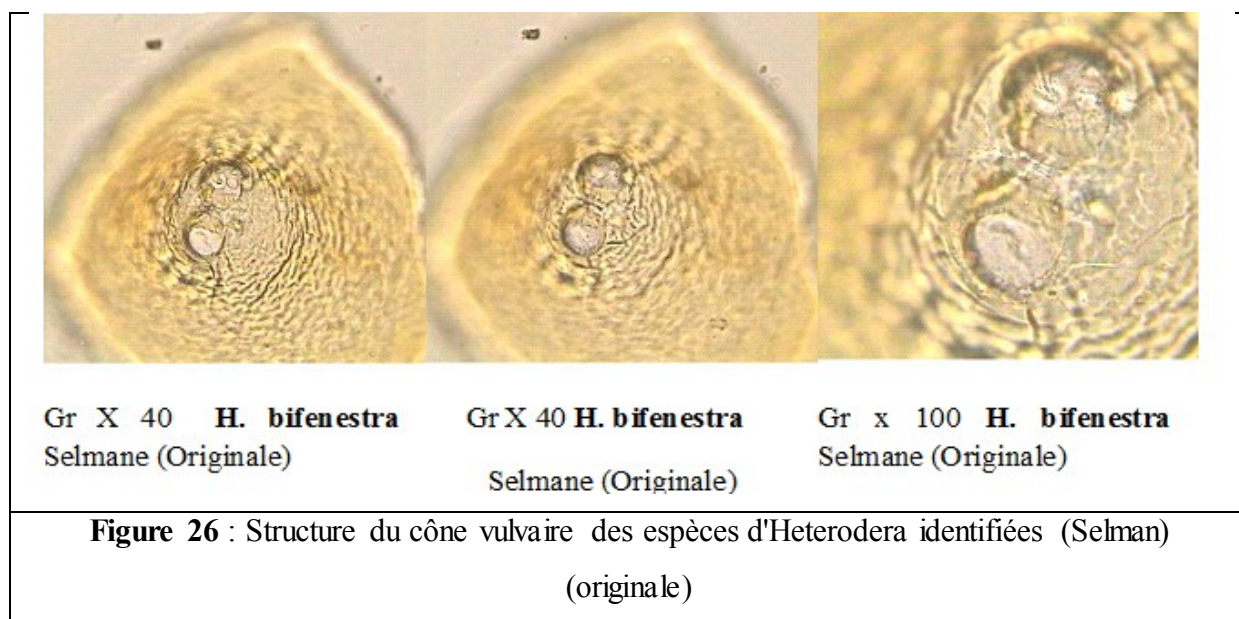
***Heterodera hordecalis***

Cette espèce présente les mêmes caractéristiques que *H. latipons*, sauf que la longueur de la vulve est plus importante (18-25 µm) (Righi, 2016). La fente vulvaire est moins importante par rapport à celle d' *H. latipons*. (Figure 23).



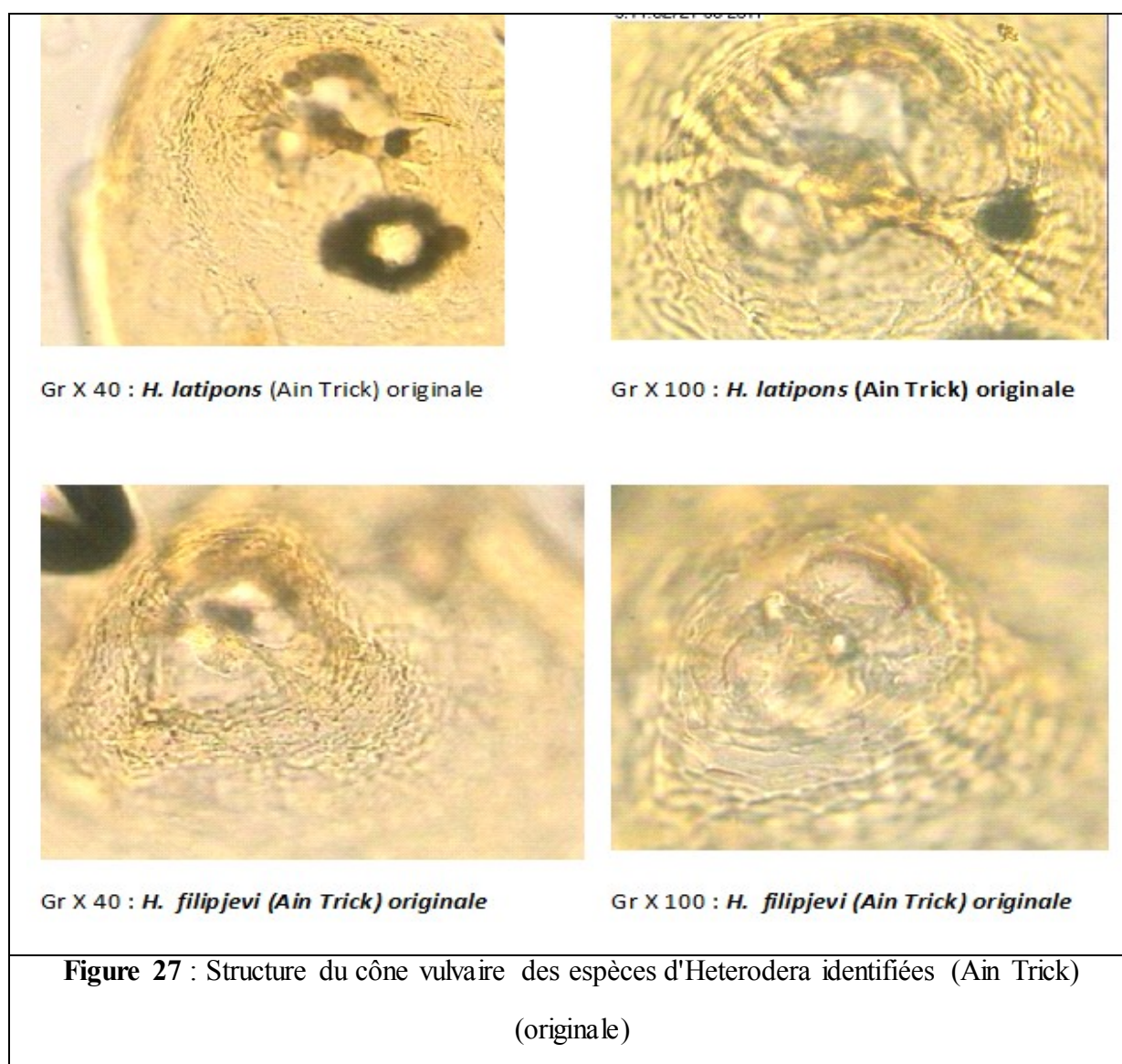
### *Heterodera latipons*

Le bullae est souvent absent mais parfois il est présent au niveau du sous-pont, (Andoo, 2002), il est généralement petit. Le pont vulvaire qui a une largeur de plus de 18 $\mu$ m présente des ramifications sur les deux côtés et un sous pont profond bien développé. Par contre la longueur de sa fente est moins de 15  $\mu$ m. Les semi-fenestreae sont largement séparées circulaire et très claires (Nobbs, 1989) in Andrés et al. (2001). (Figure 24, 25et 27).



### **Heterodera bifenestrae**

Elle se caractérise par un cône vulvaire marqué par deux semi-fenestreae circulaires et translucides, éloignées l'une de l'autre et séparées par la fente vulvaire qui se situe au milieu. Le bullae et le sous-pont sont absents (figure 26).



### *Heterodera filipjevi* :

Le cône vulvaire d'*H. Filipjevi* montre un bullae très léger, de couleur brun-clair, la présence d'un sous-pont et des semi-fenestrae légèrement réniformes. (**Figure 27**)

L'observation microscopique permet de constater que le cône vulvaire de l'espèce *H. Filipjevi* est morphologiquement similaire à celui d'*H. avenae* puisque les deux espèces possèdent les semi-fenestrae. En effet, Handoo (2002) rapporte que les différences morphologiques pouvant les distinguer sont minimes. Elles se limitent à la couleur du kyste, à la densité du bullae et à la forme des semi-fenestrae. En plus de la présence d'un sous pont chez *H. filipjevi* (Abidou et al. 2005b et Subbotin et al.,2003).

## 4.-Les caractéristiques physico-chimiques des sols

### 4.1.-La texture

La fraction Limon est la plus dominante dans toutes les stations (65 % à 80%), suivie de celle de l'argile (11% à 23%) et enfin la fraction sable qui n'est appréciable qu'au niveau de la station de Selman. (Tableau 9)

**Tableau 9:** Fractions texturale des stations d'étude et interprétation de la texture

Station	Argile	Limon	Sable	Interprétation
<b>Khmaïsse</b>	23,20000	74,03700	2,76300	Limon argileux
<b>ITGC (Sétif)</b>	21,86667	76,45233	1,68100	Limon argileux
<b>Selmane</b>	11,20000	64,82600	23,97400	Limon moyen sableux
<b>Ouled Madhi</b>	24,53333	73,96167	1,50500	Limon argileux
<b>Ain Trick (Setif)</b>	17,86667	80,17633	1,95700	Limon argileux

La texture des stations étudiées est limoneuse, elle est limono-argileuse pour les stations Lekhmaïsse, ITGC, Ouled Madhi et Ain Trick et Limon moyen sableux pour la station de Selman (Figure 1 annexe).

### 4.2.-La réaction du sol (pH)

Le pH présente des valeurs significativement différentes selon la station et semblable selon la parcelle. (Tableau 10)

**Tableau 10 :** Analyse de la variance de la variable pH

Effet	SC	MC	F	p (0.05)
<b>Station</b>	1,185	0,296160	59,58954	<b>0,000005</b>
<b>Parcelle</b>	0,023	0,011387	2,29108	0,163433
<b>Résiduel</b>	0,040	0,004970		
<b>Total</b>	1017,570			

Les stations peuvent être regroupées en trois groupes selon le test de Newman-Keuls à 5% avec de valeurs pour les groupes 1,2 et 3 de 8,31, 7,71 et 8,53 respectivement. (Tableau 11)

**Tableau 11 :** Teste d'homogénéité de Newman Keuls au seuil  $\alpha=0,05$

Station	Moyenne	1	2	3
<b>4</b> Ouled Madhi	7,706667		****	
<b>1</b> Khmais	8,233333	****		
<b>2</b> ITGC Sétif	8,296667	****		
<b>5</b> Ain Trick Setif	8,386667	****		
<b>3</b> Selmane	8,533333			****
- Moyenne	-	8,3055556	7,706667	8,533333

Ces valeurs varient entre 7,7 et 8,5, ces stations sont donc alcalines selon qui stipule que la fourchette de pH comprise entre 7,5 et 8,5 désigne les sols alcalins.

### 4.3.-La conductivité électrique du sol

La conductivité électrique du sol varie significativement uniquement avec la station, ses valeurs restent semblables avec les parcelles. (Tableau 12)

**Tableau 12** : Analyse de la variance de la variable conductivité électrique du sol (mS/cm)

Effet	SC	MC	F	P
<b>Station</b>	12,83969	3,209921	13,10975	<b>0,001372</b>
<b>Parcelle</b>	1,26445	0,632223	2,58208	0,136391
<b>Résiduel</b>	1,95880	0,244850	-	-
<b>Total</b>	25,59776	-	-	-

Le test d'homogénéité de Newman Keuls à 5% distingue deux groupes de conductivité électrique du sol l'un comporte les stations de Selman, Sétif, ITGC Sétif, et Lekhmaïsse avec une valeur moyenne de 0,37 mS/cm, et l'autre concerne la station de Ouled Madhi avec une valeur plus forte. (Tableau 13)

**Tableau 13**: Test d'homogénéité de Newman Keuls ( $\alpha=0.05$ ) de la conductivité électrique du sol

Station	CE mS/cm moyenne	1	2	Interprétation
<b>3</b> Selmane	0,125267	****		Non salé
<b>5</b> Ain Trick Setif	0,148867	****		Non salé
<b>2</b> ITGC Sétif	0,168267	****		Non salé
<b>1</b> Khmais	1,026333	****		Salé
<b>4</b> Ouled Madhi	2,517667		****	Très salé
- Moyenne	-	0,37	2,52	-
Interprétation		Non salé	Très salé	

Selon, l'interprétation de la conductivité électrique de l'extrait 1/5 de la suspension sol/eau est comme suit :

- CE mS/cm < 0.5 Sol non salé
- 1 < CE mS/cm < 2 Salé
- CE mS/cm > 2 Très salé

Selon ces normes les stations Selman, Ain Trick et ITGC sont non salées, la station de Lekhmaïsse est salée cependant la station de Ouled Madhi est très salée. Les groupes de stations se répartissent entre non salé (groupe 1) et très salé (groupe 2) (Tableau 13)

#### 4.4-Le calcaire total

Le calcaire total présent des valeurs qui varient d'une manière significative uniquement avec les stations, les parcelles ne montrent pas de variance significative.

**Tableau 14** : Analyse de la variance de la variable calcaire totale (%)

Effet	SS	MS	F	p
<b>Station</b>	1473,90	368,4751	10,56427	<b>0,002801</b>
<b>Parcelle</b>	192,92	96,4582	2,76548	0,122193
<b>Résiduel</b>	279,04	34,8794		
<b>Total</b>	42915,06			

Le teste d'homogénéité de Newman Keuls à 5% distingue trois groupe de stations le premier regroupe Lekhmaisse, Ouled Madhi et Selman, le second Ouled Madhi, Selman et le troisième ITGC et Ain Trick. (**Tableau 15**)

Les valeurs du calcaire total de ces groupes varient de 45 à plus de 68% ce qui les classe parmi les sols hyper calcaire, car selon les sols ayant une valeur du calcaire supérieur à 40 % sont hyper calcaires.

**Tableau 15**: Teste d'homogénéité de Newman Keuls ( $p=0.05$ ) et interprétation du calcaire total (%)

Station	Moyenn e	1	2	3	
<b>1</b>	Khmais	39,88009	****		
<b>4</b>	Ouled Madhi	47,50816	****	****	
<b>3</b>	Selmane	47,90964	****	****	
<b>2</b>	ITGC Sétif	57,27745		****	
<b>5</b>	Ain trick Sétif	68,73294			****
<b>Moyenne</b>	-	-	45,10	49,23	68,73
<b>Interprétation</b>	-	-	Hyper calcaire	Hyper calcaire	Hyper calcaire

#### 4.5.-Le calcaire actif :

Les valeurs du calcaire actif varient de 8,67 (Ain Trick) à 10,77 à Selman. Les valeurs du calcaire actif varient de 2 à 35, nos valeurs peuvent être qualifiées de moyenne. (Tableau 16)

**Tableau 16** : Calcaire actif des stations d'étude

Station	Calcaire actif (%)
<b>Khmais</b>	9,74822
<b>ITGC (Sétif)</b>	9,34917
<b>Selmane</b>	10,77435
<b>Ouled Madhi</b>	9,57720
<b>Ain Trick (Sétif)</b>	8,66508

#### 4.6.-Le carbone organique :

Les valeurs du carbone organique varie d'un minimum (0,62 %) enregistré au niveau de la station d'Ain Trick de Sétif et un maximum (3,12 %) au niveau de la station de Lekhmaisse. (Tableau 17)

Selon la teneur en carbone organique des horizons minéraux de surface varie de 0.5 à 17%, selon cette fourchette on peut qualifier nos valeurs de faibles.

**Tableau 17** : Carbone organique des stations d'étude

Station	Carbone organique (%)
<b>Khmais</b>	3,120000
<b>ITGC Sétif</b>	2,184000
<b>Selmane</b>	2,418000
<b>Ouled Madhi</b>	1,482000
<b>Ain trick Sétif</b>	0,624000

#### 5. Relation sol - nématodes

Pour étudier la relation entre les caractéristiques du sol et les variables liés aux nématodes, nous avons utilisé l'analyse en composante principale (ACP) avec 11 variables à traiter :

Les kystes vides ; Les kystes totaux ; Les kystes pleins ; Argile ; Limon ; Sable ; Calcaire total ; Calcaire actif ; Conductivité électrique ; pH ; Carbone organique.

##### 5. 1.-Choix des axes

Le critère de Kaiser de la variation brusque des valeurs propres nous indique ici que le nombre d'axes nécessaires à expliquer la majeure partie de la variance est de trois. Cette variation intervient entre la troisième et la quatrième valeur propre. Le premier axe explique 37% de la variance totale, le second 29% et le troisième 22% avec un total de 88%.(voir figure 27)

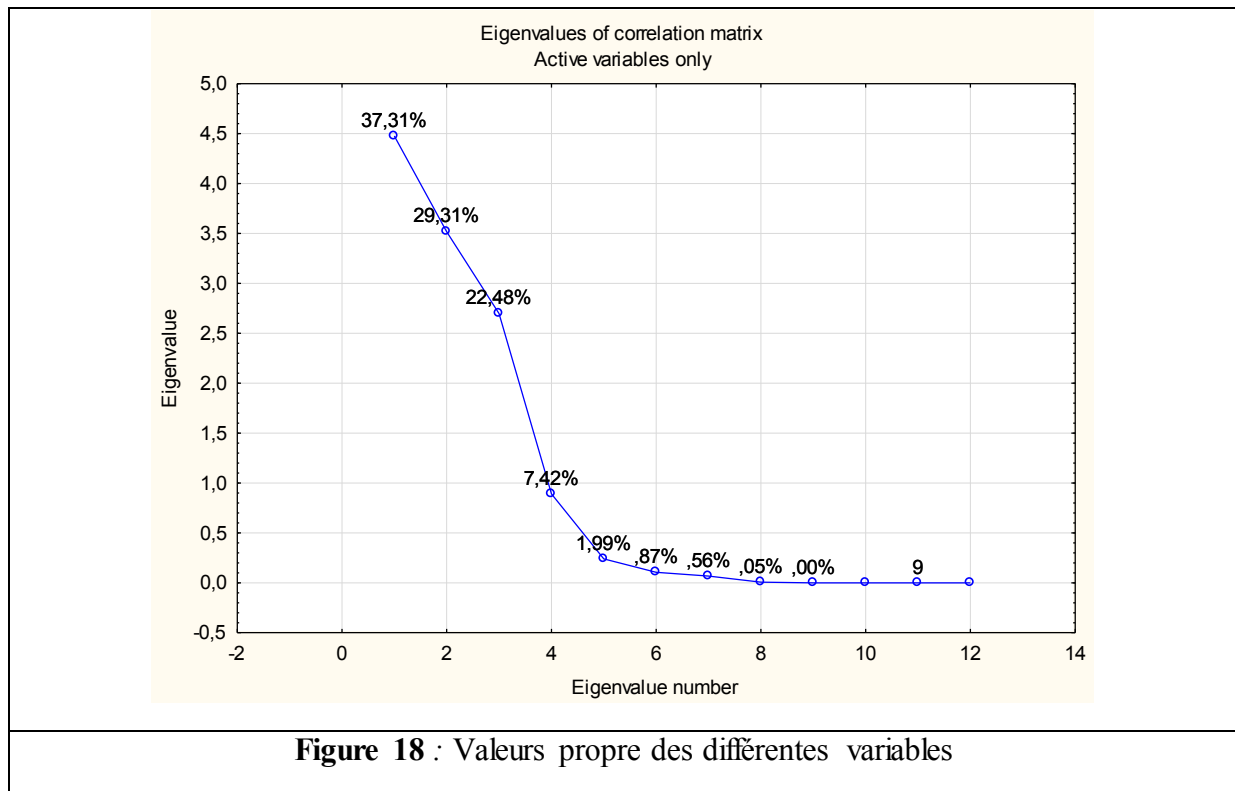


Figure 18 : Valeurs propre des différentes variables

## 5.2.-Interprétation des axes

### 5.2.1.-Axe 1

- Variable :

Les variables liés à l'axe 1 avec une contribution significative doivent avoir des valeurs propres supérieures à la contribution moyenne ( $C_m = 1/11 = 0.30151$ ) sont :

- |                 |         |
|-----------------|---------|
| -Sable          | +Argile |
| -Calcaire actif | +Limon  |

Les variables concernées sont : (Voir tableau 19)

Tableau 1 : Vecteurs propres

	Axe1	axe 2	Axe 3
Kystes pleins	0,113391	-0,480844	0,223461
Kystes vides	0,175261	-0,326051	0,383086
Kystes totaux	0,148609	-0,445015	0,309600
pH	-0,277941	0,067083	0,507151
Calcaire total	0,119724	0,439454	0,265595
Argile	0,400671	-0,140775	-0,267339
Limon	0,439738	0,148167	0,195088
Sable	-0,471804	-0,008246	0,033949
Calcaire actif	-0,427030	-0,197049	-0,202447
Carbone organique	-0,208387	-0,394476	-0,078373
CEmS/cm	0,201172	-0,174763	-0,471068

Cet axe oppose deux groupes de caractéristique du sol à savoir argile et limon contre sable, calcaire actif. Donc il explique le rôle de la texture fine (Argile +limon) contre la texture grossière (sable) et le calcaire actif, Ces variables sont bien représentés sur l'axe 1.

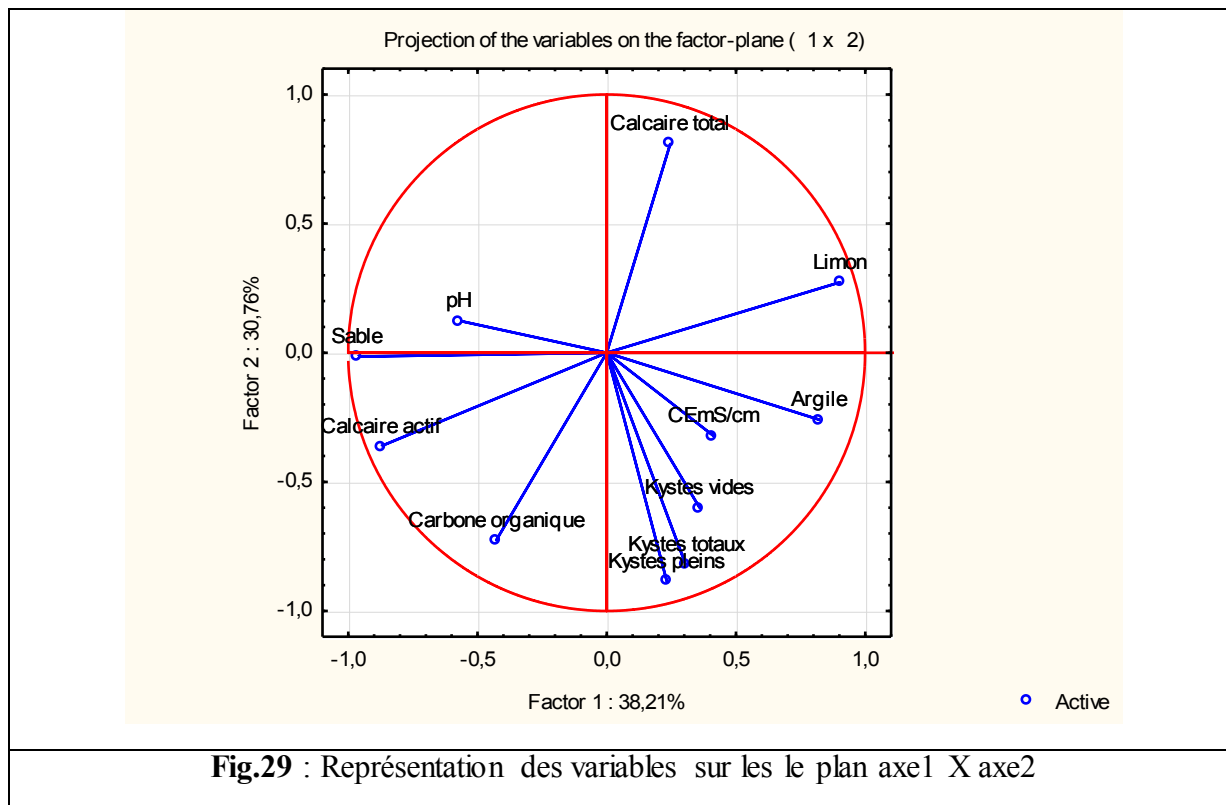


Fig.29 : Représentation des variables sur les le plan axe1 X axe2

- **Individus (observation) :**

Les coordonnées des individus sur l'axe 1 comparé à la contribution de cette axe ( $> \sqrt{4,202885}=2,05$ ) donne les observations SelmaneP1 à SelmaneP3, c'est les observations de la station de Selman.

**Tableau 20:** Coordonnées des individus sur les trois axes

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
<b>KhmaisP1</b>	0,94948	-3,59048	0,15112
<b>KhmaisP2</b>	1,03870	-4,16467	1,65905
<b>KhmaisP3</b>	-0,00284	-1,32102	-0,08819
<b>ITGCP1</b>	0,27885	1,27053	-0,06162
<b>ITGCP2</b>	0,29362	1,05743	-0,26990
<b>ITGCP3</b>	0,31180	1,17107	-0,12421
<b>SelmaneP1</b>	-3,76556	0,02924	0,18980
<b>SelmaneP2</b>	-3,87642	0,26332	-0,29671
<b>SelmaneP3</b>	-3,83470	-0,07001	0,33571
<b>Ouled MadhiP1</b>	1,72631	-0,45379	-2,21414
<b>Ouled MadhiP2</b>	1,27667	0,29626	-2,82514
<b>Ouled MadhiP3</b>	1,02592	0,55682	-2,16868
<b>Ain TrickP1</b>	1,36529	2,33388	1,67294
<b>Ain TrickP2</b>	1,60646	0,38348	2,13820
<b>Ain TrickP3</b>	1,60641	2,23795	1,90178

- **Conclusion :**

L'axe oppose les variables ; **calcaire actif** – **sable** aux variables **argile** - **limon** à la station Selman de sorte que les valeurs élevées des variables du premier groupe coïncident avec les moins élevées du même groupe. Cet axe est sans relation avec les variables kyste.

Voir figure 28

### 5.2.2.-Axe2 :

- Variable

Les variables liés à l'axe 2 avec une contribution significative doivent avoir des vecteurs propres supérieurs à la contribution moyenne ( $C_m = 1/11=0.30151$ ).

Les variables concernés sont : (voir tableau 10)



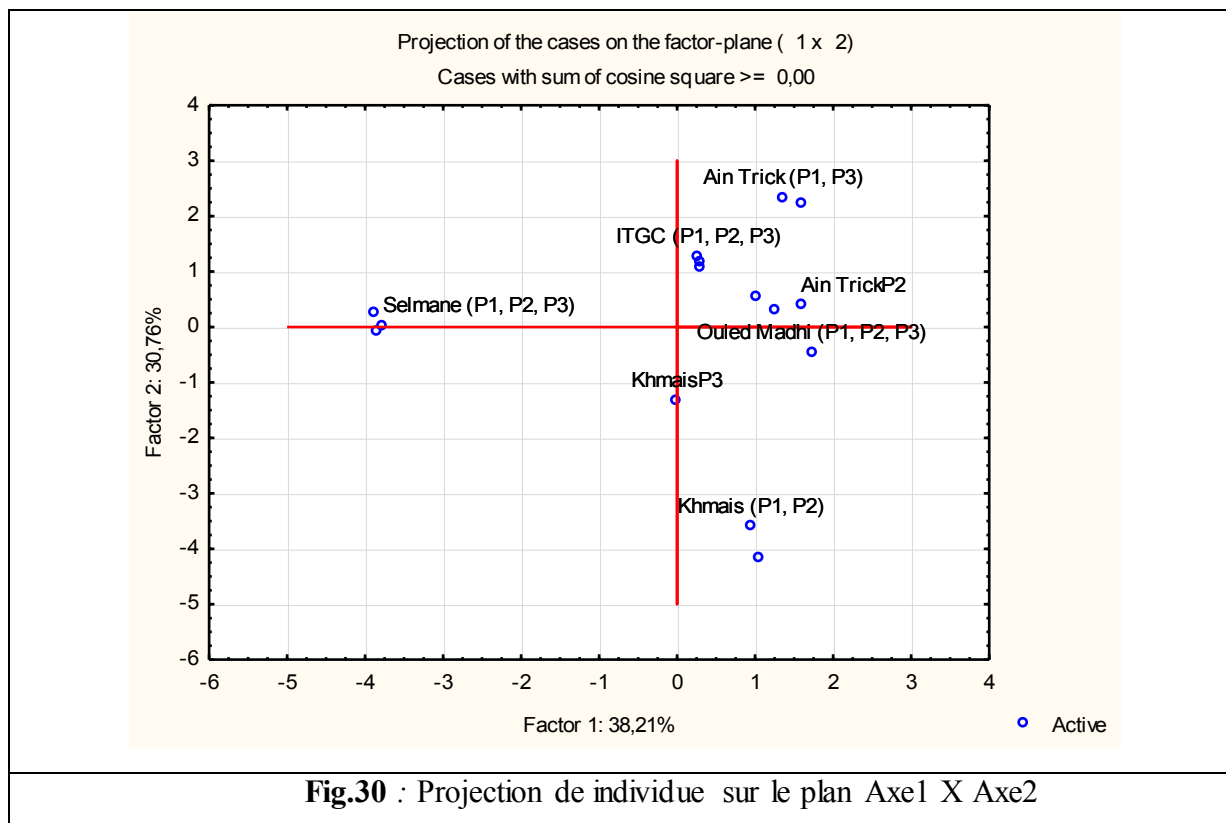


Fig.30 : Projection de individue sur le plan Axe1 X Axe2

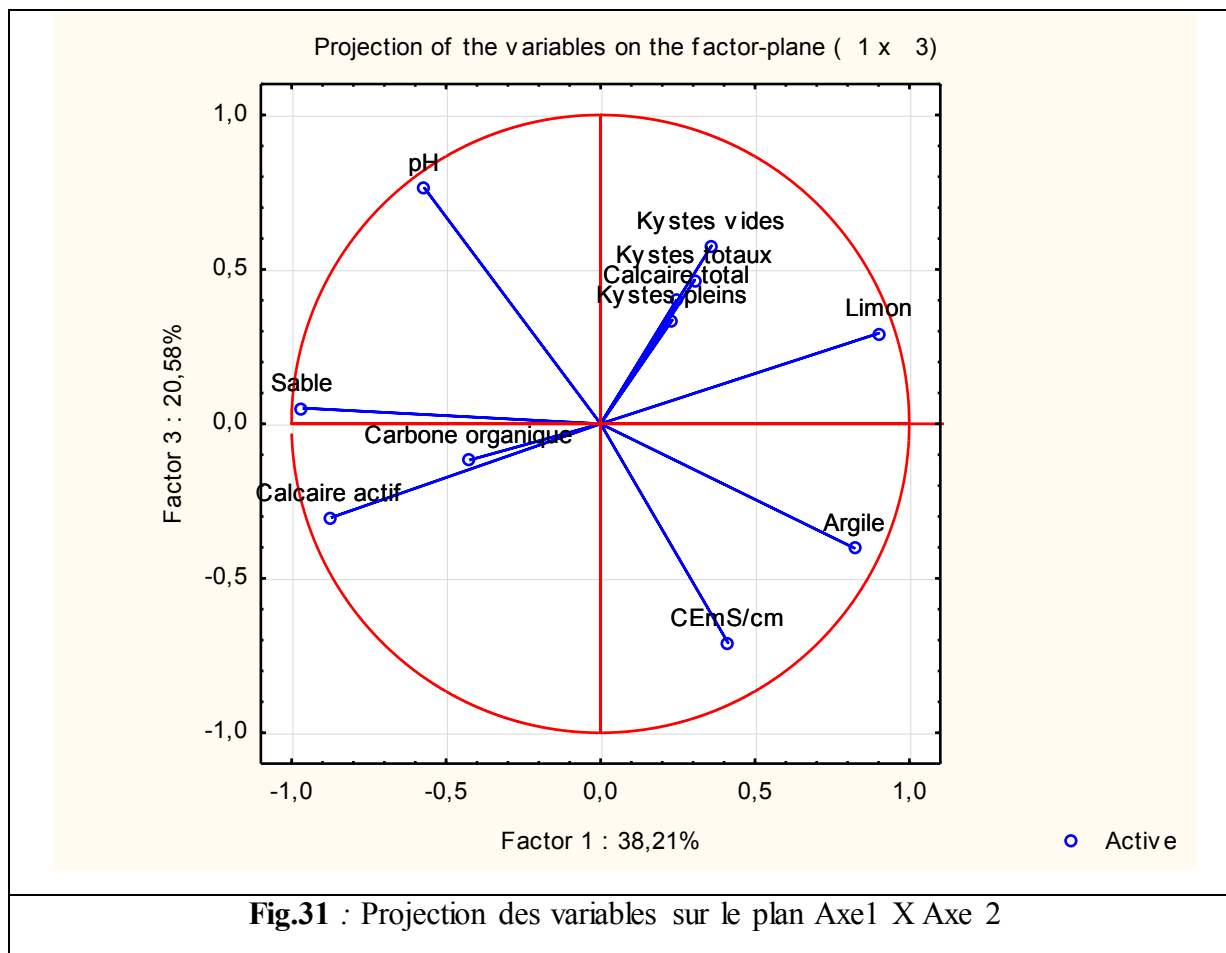
### 5.2.3.-Axe 3

- Variable

L'axe 3 explique plus de 20% de la variance total, les variables liés à cet axe avec une contribution significative doivent avoir des vecteurs propres supérieurs à la contribution moyenne ( $C_m = 1/11 = 0.30151$ ). On obtient :

- CE mS/cm
- +kystes vides
- +pH

On est en présence de deux groupes opposé d'une part les kystes vides et le pH et de l'autre la conductivité électrique (CE mS/cm). (Voir figure 30)

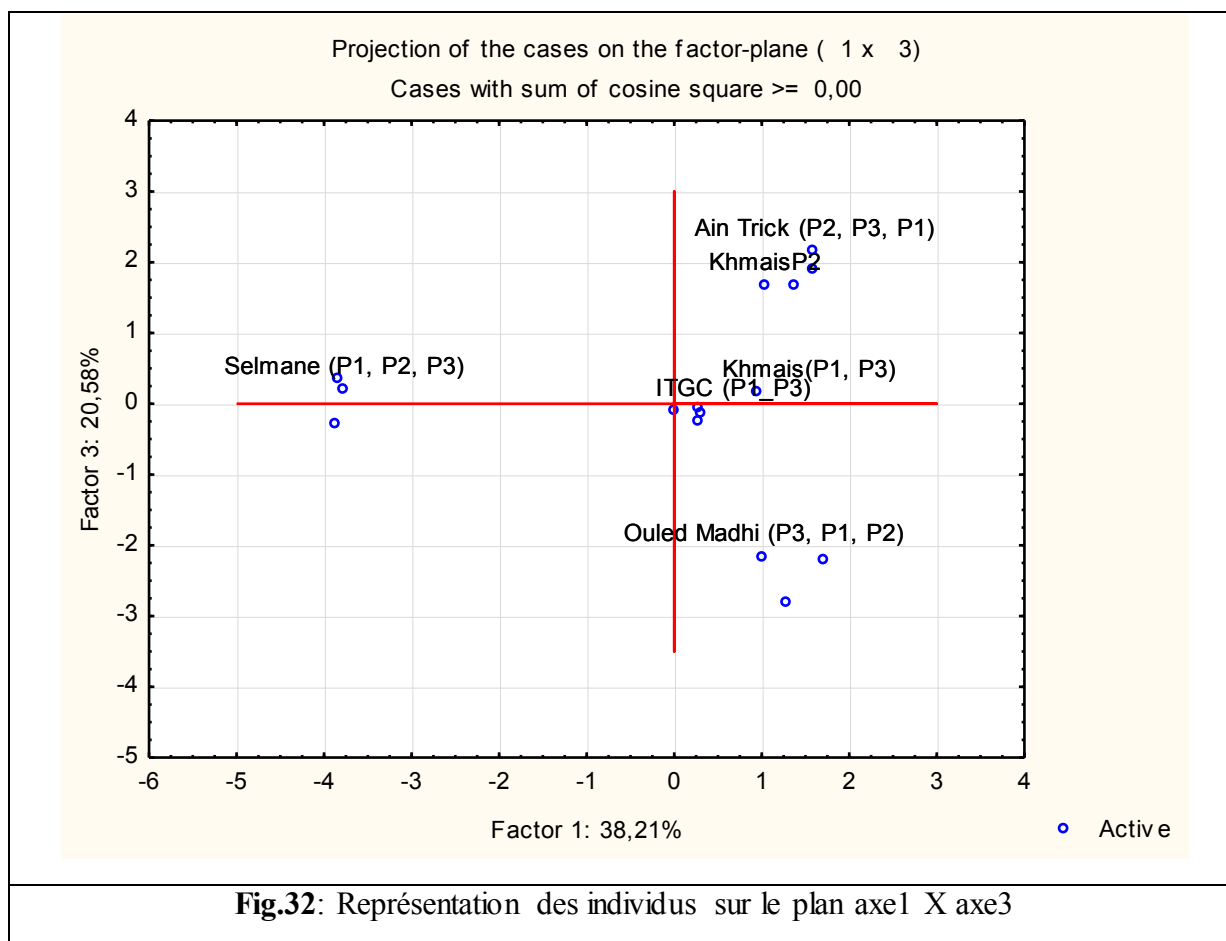


L'axe 3 ayant 20% de la variance totale, montre un effet positif du pH et négatif de la salinité sur l'infestation représenté par les kystes vides.

• **Les individus**

Les coordonnées des individus sur l'axe 2 comparé à la contribution de cette axe ( $> \sqrt{2,263305} = 1,50$ ) donne les observations : (voir figure 31)

- Ouled Madhi P1
- Ouled Madhi P2
- Ouled Madhi P2
- +Aïn Trick P1
- +Aïn Trick P2
- +Aïn Trick P3
- +lekhemayes P2



Comme les deux groupes s’opposent l’un à l’autre, le groupe Ouled Madhi négatif va en faveur de la salinité et déprime l’infestation (kyste vide), et l’élévation du pH, par contre le groupe Ain Trick agit dans le sens inverse.

### 5.3.- Interprétation :

Etant donné que l’axe 1 n’est pas lié à l’infestation, notre intérêt se focalise sur les axes 2 et 3.

L’axe 2 (30%) : cet axe mis en évidence l’action positif du carbone organique sur l’infestation dans la station de Lekhemayes. Par contre elle est défavorisée dans la station d’Ain Trick par le calcaire totale.

L’axe 3 (20,6%) : Selon cet axe, la salinité semble réduire le nombre de kystes vides dans la station d’Oulad madhi alors que dans la station d’Ain Trick le nombre de kyste vides augmente avec l’augmentation du pH.

## 5.4.-Discussion

L'origine de la relation nématode-sol n'est pas encore bien connue. Plusieurs auteurs ont mis en évidence l'influence de certains facteurs physiques, chimiques sur les populations de nématodes. Norton (1987, 1989 In Ndiaye, 1994) montre que les caractéristiques du sol telles la profondeur, la texture, la composition minéralogique, la température, l'humidité, l'aération, la matière organique ont une influence sur l'importance des communautés de nématodes ainsi que les pratiques culturales,

De Pelsmaeker et Coomans (1987 In Ndiaye, 1994) montrent l'existence d'une corrélation entre le type de sol, sa teneur en azote et en matières organiques, son pH et la répartition et l'abondance de plusieurs espèces de nématodes.

Cependant, notre résultat montre qu'il n'y pas de corrélation entre le taux d'infestation et la texture du sol. Ce résultat ne semble pas être cohérent avec celui de Koenning et al. 1988 qui suggèrent que le pourcentage d'argile affecte la distribution des nématodes à galle des racines et *Belonolaimus longicaudatus* est limitée aux sols ayant un pourcentage de sable supérieur à 85%. L'abondance de *Xiphinema Americanum* était corrélée négativement avec le pourcentage d'argile, alors que l'abondance de *Helicotylenchus pseudorobustus* était corrélée positivement avec l'argile contenue dans les champs américains de soja du Midwest américain.

La reproduction de *Heterodera schachtii* sur betterave à sucre était plus grande dans une texture équilibrée limoneuse que dans une texture équilibrée sableuse, mais pour *Meloidogyne hapla* l'inverse est vrai. Le même auteur suggère qu'il existe à la fois une limite supérieure et inférieure de la teneur optimale en sable pour les espèces d'*Heterodera*.

En effet, notre résultat sur la texture est affirmé par celui de CHEN et al 2012 qui a constaté qu'il n'y a pas de corrélation entre la texture du sol et la densité des nématodes phytoparasites sauf pour la densité de *Pratylenchus* qui est négativement corrélé avec le pourcentage de sable.

D'autre part, l'infestation est corrélée positivement avec le taux de carbone (donc le taux de matière organique) dans la station de Lekhmaisse. Ce résultat va à l'encontre de celui trouvé par certains auteurs qui ont démontré l'efficacité de l'utilisation d'amendements organiques dans la gestion des nématodes phytoparasites dans plusieurs travaux (Akhtar et Alam, 1993; Akhtar et Malik, 2000; D'Addabbo, 1995; Litterick et al., 2004; Muller et Gooch, 1982; Oka, 2010; Rodriguez-Kabana, 1986; Stirling, 1991; Trivedi et Barker, 1986 in

Mcsorley, 2011) et ceux de Mcsorley, 2011 qui confirme qu'il n'y a pas de corrélation entre la densité des nématodes phytoparasites et les amendements organiques.

Certains résultats montre que de nombreux résidus végétaux et d'autres modifications peuvent libérer des composés azotés, des acides organiques ou d'autres composés pouvant avoir des effets néfastes sur les nématodes (Oka, 2010; Thoden et al., 2011 In Mcsorley, 2011). Alors que d'autre constate que d'une manière générale, l'efficacité de ces amendements contre les nématodes augmente au fur et à mesure que % N augmente et les rapports C: N diminuent (Rodriguez-Kabana et al, 1987 In Mcsorley, 2011).

Cependant, l'utilisation des amendements organiques (fumier animal) en agriculture biologique peut augmenter les populations de bactéries nématophages ou autres antagonistes tout en réduisant simultanément les populations des Nématodes phytoparasites prédominants, tel que *Pratylenchus crenatus* (Briaretal, 2007 In CHEN, 2012).

En effet, notre résultat est confirmé par ceux de Thoden et al. (2011) qui suggèrent qu'en Europe, l'utilisation des amendements organiques a révélé une augmentation du nombre de nématode phytoparasites avec l'ajout de ces amendements dans environ la moitié des études réalisées et ont conclu que «aucune suppression générale des nématodes pourrait être liée aux amendements organiques du sol» (Mcsorley, 2011).

Nos résultats montre aussi qu'il y'a une corrélation négative avec le taux de calcaire total et donc l'infestation est défavorisée par les taux élevés de ce dernier dans la station de Ain Trick. Par manque de travaux sur le sujet ne nous pouvons pas donner des suggestions concluantes.

Concernant le nombre de kyste vide et le pH nous avons noté une corrélation positive dans certaines parcelles de Lekhmaisse et Ain Trick avec le pH. De ce résultat nous pouvons conclure que l'éclosion des œufs *d'Heterodera sp* est favorisée dans les sols alcalins. CHEN, 2012 a constaté que les *Xiphinema* était plus abondant dans les sols avec un pH plus bas que dans le sol avec un pH plus élevé, mais il n'a noté aucune corrélation entre la majorité des nématodes parasites des plantes et le facteur pH du sol.

Aussi nous avons noté une diminution du nombre de kyste vide avec l'augmentation de la salinité dans la station d'oulad madhi (12,6 ms/cm), de ce résultat nous pouvons déduire que la salinité défavorise l'éclosion des œufs *d'Heterodera*. Maggenti et Hardan (1973) confirment que le sol et la composition chimique de la solution du sol affectent directement à la fois les plantes et les nématodes, ainsi que les œufs de nématodes dans le sol.

Ces mêmes auteurs ont constaté une suppression continue de la population de *Meloidogyne javanica* dans une étude expérimentale sur l'effet de la salinité. Cette

suppression peut résulter de la mortalité des œufs, de la suppression de l'éclosion, de la mortalité larvaire ou l'abaissement du potentiel reproducteur.

D'une manière générale, les fluctuations des niveaux d'infestation sont le résultat de l'interaction de nombreux facteurs tel que le facteur climat, le système de rotation, les variétés cultivées, le type de sol et l'emploi des produits chimiques (pesticides, engrais..) qui affectent les populations du complexe *Heterodera avenae*. (Singh et Sharma, 1995) Aussi, Fiscus et Neher, 2002 confirme que les perturbations (effet travail du sol, traitement chimique et amendements ....) peuvent modifier différemment les populations des différents genres de nématodes et que les effets indirects sont supérieure aux effets direct

# **CONCLUSION GÉNÉRALE**

## Conclusion générale

S'il est bien évident que l'espèce *H. avenae* est présente dans divers environnements et systèmes de culture céréalière d'Algérie, ce nématode reste inconnu par nos agriculteurs, la maladie passe inaperçue vu l'absence de symptômes spécifiques et l'amplitude de l'infestation reste inconnue surtout dans les systèmes de culture traditionnels.

Différents aspects relatifs au nématode à kyste des céréales ainsi que certains facteurs édaphiques sont traités dans ce travail dans le but d'étudier la relation sol-nématodes.

En effet, l'étude de l'état d'infestation a concerné quelques parcelles céréalières situées à M'sila (Lekhmaïsse, Selman et Oulad Madi) et d'autres appartenant à la région de Sétif (Ain Trick et ITGC). Parmi les 15 parcelles prospectées, 9 parcelles céréalières sont infestées par les nématodes à kyste *Heterodera spp.*, ce qui représente un taux de 60 % de parcelles infestées.

Les niveaux d'infestation sont cependant variables d'une région à une autre. Les plus élevés sont observés au niveau des parcelles de Lekhmaïsse (161,66 kystes / kg de sol), suivi de celles de Ain trick (64,33 kystes /Kg de sol) et les faibles à Oulad Madi et Selman (16 à 16, 33 kystes / kg de sol). Elle est nulle dans la station de l'ITGC de Sétif (1kyste/ Kg de sol).

L'étude morphométrique des kystes a révélé l'existence de plusieurs espèces appartenant au groupe *Heterodera avenae* à savoir *H. latipons* ; *H. filipjevi* ; *H. bifenestra* ; *H. hordecalis*, réparties sur les quatre régions d'étude soit en mélange soit isolée.

La caractérisation des sols des zones d'études a révélé une texture limono-argileuse pour les stations Lekhmaïsse, ITGC, Ouled Madhi et Ain Trick et Limon moyen sableux pour la station de Selman. Les sols de ces stations sont alcalins, hyper calcaire avec des taux de salinité très élevé à Oulad Madi et élevée à Lekhmaïsse. Les sols les plus riches en matière organique sont ceux de Lekhmaïsse.

L'analyse en composante principale (ACP) a mis en évidence l'action positive du carbone organique sur l'infestation dans la station de Lekhmaïsse. Par contre elle est défavorisée dans la station d'Ain Trick par le calcaire totale. Ainsi qu'une action négative entre la salinité et le nombre de kystes vides dans la station d'Oulad Madi. Cette relation est positive avec le pH dans la station d'Ain Trick.

La connaissance de l'infestation par les nématodes à kystes des céréales permettrait une bonne orientation pour le choix de la culture à mettre en place, et la mise en œuvre des

méthodes de lutte adéquates basées essentiellement sur l'introduction des cultures non- hôtes dans les rotations afin de baisser les niveaux d'infestation à un seuil tolérable.

Des études plus approfondies sont nécessaires pour lever l'ambiguïté sur les relations sol-nématodes surtout en ce qui concerne la salinité, la texture et la matière organique.

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

## Références bibliographiques :

- 1) ABIDOU H., EL-AHMED A., NICOL J.M., BOLAT N., RIVOAL R. and YAHYAOUI A., 2005b - Occurrence and distribution of species of the *Heterodera avenae* group in Syria and Turkey. *Nematologia Mediterranea*, 33: 197- 203.
- 2) ABIDOU H., VALETTE S., GAUTHIER J.P., RIVOAL R., EL-AHMED A. AND YAHYAOUI A., 2005 – Molecular Polymorphism and Morphometrics of Species of the *Heterodera avenae* Group in Syria and Turkey. *Journal of Nematology* 37(2):146–154.
- 3) ABIDOU H., EL- al., 2005b - Occurrence and distribution of species of the *Heterodera avenae* group in Syria and Turkey. *Nematologia Mediterranea*, 33: 197- 203.
- 4) AGRIOS., 1997. *Plant Pathologie*, Fourth Edition. By G. N. Agrios. London: Acad.Press , 635p.
- 5) AGRIOS., 2005. *Plant Pathology*, 5th Edition, .George N. Agrios. Academic Press, 952 p.
- 6) AMMAR M., 2014- *Organisation de la chaîne logistique dans la filière céréales en Algérie. Etat des lieux et perspectives*. Thèse Master of science. Inst. Agro. médit .Montpellier.16p
- 7) ANDERSON, S., 1982. Population dynamique and control of (*Heterodera avenae*). Nématode: note D'information N°. ACTA: 62p.
- 8) ANDRES M.F., ROMERO M.D., MONTES M.J., AND DELIBES A. 2001. Genetic relationships an isozyme variability in the *H. avenae* complex determined by isoelectrofocusing. *Plant Pathology* 50:
- 9) ANONYME, 2010 : Méthodes officielle d'analyse : Extraction, détection et identification morphobiométrique des nématodes phytoparasites. Minist. de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche, Réf. : MOA12 version 1a, Paris, p. 37.
- 10) ANONYME, 2012-FICHE ACCIDENT Reconnaître au champ *avenae* et *Pratylenchus* spp , pp.51–52.
- 11) AFES, 2008-Référentiel pédologique. Édité par Edition Quae. Paris., 280 p.
- 12) AUBERT G., 1978- Méthodes d'analyse des sols. CRDP. Marseille. 180P.
- 13) AUBERT, V., 1987- Contribution à l'étude de la biologie d'un parasite de la carotte : le nématode à kyste, *Heterodera carotae* (Jones)., Thèse de Doctorat, Neuchâtel.

- 14) BACHELIER G., 1978 - la faune des sols son écologie et son action *O.R.S.T.O.M.*, 400 p., paris
- 15) BAIZE D., 2000- Guide des analyses en pédologie. Choix – expression. Présentation- interprétation, 2<sup>ème</sup> édition. INRA .Paris , 255 p.
- 16) BALDWIN J. G. et MUNDO-OCAMPO M., 1991 -Heteroderinae cyst- and noncyst -forming nematodes In: *Manual of Agricultural Nematology*. Ed. NICKLE W.R. Marcel Dekker Inc., New York: 275-362.
- 17) BALDWIN ET MUNDO-OCAMPO, 1991. Heteroderinae, cyst non-cyst – forming nematodes. *Manuel of Agricultural Nematology*, a. (Ed.), W.R. Nickle ., pp.275-292.
- 18) BANYER R. J. et FISCHER J. M., 1971. Effet of température on hatching of eggs of *heterodera avenae*. *Nematologica* 17: 519-534.
- 19) BELAID D. 1996. Aspects de la céréaliculture Algérienne. Ed. Office des publications universitaires, Ben Aknoun. Alger, 207 p.
- 20) BELAIR G., 2005- Les nématodes, ces anguillules qui font suer les plantes...par la
- 21) BEN ZARROUK A, 2012- Réussir une campagne de blé en Tunisie , Art, Actualités Tunisiennes , 34p.
- 22) BOIS J.F. ET AL., (1999)-impacte des nématodes phytoparasites de la zone soudane – sahéenne du Sénégal sur la croissance du mil en conditions contrôlées. *étude et gestion des sols*, 7 :271- 278
- 23) BONJEAN et PICARD, 1990- Les céréales à paille : origine, histoire, économie, Sélection. Soft Word – Groupe ITM, Paris, 208p.
- 24) BONNEAU M, SOUCHIER B., 1994- Constituant et propriété du sol. 2<sup>ème</sup> édit. Masson, Paris, 654 p.
- 25) CAUBEL G., PERSSON F. et RIVOAL R., 1980. Les nématodes dans les rotations céréalières. *Persp. agric .*, (36) : 31-48.
- 26) CAYROL J.-C. et AL., 1992- la lutte biologique contre les Nématodes phytoparasites. File://C:\DOCUME~1\LOCALS\_1\Temp\ ITEXU93Y.htm .

- 27) CHABERT A. et AL.,(2012) - Effets des systèmes de production sur les populations de nématodes nuisibles aux grandes cultures : recherche de méthodes pratiques de diagnostic et de gestion des risques.
- 28) CHEN S.Y., SHEAFFER C.C., WYSE D.L., NICKEL P. and KANDEL H., 2012 – Plant-parasitic Nematode Communities and Their Associations with Soil Factors in Organically Farmed Fields in Minnesota *Journal of Nematology* 44(4):361–369.2012.
- 29) CIRAD ( centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement ), 2004- Catalogue des analyses courantes, pp 1-28.
- 30) COOK R., ET RIVOAL R., 1997 in Scharma S.B., 2013. The Cyst Nematodes.
- 31) Ed. Springer Science & Business Media Amazon France. 485p.
- 32) COYNE, D.L., NICOL, J.M. ET CLAUDIUS-COLE, B., 2010- *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, 131p.
- 33) DABABAT A., PARITAR S., NICOLA J. AND DUVEILLER E., 2011 - Cereal Cyst Nematodes : an unnoticed threat to global cereal production . *Technical Innovation Brief*. 4: 1-2.
- 34) DE GUIRAN G., 1983. Les ennemis invisibles. Les nématodes. Ed. La littorale S. A.,
- 35) DELAUNOIS A, 2006- Guide simplifié pour la description des sol, Chambre d'agriculture. INRA, 37p.
- 36) DJERMMOUN A, 2009- La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques, *Revue Nature et Technologie*, Université de Hassiba Benbouali de Chlef, 89p.
- 37) DJERMOUN A., 2009 -La production céréalière en Algérie :les principales caractéristiques. *Nature et Technologie*. n° 01. P45 – 53
- 38) Durand, JH. «Les sols irrigables.» (Presse universitaire de France) 1983: 322.
- 39) GLEIZES J.-F., 2012- Des chiffres et des céréales L'essentiel de la filière
- 40) HADDADI F., 1997\_ *contribution à l'étude bio-écologique du nématode à kyste des céréales Heterodera avenae Wollenweber , 1924 (Nematoda \_ Heterodera) et de la*

*virulence de deux population de ceparasite.* These de magister, Institut National Agronomique, El-Harrach- Alger, 35p.

- 41) HADDADI F., 2013. *Caractérisation des réactions de virulence pour Heterodera avenae populations de deux localités en Algérie..* Phytoparasitica, N°41 pp. 449-456
- 42) HAMADACHE A. ; AIT ABBDALLAH F., ET LADADA M., 1998. Synthèse des travaux de recherche réalisés par les fermes expérimentales sur la protection des grandes cultures : 19 77 -97. Bilan de la recherche sur les grandes cultures. ITGC, 13 p.
- 43) HAMROUN W., 2006. *Etat d'infestation de quelques régions céréalières d'Algérie.* Thèse magister, Inst. Nat. Agro., El-Harrach, 121p.
- 44) HAMROUN W., 2006 – *Etat d'infestation de quelques régions céréalières d'Algérie par le nématode à kyste des céréales Heterodera avenae. Capacité d'hôtes de six variétés locales de blé dur vis-à-vis d'une population de ce parasite.* Thèse Magister. Inst. nati. agro., El Harrach, 104 p.
- 45) HAMROUN W., 2006 *Etat d'infestation de quelque région céréalière d'Algérie.* Thèse Magister, Inst. Nat. Agro., El-Harrach, 121 p.
- 46) HAMROUN W., 2006-*Etat d'infestation de quelques régions céréalières d'Algérie.* Thèse magister, Institut National Agronomique, El-Harrach, 18p.
- 47) HANDOO Z., 2002 - A Key and Compendium to Species of the Heterodera avenae Group (Nematoda: Heteroderidae). *Journal of Nematology*, 34 (3):250-262.
- 48) Handoo Z. A., 2002 – A Key and Compendium to Species of the Heterodera avenae Group (Nematoda: Heteroderidae) *Journal of Nematology* 34(3):250–262.
- 49) HENIN S., 1990- Sol –agronomie –environnement, Ed, ORSTOM, Paris, 189p.
- 50) JOSEPH R. ET HACKIN M., 2013. *Heterodera avenae, un nématode inféodé aux céréales à paille.* ARVALIS . Institut du végétal N°3, pp.12-19.
- 51) JUHL M., 1975 – Cereal Cyst Nematode and N Fertilization *EPPO Bull.* 5 (1) : 437-449
- 52) KHADIDIATOU S., 1998-*Etude de l'incidence du nématode phytoparasites Meloidomei avanica sur la croissance et la symbiose fixatrice d'azote de douze espèces d'Acacia (Africains et Australiens) et mise en évidence du rôle des symbiotes endo et*

*ectomycorhiziens contre ce nématode*. thèse Doct, Univ. Agro. Cheikh AntaDiop, Dakar, 39p

- 53) KOENNING S. R., ANAND S. C., et WRATHER J. A., 1988 - Effect of Within-field Variation in Soil Texture on Heterodera glycines and Soybean yield. *Journal of Nematology* 20(3):373-380.
- 54) LEPOIVRE P., 2003., *Phytopathologie*, éditions De Boeck, 427 p.
- 55) LUC M. et MERNY G., 1963- *HETERODERA SACCHARZ* N. SP. (NEMATODA: TYLENCHOIDEA) parasite de la canne à sucre au Congo-Brazzaville. *Nematologica* 9 : 31-37.
- 56) MAGGENTI A. R. and HARDAN A., 1973 - The Effects of Soil Salinity and Meloidoflyne javanica on Tomato. *Journal of Nematology*, Vol.5, No.4 :231-234.
- 57) MASCLÉ J.-P., 2016- Les nématodes utiles. RTS jardin, [www.rts.ch/monsieurjardinie](http://www.rts.ch/monsieurjardinie)
- 58) MASSE D. et al., (1998) - Jachères naturelles et restauration des propriétés des sols en zone semi-aride Cas du Sénégal. *Agriculture et développement*, 18 :34-35.
- 59) MATHIEU C et PIELTAIN F., 2003- *Analyse chimique des sols : Méthodes choisies*. Ed. Tec et Doc Lavoisier, Paris, 387p.
- 60) MC SORLEY R., 2011 - Overview of Organic Amendments for Management of Plant-Parasitic Nematodes, with Case Studies from Florida *Journal of Nematology* 43(2):69–81.
- 61) MEAGHEW J. W. 1977 - World Dissemination of the Cereal-Cyst Nematode (*Heterodera avenae*) and Its Potential as a Pathogen of Wheat. *Journal of Nematology*, Volume 9, No. 1 : 9 – 15.
- 62) METTAI- DOUBA S. I., 2015 - *Etude de l'état d'infestation de quelques parcelles de céréales par le nématode Heterodera. Approche à une enquête sur ce parasite dans la région d'Ain Defla*. Thèse Master, Univ. El Djillali Bounaama, Khmisse Meliana, 78 P
- 63) MOKABLI A., VALETIE S. et REVOAL R., 2001. Différenciation de quelques espèces de nématodes à kystes des céréales et des graminées par électrophorèse sur gel d'acétate de cellulose. *Rev. Nematol. medit.* 29pp. 103-108

- 64) MOR M., COHN E. and SPIEGEL Y., 1992- Phenology pathogenicity and Pathotypes of cereal Cyst nematodes *Heterodera avenae* and *H. latipons* (Nematoda: Heteroderidae) in Israël. *Nematologica*. 38: 494–501.
- 65) MILAIRE H.- G. , 1987- les méthodes alternatives en protection des cultures cas des ravageurs phytophages. Directeur de recherche honoraire à l'INRA Cercles des Naturalistes de Belgique. P 4-15.
- 66) MULVEY R. H. and MORGAN GOLDEN A., 1983 - An Illustrated Key to the Cyst-forming Genera and Species of Heteroderidae in the Western Hemisphere with Species Morphometrics and Distribution. *Journal of Nematology* 15(1):1-59.
- 67) NAMOUCHI-KACHOURI N. ET B'CHIR M.M., 2008- *influence de la température sur contre ce nématode. thèse de Docteur de troisième cycle de Biologie Animale, Univ. Cheikh Anta Diop ,Dakar, 39p*
- 68) NDIAYE A., 1994- *Influence de facteurs abiotiques et biotiques sur la multiplication et la morphologie de quelques Nématodes phytoparasites de la région soudano-sahélienne. Thèse doct. Univ. Cheikh Anta Diop ,Dakar, 47,55 p*
- 69) NDOYE M., 1987- Rapport de stage sur les végétaux à l'INA d'Ibadan, ISRA, BOMBAY ,DACAR. 17p.
- 70) NICOL J.M. and RIVOAL R., 2008 - Global knowledge and its application for the integrated control and management of nematodes on wheat. In: Integrated management and biocontrol of vegetable and grain crop nematodes. Eds. Ciancio A., Mukerji K.G., Springer Académique Publishing: Dordrecht, Netherlands: 251- 294.
- 71) NOBBS J.M. , 1989- Identification of Heterodera and Globodera. Fourth inter Training course on the identification of plant parasitic nematodes of economic importance, *CAB International Institute of Parasitology*.13p.
- 72) Jamagne, M. «Bases et techniques d'une cartographie des sols.» *Annal Agronomique* 18 (1967): 142.
- 73) PENG DL., ET COOK R., 1996. Observation on Pathotypes of cereals Cyst nématode (*Heterodera*

- 74) PERRY R. N. AND MOENS M., 2006 - Plant Nematology Ed. CABI, USA, 463 p.
- 75) PERSON-DEDRYVER F., 1989 - Les nématodes. In :Les ennemis et maladies des prairies.  
1. Ed. INRA: 173-177.
- 76) PETARD J., 1993- Les méthodes d'analyse. Tome I., Analyse de sols. Ed. ORSTOM, 192 p.
- 77) RITTER M., 1975- Nématodes et rhizosphère. Bulletin de la Société Botanique de France, <http://www.tandfonline.com/loi/tabg17>
- 78) REDDY P.P., 1983 - *Plant nematology*. Agric. Publish. Acad., India, 287p.
- 79) RENCO M., 2005 - Current occurrence and distribution of *Heterodera avenae* in the Slovak Republic. *Plant Protect. Sci.* 41:80-85.
- 80) RICHARD W., 2016- Biology and management in Pacific Northwest wheat, barley, and oat crops. *Cereal Cyst Nematodes*. 620 :2-16.
- 81) RIGHI K. 2016 - *Bioécologie des Nématodes à kystes « Heterodera » inféodésaux cultures céréalières et aux graminées sauvages dans l'Ouest Algérien*. Thèse Doc. Des Sciences ,Biol. Anim., Mascara, 196 p.
- 82) RIVOAL R., 1975. Le nématode à kystes des céréales, *Heterodera avenae* Woll., en France: nuisibilité, caractéristiques biologiques et perspectives de lutte . *Rev. Bulletin OEPP*. 5, pp 425-435.
- 83) RIVOAL R., 1978 - Biologie d' *Heterodera avenae* Wollenweber en France. 1. Différences dans les cycles d'éclosion et de développement des deux races Fr 1 et Fr 4. *Rev. Nématol.*, 1 : 171-179.
- 84) RIVOAL R. and COOK R., 1993 - Nematode pests of cereals. In: Plant Parasitic nematodes in temperate agriculture. Ed. Evans. K., Trudgill D. L. and Webster J.M., CAB Int., Wallingford, UK: 259-303.
- 85) RIVOAL R., 1983. Biologie d' *Heterodera avenae* Woll. en France. III. Evolution des diapauses des races Fr1 et Fr4 au cours de plusieurs années consécutives; influence de la température. *Rev. Nematologica*. 6 : 157-164.
- 86) RIVOAL R., PERSON D.F., et DOUSSINAULT G., 1985. Polymorphisme chez le nématode à kyste des céréales *Heterodera Avenae* : Conséquences sur sa nuisibilité et sur la sélection de variétés résistantes en FRANCE. Acad agric., CR, PARIS, T 71 N°7, PP. 741 - 749.

- 87) SCHNEIDER J., 1965. Le nématode des racines des céréales. *Phytoma, défense des Cultures*, pp. 17-21.
- 88) SIDDIQUI M.R., 2000 - *Tylenchida parasites of plants and insects*. 2nd. Ed CABI Publishing. New York: 387- 413.
- 89) SINGH M. AND SHARMA S. B., 1995 - Infectivity, Development, and Reproduction of Heterodera cajani on Pigeonpea: Influence of Soil Moisture and Temperature. *Journal of Nematology* 27(3):370-377.
- 90) SMAHA D., 1998 – *Etude de la biologie du nématode à kyste des céréales Heterodera avenae Wollenweber, 1924. Essai de comportement de six variétés de blé dur vis-à-vis de deux populations de ce parasite*. Thèse Magister. Inst. nati. agro., El Harrach,
- 91) SMILEY R. W., WHITTAKER G. R., GOURLIE J.A., EASLEY S.A. and INGHAM R.E., 2005 - Plant parasitic nematodes associated with reduced wheat yield in Oregon: Heterodera avenae *Journal of nematology*, 37:297-307.
- 92) SUBBOTIN, S.A., STURHAN, D., RUMPENHORST, H.J., AND MOENS, M. 2003. Molecular and morphological characterization of the Heterodera avenae species complex (Tylenchida: Heteroderidae). *Nematology* 5(4): 515-538.
- 93) TALAMALI L., 2004. La libération du marché des céréales en Algérie. Office Algérien Interprofessionnel des Céréales OAIC. La Nouvelle République, Algérie, 14-16P p.
- 94) TRAORE M., et al-2014 - Etude des nématodes phytoparasites du sol et des racines sous quatre niveaux de fertilisation minérale en culture de niébé *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 8(3): 891-902,
- 95) USDA. «Key to the soil taxonomy.» 2003: 332.
- 96) VERTUCCI C.W., 1989 - The kinetic of seeds imbibition controlling factors and relevance to seedling vigor. In: *Seed Moisture CSSA*, spécial publication, 14 :93 -1 15.
- 97) VOVLAS N., 1985. Morphologie and histology of the cereal cyst-nematode, Heterodera avenae Woll., attacking wheat, oat and barley in Italy. *Rev. Nematol. Medit.*, V. 13, pp. 87-96.

- 98) WILLIAMS, T. D., AND SIDDIQUI, R. R. 1972. *Heterodera avenae*. In: descriptions of plantparasitic nematodes. *Commonwelth Institute of Helminthology* set. N°2, clows et Sons Ltd, London, 4p.
- 99) WOUTS W.M., 1972. A version of the family Heteroderidae (nematode, Tylenchoidae) *Ditylenchus dipsaci*, *Heterodera avenae* et *Pratylenchus* sp. *Annales d'Amélioration* The family Heteroderidae and its subfamilies. *Rev. Nematologica*, V. 18, Leiden, pp. 439-446.

### **Autre références :**

- 1) June <http://ajol.info/index.php/ijbcs>
- 2) <http://ajol.info/index.php/ijbcs>
- 3) <http://www.tandfonline.com/loi/tabg17>

## Résumé :

Une prospection a été menée dans quelques stations de la région de M'sila à savoir Khmaïsse, Selman et Oulad Madi et d'autres dans la région de Sétif qui sont ITGC et Ain Trick. L'analyse nématologique a montré que 60 % des parcelles sont infestées par le nématode à kystes des céréales *Heterodera sp.* Toutefois, les niveaux d'infestation sont variables entre les régions. Les plus élevés sont observés dans la station de Khmaïsse (161,66 kystes / kg de sol) et les plus faibles sont enregistrés à Oulade Madi et Selmane. La station de l'ITGC de Sétif s'est révélée indemne.

L'étude morphométrique des kystes a révélé l'existence de plusieurs espèces appartenant au groupe *Heterodera avenae* à savoir *H. latipons* ; *H. filipjevi* ; *H. bifenestra* ; *H. hordecalis*, réparties sur les quatre régions d'étude soit en mélange ou bien isolée.

L'étude des caractéristiques du sol a révélé la dominance de la texture limono-argileuse pour les stations Khmaïsse, ITGC, Oulad Madhi et Ain Trick et Limon moyen sableux pour la station de Selmane. Les sols de ces stations sont alcalins, hyper calcaire avec des taux de salinité très élevé à Oulade Madi et élevée à Khmaïsse. Les sols les plus riches en matière organique sont ceux de Khmaïsse.

L'analyse en composantes principales (ACP) n'a révélé aucune corrélation entre la texture du sol, le calcaire actif et le nombre de kystes / kg de sol. En effet, le carbone organique semble favoriser l'infestation dans la station de Khmaïsse. Cette dernière est défavorisée par le calcaire total dans la station d'Ain Trick. Cependant, le nombre de kystes vides diminue avec l'augmentation de la salinité dans la station "très salée" d'Oulade Madi, ce qui signifie que l'éclosion des œufs est défavorisée par ce facteur. En outre, l'alcalinité favorise la densité des kystes dans la station Ain Trick.

Mots clé : Sol, Carbone organique, calcaire total, pH, Salinité, *Heterodera*,

## دراسة حالة الإصابة بالتهاب الديدان الخيطية المكيسة المتطفلة على الحبوب في بعض المناطق

### ملخص:

أثناء دراستنا في هذا المجال قمنا بإجراء العمل في بعض من المناطق في ولاية المسيلة تحديدا في الخمايس \* سلمان و أولاد ماضي وكذلك في ولاية سطيف في عين تريك و ا ت ج سي و قد أثبتت التحاليل الدموية أن 60% من قطع الأراضي أنها مصابة بالتهاب الديدان الخيطية ذات الأكياس هيتيروديرا (نما تودا الكيس) نسبة الإصابة متفاوتة المستويات بين المناطق و قد لوحظت أعلى نسبة إصابة في منطقة الخمايس و قد قدرت ب 161.66 كيسات في كغ من التربة و أنها في منطقة سلمان و أولاد ماضي في حين لوحظ انه لا وجود للإصابة في منطقة ا ت ج سي كشفت الدراسة الخارجية للكيسات عن وجود العديد من الأنواع التي تنتمي إلى مجموعة الهيتيروديرا افيني من بينها لاتيونس \*فيليجيني \*هورديكليس \*بيفينسترا \* و هيتيروديرا افيني موزعة على أربع مناطق بشكل مختلط أو معزول و كذلك كشفت دراسة خصائص التربة عن هيمنة نسيج الطين الطري في منطقة الخمايس و ا ت ج سي و أولاد ماضي و عين تريك و كذا خاصية الروام الرملية بالنسبة لمنطقة سلمان و أيضا تمتاز بتربة جيرية بامتياز مع ارتفاع كبير لمستوى نسبة الملوحة في أولاد ماضي و عالية في الخمايس و لوحظ أيضا في هذه المنطقة أن التربة غنية بالمواد العضوية في حين أخرج كشف تحليل المكونات الرئيسية (يكا) عدم وجود ارتباط بين نسيج التربة . الحجر الجيري النشط . وأيضا عدد الكيس/كغ في الواقع يبدو أن الكربون العضوي يعزز الإصابة في منطقة الخمايس هذا الأخير غير معني بتزايد أو تناقص الحجر الجيري الكلي في منطقة عين تريك في هذه أثناء عدد الكيسات الفارغة تتناقص بتزايد الملوحة العالية في أولاد ماضي مما يعني تقفص البيض غير محبب في هذه الظروف و غير متوافق بالإضافة إلى ذلك فان الخاصية الجيرية تعزز كثافة الكيسات في منطقة عين تريك الكلمات الدالة: التربة، الكربون العضوي، إجمالي الحجر الجيري، الرقم الهيدروجيني، الملوحة، هيتيروديرا

### Abstract:

A prospecting was carried out at some stations in the M'sila region, namely Khmaïsse, Selmane and Oulade Madi and others in the Sétif region, which are ITGC and Ain Trick. Nematological analysis showed that 60% of the plots were infested with the cereal cyst nematode *Heterodera sp.* However, infestation levels vary across regions. The highest are observed in the Khmaïsse station (161.66 cysts / kg soil) and the lowest are recorded at Oulade Madi and Selmane. The station of the ITGC of Sétif proved unscathed.

The morphometric study of the cysts revealed the existence of several species belonging to the group *Heterodera avenae* namely *H. latipons*; *H. filipjevi*; *H. bifenestra*; *H. hordecalis*, spread over the four study regions either in a mixture or isolated.

The study areas are characterized by a silty-clayey texture for the stations Khmaïsse, ITGC, Oulad Madhi and Ain Trick and Sandy medium silt for the station of Selmane. The soils of these stations are alkaline, hyper-limestone with very high salinity rates at Oulade Madi and elevated at Khmaïsse. The soil richest in organic matter is Khmaïsse.

Principal component analysis (PCA) showed no correlation between soil texture, active limestone and number of cysts / kg soil. Indeed, organic carbon seems to favor infestation in the Khmaïsse station. The latter is disadvantaged by the total limestone in the station of Ain Trick. However, the number of empty cysts decreases with increasing salinity in the "very salty" Oulade Madi station, which means that the egg hatch is disfavored by this factor. In addition, alkalinity promotes the density of cysts in the Ain Trick station.

**Keywords:** Soil, Organic carbon, pH, total limestone, Salinity *Heterodera*.