



Mémoire présenté pour l'obtention

Du diplôme de Master Académique

Par: HAMPLAOUI Merzaka et SAID Mouna

Intitulé

**Etat d'infestation de quelques zones
céréalières par le nématode à kyste des
céréales *Heterodera sp.* Dans la région de
M'Sila**

Soutenu devant le jury composé de:

Mme BAA	MAA	Université de M'sila	Président
Mme MERAH F.	MAA	Université de M'sila	Rapporteur
Mr TELLACHE S.	MAA	Université de M'sila	Co-rapporteur
Mr KHALDI M.	MCA	Université de M'sila	Examineur



Remerciement

Tout d'abord, Nous commence par remercier le bon Dieu qui m'a doté de la volonté, du courage et surtout de la patience pour produire ce travail et qui m'a aidé à faire face à toutes les difficultés rencontrées lors de son élaboration

*Nos exprime mes reconnaissance à mes encadreurs: **Mme MERAH .F** et Co-rapporteur **Mr TALLACHE S**, pour leurs encadrements tout le long de ce projet et pour leurs aides, orientations et conseils très efficaces.*

*Nous remercions vont également à **Mme .BAA**, pour l'honneur qu'il m'a fait de présider le jury et **Mr KHALDI M** d'avoir accepté d'examiner ce travail*

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

Nos sincères remerciements vont à mes parents qui ont sacrifié leur vie pour mon éducation et à mes professeurs qui ont sacrifié leur temps pour ma formation, durant mes études.

*Nos remercie tous ceux qui ont participé, de près ou de loin, à l'élaboration de ce travail.
Tous, Nous dis merci*

DÉDICACES

*Au nom d'**ALLAH** qui nous a donné la santé, le courage
et la patience et la volonte pour réaliser ce travail.*

*À ma très chère mère pour son amour et son encouragement depuis
toujours, je lui dis merci maman, tu es la meilleure j'en suis sure.*

À tout mes amis sans aucune exception.

À tous ceux qui sont chers.

HAMLAOUI Merzaka

DÉDICACE

*Au nom d'**ALLAH** qui nous a donné la santé, le courage et la patience et la volonté pour réaliser ce travail.*

*À mon très cher père **Naoui** qui a su encourager et me soutenir.*

À ma très chère mère pour son amour et son encouragement depuis toujours, je lui dis merci mes parents.

*À mon marié **BILLAL** et son famille*

À tout mes amis.

À tous ceux qui sont chers.

SAIDE Mona

Sommaire

Introduction générale

CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE³

1. Présentation de la plante hôte.....	4
1.1. Classification de la plante hôte :	4
1.2. Origine et historique de blé	4
1.3. Importance de la production mondiale de la culture de blé	4
1.4. Importance de la céréaliculture en Algérie.....	5
1.5. La répartition géographique de la céréaliculture en Algérie	6
1.6. Généralité sur la culture de blé.....	6
1.6.1. Cycle évolutif du blé	6
1.6.2. Contraintes de la céréaliculture	8
2. Généralité sur le nématode à kyste des céréales <i>Heterodera sp</i>	12
2.1. Historique et répartition	12
2.1.1. Dans le monde :.....	12
2.1.2. Dans l'Algérie.....	12
2.2. Position systématique	13
2.3. Morphologie.....	13
2.3.1. Les œufs	14
2.3.2. Les larves	14
2.3.3. Mâle.....	15
2.3.4. La femelle	15
2.3.5. Le kyste.....	16
2.4. Les critères d'identification des kystes d' <i>Heterodera</i>	16
2.4.1. Morphologie du cône vulvaire	17
2.5. Cycle de développement.....	18
2.6. Les Symptômes.....	19
2.6.1. En plein champ	19
2.6.2. Sur les feuilles.....	20
2.6.3. Sur les racines :.....	20
2.7. Facteurs de développement des <i>Heterodera</i>	20
2.7.1. L'humidité	21
2.7.2. La température.....	21

2.7.3.	Type de sol.....	21
2.7.4.	La porosité.....	21
2.7.5.	L'oxygène.....	21
2.7.6.	Le PH.....	21
2.7.7.	La plante hôte :.....	21
2.7.8.	La matière organique	22
2.8.	Les facteurs influençant l'éclosion	22
2.8.1.	La température.....	22
2.8.2.	Les exsudats racinaires.....	22
2.8.3.	L'humidité :.....	22
2.8.4.	La salinité :.....	22
2.9.	La mode dissémination	22
2.10.	Les méthodes de la lutte contre le nématode à kyste des céréales	22
2.10.1.	Mesures préventives.....	23
2.10.2.	Pratiques culturales.....	23
2.10.3.	La lutte chimique.....	24
2.10.4.	La lutte biologique.....	24

CHAPITRE II : CADRE PHYSIQUE

1.	Situation géographique de la zone d'étude :.....	27
2.	Caractéristiques physiques de la région d'étude :	29
2.1.	Hydrologie	29
2.2.	Géologie	31
2.3.	Pédologie.....	32
2.4.	Végétation.....	33
2.5.	Facteur socioéconomique	33
2.5.1.	Population de la commune de M'sila:.....	33
2.5.2.	Economie.....	34
2.6.	Le climat	34
2.6.1.	Les précipitations	35
2.6.2.	Température	37
2.6.3.	Le vent	39
2.6.4.	L'humidité de l'air :.....	39
2.5.	Synthèse climatique	39
2.5.1.	Le Diagramme ombrothermique de BANGOULS ETGAUSSEN	39

2.5.2. Climagramme d'Emberger	40
-------------------------------------	----

CHAPITRE III: Matériel et méthodes

1. L'analyse nématologique	44
1.1. L'échantillonnage du sol.....	44
1.1.1. Méthodes d'échantillonnage	44
1.2. Le séchage	45
1.3. L'extraction des kystes	46
1.3.1. Matériel.....	46
1.3.2. Principe.....	46
1.3.3. Mode opératoire	47
1.4. Estimation du taux d'infestation :	47
1.5. Étude morphométrique des kystes d' <i>Heterodera sp.</i>	48
1.5.1. La morphométrie des kystes	48
1.5.2. Etude morphologique du cône vulvaire	48

CHAPITRE IV: Résultats et discussions

1. Résultats de l'analyse nématologique	52
1.1. L'état d'infestation des régions prospectées	52
1.1.1. L'analyse de la variance.....	54
1.1.2. Test de NEWMAN KEULS.....	55
1.1.3. Discussion.....	55
1.2 Description morphologique des kystes.....	56
1.2.1. La forme	57
1.2.2. La couleur	57
1.2.3. La taille	57
1.3. La morphométrie des Kystes d' <i>Heterodera sp.</i>	58
1.3.1. L'analyse de la variance.....	59
1.3.2. Test de Newman Keuls à 5%	59
1.3.3. Discussion.....	60
1.4. Etude morphologique du cône vulvaire.....	60
Conclusion générale	63
Références bibliographiques.....	66

LISTE DES ABREVIATIONS

°C: Degré Celsius

°K: Kelvin.

ANOVA: Analysis of Variance

FAO: Food and Agricultural Organisation

L2 : larves du second stade.

m : Moyennes mensuelles des températures maximales

M : Moyennes mensuelles des températures minimales

MOY : Moyenne.

NKC : Le nématode de kyste des céréales

OAG: Oueled Adi Lagbala

Ok: oued ksob

Q2 : Quotient pluviothermique

SMM : station métrologique m'sila

Liste des tableaux

Tableau 1 : Localisation des différentes stations d'étude	27
Tableau 2: Evolution de population de la wilaya (1966-2014).....	33
Tableau 3: L'occupation du sol	34
Tableau 4 : Altitude des stations d'étude par rapport à la station météorologique de M'sila	35
Tableau 5: Précipitations moyenne mensuelles des stations d'étude (1988-2010)	36
Tableau 6 : Le régime saisonnier des précipitations des stations d'étude.....	37
Tableau 7 : Les températures moyennes mensuelles maximales et minimales (1988-2010)	38
Tableau 8: Moyennes mensuelles des vitesses de vent.....	39
Tableau 9 : Humidité moyenne mensuelle de l'air de la zone d'étude (1988-2014).	39
Tableau 10 : Quotient pluviothermique d'Emberger	41
Tableau 11: Historique et données culturelles des stations d'études	45
Tableau 12: L'état d'infestation des parcelles étudiées	52
Tableau 13: Les taux d'infestation moyens exprimés en kystes pleins et vides dans les parcelles infestées.	53
Tableau 14: Test de signification multivariable.....	54
Tableau 15: Analyse de la variance à deux facteurs au seuil de 5%	55
Tableau 16: Test de Newman Keuls	55
Tableau 17: Résultats des mensurations des kystes d'Heterodera sp (longueur/ largeur μm)	58
Tableau 18: Test de signification multivariables (longueur / largeur).....	59
Tableau 19: Résultats du test de Newman-Keuls à 5%.....	59
Tableau 20: Répartition des espèces identifiées par Groupe.....	61

Liste des figures

Figure 1: Carte la répartition de la production des céréales dans le monde en 2008 (Anonyme, 2008 a).....	5
Figure 2: La répartition géographique des zones céréalières en l'Algérie (Belaid, 1986)...	6
Figure 3: Les différentes phases du cycle évolutif du blé. (Soltner, 2015).....	8
Figure 4 : Quelques symptômes maladiques du blé (Google image)	11
Figure 5 : Distribution globale des espèces d'Heterodera dans le monde (Smeiley, 2017)12	
Figure 6: Distribution des espèces de nématode à kyste dans quelques régions du nord de l'Algérie (Haddadi, 2015).....	13
Figure 7: L'œuf d'Heterodera sp (Dababat et al., 2014)	14
Figure 8: La morphologie des L2 d'Heterodera sp (Taylor ,1968).....	15
Figure 9 : Le mâle d'Heterodera sp.....	15
Figure 10 : Femelle d'Heterodera sp (Razki ,1950).....	16
Figure 11: Le kyste d'Heterodera sp (Dabadat et al., 2015).....	16
Figure 12 : Diagramme du cône vulvaire (Nobbs, 1989).....	18
Figure 13: Cycle de développement du nématode à kyste des céréales <i>H. avenae</i> et <i>H.</i> <i>flipjevi</i> en une seule année. (Smiley, 2016).....	19
Figure 14 : Les symptômes d'infestation au niveau du champ (Anonyme, 2012).....	19
Figure 15: Symptômes du nématode à kystes sur le feuillage (Smeily, 2017).....	20
Figure 16: Aspect touffue des racines superficielles de blé de printemps caractéristique des attaques <i>H. avenae</i> . (Dababat et al, 2015)	20
Figure 17 : Situation géographique de la zone d'étude, source cartes : services.arcgisonline.com.....	28
Figure 18 : Hydrologie de la zone d'étude. Source cartes : service.arcgisonline.com	30
Figure 19 : Géologie des stations d'étude extrait de la carte géologique de l'Algérie (1/500000) FAO 1973. Source cartes de fond : services.arcgisonline.com	31
Figure 20 : Pédologie des stations d'étude extrait de la carte pédologique des monts du Hodna (1/50000) ANRH 2005, Sources cartes de fond : Service.arcgisonline.com)	32
Figure 21: Précipitations moyennes mensuelles des stations d'étude (1988-2010).....	36
Figure 22: Le régime saisonnier des précipitations des stations d'étude	37
Figure 23: Températures moyennes mensuelles des stations d'étude.....	38
Figure 24: Les diagrammes ombrothermique de Bagnoul et Gausson des stations d'étude40	
Figure 25: Situation des Stations d'étude dans le climagramme d'EMBERGER.....	42

Figure 26: schéma des prélèvements des échantillons	44
Figure 27: L'échantillon global (original).....	45
Figure 28: Séchage (Original)	46
Figure 29: Appareil FENWICK (original)	46
Figure 30: Les principales étapes de l'extraction des kystes (original).....	47
Figure 31: Les mensurations des kystes d' <i>Heterodera</i> sp (Wouts et al., 1995).....	48
Figure 32: La morphologie détaillée du cône vulvaire du kyste d' <i>Heterodera</i> ; (A) kyste et cône vulvaire (B) coupe au niveau du cône vulvaire. (Anonyme, 2011)	49
Figure 33: Les différents types de Figures périnéales des nématodes à kystes (Baldwin et al., 1991).....	50
Figure 34: Variation des taux d'infestation par les kystes d' <i>Heterodera</i> sp selon les stations	53
Figure 35: La répartition des kystes vides et pleins dans les parcelles infestées.	54
Figure 36: Différentes formes des kystes d' <i>Heterodera</i> sp.	57
Figure 37: Œufs et Kyste d' <i>Heterodera</i> parasité par un champignon du genre <i>Pythium</i> (Original).....	58
Figure 38: Anciens kystes d' <i>Heterodera</i> sp. infectés (Original)	58
Figure 39: Variation des longueurs et des largeurs en fonction des régions.....	59
Figure 40: <i>Cactodera</i> sp. (Original).....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 41: <i>Heterodera bifenestra</i> (Original) Figure 42: <i>Heterodera</i> sp (Original).....	61
Figure 43: (A) <i>Heterodera filipjevi</i> ; (B) <i>Heterodera crucifera</i> (Original).....	Erreur ! Signet non défini.

Introduction

Introduction générale

Les céréales et leurs dérivés 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 Algérie, cette culture est le plus souvent confrontée à différentes difficultés qui limitent la production. Les conditions climatiques, la nature calcaire du sol, la mauvaise conduite des cultures liées au manque de mécanisation et le manque de fertilisants et l'absence de désherbage ainsi que les maladies et les déprédateurs, notamment, les insectes et les nématodes phytoparasites constituent un facteur limitant pour le développement de la production (Mokabli., 2002).

Belaid, 1996, confirme que cette situation est due à plusieurs contraintes à savoir le travail du sol mal réalisé, les engrais peu utilisés et les variétés qui ne sont pas toujours adaptées aux conditions climatiques régionales.

Les nématodes associés aux céréales sont nombreux mais les nématodes à kystes du genre *Heterodera* constitue l'un des plus importants groupes dans le monde (Rivoal et Cook, 1993). Ils sont placés parmi les principales contraintes affectant la production de blé et d'orge à l'échelle mondiale. Les pertes de rendement causées par ces parasites sont de l'ordre de 7% pour le blé et de 6.3 % pour l'orge ce qui correspond à une perte annuelle d'environ 5.8 % milliards d'orge (Sasser, 1987). Ces derniers affectent les racines des céréales et des graminées (Yan et Smiley, 2010).

La plupart de ces espèces vivent en populations mixtes, morphologiquement analogues et sont difficiles à différencier (Bekal *et al.* 1997 et Nicol, 2002). *Heterodera avenae*, *Heterodera filipjevi* et *Heterodera latipons* sont les trois principales espèces économiquement importantes (Smiley, 2009).

Vue l'importance bioécologique et agro-économique des nématodes à kyste des céréales, nombreuses études ont été réalisées par de nombreux chercheurs dans plusieurs régions de l'Algérie. En revanche, ces travaux sont peu dans la région de M'sila. C'est dans le but d'étudier la distribution de ce nématode dans cette région et d'avoir une idée sur l'état d'infestation et sur la diversité de ces espèces qu'on a réalisé ce modeste travail.

Ce présent travail est subdivisé en quatre chapitres :

- Chapitre 1 : Comprend les données bibliographiques concernant la culture de blé (sa conduite ; ces exigences ; ces contraintes) et le nématode à kyste des céréales (sa morphologie ; son cycle ; ces exigences ; les méthodes de lutte) ;

- Chapitre 2 : Présentation de la région d'étude avec une synthèse climatique
- Chapitre 3 : Est consacré à la présentation de méthodologie sur terrain et au laboratoire ;
- Chapitre 4 :Regroupe la totalité des résultats obtenus;

Nous terminerons ce travail par une conclusion générale et les perspectives souhaités dans l'avenir.

**CHAPITRE I:
SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE**

1. Présentation de la plante hôte

1.1. Classification de la plante hôte :

Les céréales (blé dur, blé tendre) appartiennent au groupe suivant :

Règne	Végétale
Embranchement	Angiospermes
Sous –embranchement.....	Spermaphytes
Classe.....	Monocotylédones
Ordre	Glumiflorales
Super ordre	Comméliniflorales
Famille.....	Gramineae
Genre	<i>Triticum</i>

(FEILLET, 2000)

1.2. Origine et historique de blé

Le blé est l'une des premières espèces cultivées par l'homme. Depuis plus de 10.000 ans, l'histoire de la civilisation humaine et celle de la culture du blé ont évolué conjointement. Le blé constitue la première ressource alimentaire humaine dans les pays de la zone tempérée (Hervé, 1979). L'importance des surfaces consacrées au blé sur la planète dépasse celle de toutes les autres cultures (Bonjean Et Picard, 1990).

Par ailleurs, Vavilov, 1934 considère le Maghreb comme origine secondaire du blé. Bonjean et Picard (1990) affirment que le monde Romain a largement contribué à la diffusion des céréales du bassin méditerranéen vers l'Europe centrale et l'Europe de l'Ouest. En effet Croston et Williams, 1981 signale que la culture de blé occupe le croissant fertile, zone couvrant la Palestine, la Syrie, l'Irak et une grande partie de l'Iran.

1.3. Importance de la production mondiale de la culture de blé

En 1995, la production mondiale était de 537.7 millions de tonnes dont la Chine occupe la première place avec une production de 103 million de tonnes, viennent ensuite l'Inde, l'URSS et les Etats-Unis. Le blé dur est principalement cultivé par les pays situés autour du bassin méditerranéen et sur le continent américain (Anonyme, 1998).

Cette production est passée à environ 2526 millions de tonnes, en 2016. Concernant les céréales secondaires – notamment l'orge, le maïs, le millet, l'avoine, le seigle et le sorgho l'FAO signale une production de 1314 million de tonnes, soit environ 1 % de moins qu'en 2015. (Anonyme, 2016)



Figure 1: Carte la répartition de la production des céréales dans le monde en 2008 (Anonyme, 2008 a)

1.4. Importance de la céréaliculture en Algérie

En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. La superficie réservée aux céréales est de l'ordre de 3,7 millions d'hectares emblavée, produisant plus de 33 millions de quintaux. L'analyse par espèce montre la prédominance du blé dur avec une production de 46 % de la production céréalière, suivi de l'orge (28 %) et du blé tendre (23 %). (Anonyme, 2008 b).

La situation concernant la production nationale de blé montre une stagnation sur 34 ans à partir de 1961 à 1995, pour doubler en 1996, Cette production ne représente que 0,48 % de la production mondiale (Anonyme, 1998a).

1.5. La répartition géographique de la céréaliculture en Algérie

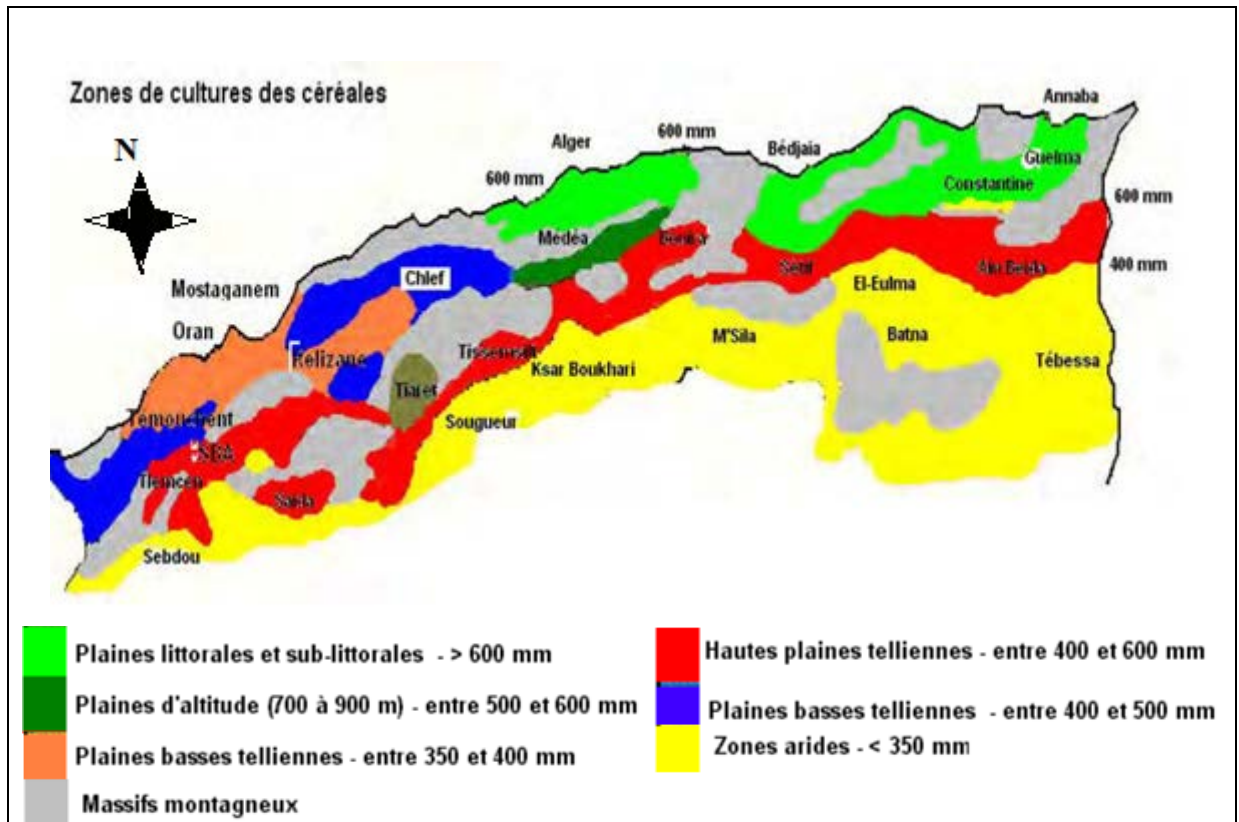


Figure 2: La répartition géographique des zones céréalières en l'Algérie (Belaid, 1986)

1.6. Généralité sur la culture de blé

Le blé est une plante herbacée à feuilles assez larges (BONJEAU et PICARD 1990). Les racines sont de type fasciculé peu développées dont 55 % du poids total des racines se trouve entre 0 et 25 cm de profondeur (Clement-Grandcourt Et Prat, 1971). 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. (Figure n°3)

La fécondation est autogame, le fruit est un caryopse ou grain (Bonjean Et Picard, 1990).

1.6.1. Cycle évolutif du blé

Le cycle de développement du blé comporte trois grandes phases. Chaque phase est divisée en différents stades (Benzarouak, 2012). (Figure n°3)

1.6.1.1. Période végétative

Elle s'étend du semis au début de la montaison, elle est subdivisée en trois phases :

a. Phase germination - levée

La germination commence lorsque le grain absorbe environ 25 % de son poids d'eau. Les téguments se déchirent, la racine principale couverte d'une enveloppe appelée Coléorhize apparaît. Ensuite la première feuille couverte d'une enveloppe appelée Coléoptile apparaît à la surface du sol suivit par d'autres feuilles et d'autres racines. La durée de cette phase varie avec la température de 8 à 15 jours. (Clément- Grandcourt et Prat., 1970)

b. Phase levée – tallage

On peut distinguer pendant cette phase à travers le coléoptile, un filament ou rhizome qui se termine par un renflement. En se gonflant de plus en plus, il forme le plateau de tallage au niveau de la surface du sol. Ce dernier s'épaissit et à partir duquel, des racines secondaires se développent très vite et de nouvelles feuilles se forment. Chacune correspond à une talle.

La place des épillets fait par un simple étranglement sur la partie supérieure du végétal. (Clement-Grandcourt et Prat, 1970)

c. Phase tallage-montaison

La différenciation des épillets se poursuit par étranglements successifs du cône formateur de l'épi. Les talles herbacées se forment activement. (Clément-Grandcourt et PRAT., 1970)

1.6.1.2. Période de reproduction

Elle s'étend de la montaison à la fécondation

a. Phase de la montaison

Au cours de cette phase, un certain nombre de talles herbacées vont évoluer vers des tiges couronnées d'épis, tandis que d'autres commencent à se régresser. La croissance en taille et en matière sèche est alors active. Cette phase se termine au moment de la différenciation des stigmates. La durée de cette phase est de 29 à 30 jours. (Clément Grandcourt et PRAT; 1970)

b. Phase de l'épiaison

La vitesse de croissance de la plante est maximale, durant cette période. Cette phase correspond à l'élaboration d'une grande quantité de la matière sèche, à l'organisation détaillée des épillets et à la fécondation. L'épiaison dure environ 32 jours

1.6.1.3. Période de maturation

Au cours de cette période, l'embryon se développe et l'albumen se charge de substances de réserve. (Boulal Et Al. 2007)

a. Phase multiplication

A ce stade, les grains sont encore verts et leur teneur en eau est élevée (grain laiteux). Cette phase est suivie par la phase de remplissage actif du jeune grain dont le contenu en eau devient constant (grain pâteux). (Belkharchouche et al. 2009)

b. La phase de la maturation du grain :

Elle est marquée par un arrêt de l'accumulation de la matière sèche et une chute de la teneur en eau du grain. Lorsque le grain devient dur et jaune, on considère que le stade de la maturité physiologique est atteint. (Boulal et al. 2007)

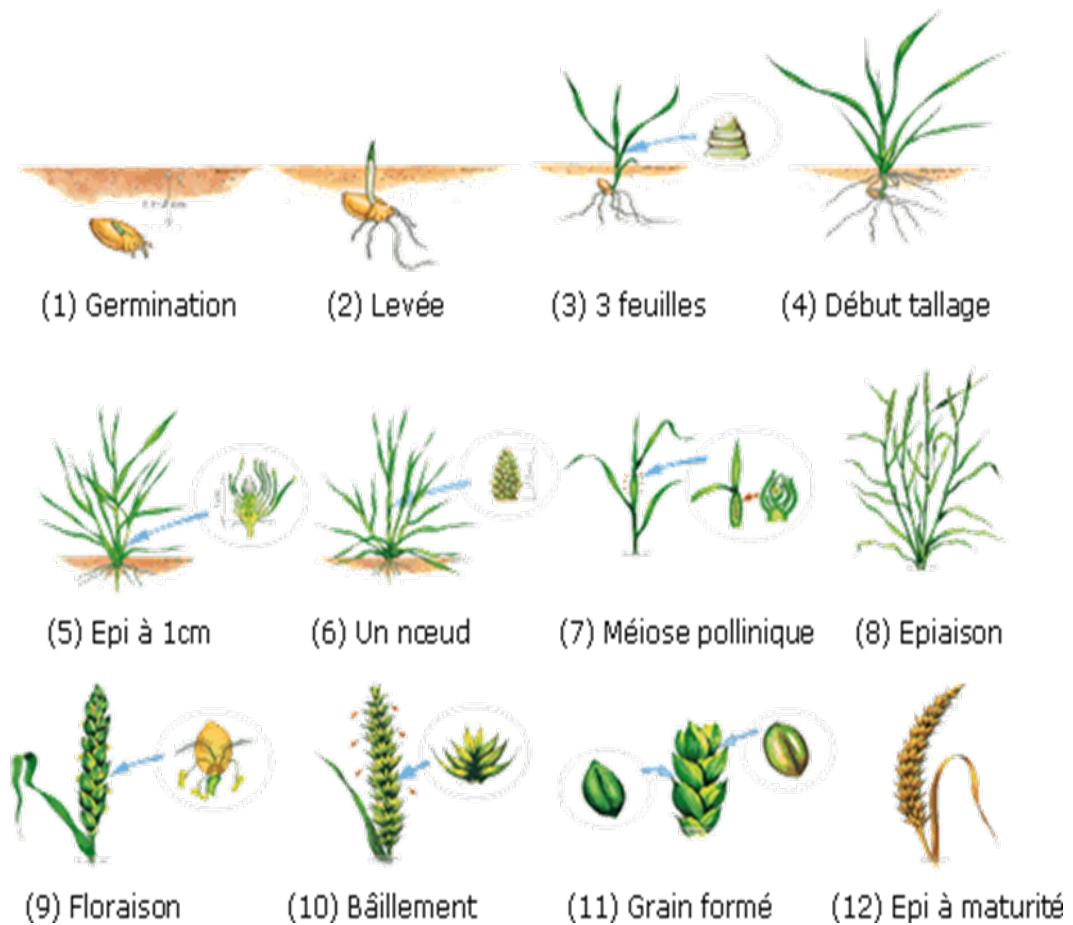


Figure 3: Les différentes phases du cycle évolutif du blé. (Soltner, 2015)

1.6.2. Contraintes de la céréaliculture

Les fluctuations des rendements des céréales et la faible production sont attribués principalement à la contrainte hydrique puisque, comme nous l'avons signalé précédemment, la plus part des terres emblavées en céréales se situent dans les étages bioclimatiques semi- aride et aride. (Haddadi, 2015)

A cette contrainte s'ajoute le type de sol, l'itinéraire technique, les variétés cultivées non adaptées ainsi que les maladies inféodées aux céréales qui constituent des facteurs biotiques et abiotiques qui concourent à cette faible production. (Haddadi, 2015)

1.6.2.1. Les maladies

Les principales maladies des céréales rencontrées en Algérie sont multiples. Dont les plus connues sont les maladies cryptogamiques, virales et aussi les nématodes.

a. La fusariose

Cette maladie fongique est provoquée par le genre *Fusarium* notamment *Fusarium nivale* et *Fusarium roseum*. *Fusarium nivale* peut contaminer les épis à partir des débris des végétaux contaminés. On observe un dessèchement précoce suivi d'un échaudage d'une partie de l'épi. *Fusarium roseum* fait apparaître un noircissement à la base des tiges et un dessèchement précoce de l'épi (DUPONT, 1982).

Cette maladie présente une incidence directe sur les rendements induisant une diminution du nombre de grains par épi, accompagnée du risque de présence de mycotoxine dans le grain. (Le Boulch et Mangne, 1999)

b. Le charbon du blé

Il est provoqué par *Ustilago tritici* ou *Ustilago hordei*. (Oufroukh et Hamadi, 1993) Clement-Grandcourt et Prat, 1970 notent que ce sont des parasites foliaires ou d'inflorescence, ils ne se manifestent que peu avant le moment où l'épi sort de la graine. La dernière feuille avant l'épi jaunit et les épillets apparaissent entièrement détruits.

c. La carie du blé

Elle est due au champignon *Tilletia carie*, cette maladie entraîne des diminutions importantes de rendement et de qualité et elle est considérée comme étant une maladie très importante du blé dans le bassin méditerranéen. Elle se manifeste au moment de l'épiaison et le blé couvert de leurs spores donne des grains de mauvaise qualité et inconsommables. (Oufroukh et Hamadi, 1993)

d. Les rouilles

La rouille brune due à *Puccinia triticina*, se déclare entre l'épiaison et la fin de la floraison. Elle se présente sous forme de macules brunes arrondies sur les feuilles. La rouille noire due à *Puccinia graminis*, est observée après la moisson sur les pailles, sous forme de pustules très allongées contenant des spores. (Dupont, 1982)

e. Septoriose

La septoriose est l'une des principales maladies cryptogamiques du blé à travers le monde (Brunner et al. 2013).

Cette maladie est causée par un champignon du genre *septoria*. *Septoria tritici* et *Septoria nodorum* sont deux espèces inféodées respectivement au blé et à l'orge. (Wirth et al., 1994)

Un temps humide et chaud favorise le développement de la septoriose. L'infection au niveau des nœuds se traduit par une verse typique. Quand les épis sont atteints les pertes de rendement sont considérables. On note que les dégâts aux épis sont d'autant plus importants que l'attaque est précoce. (Wirth et al., 1994)

f. L'oïdium

L'oïdium est l'une des maladies les plus faciles à reconnaître sur les céréales. Elle est causée par un parasite obligatoire *Erysiphe graminis*. (CARON, 1993)

Sur les feuilles de base, on aperçoit d'abord des taches blanches floconneuses qui deviennent rapidement grises, plus tard, on trouve sur ces feuilles des points noirs qui sont les périthèces. Les tiges et épis peuvent être aussi touchés. (Wirth et al., 1994)

g. Mosaïque du blé

C'est une maladie causée par deux types de virus ; le virus de la mosaïque du blé (VMB) et le virus de la mosaïque jaune du blé (VMJB). Ces deux virus sont transmis par un champignon du sol *Polymyxa graminis*. Parfois ces deux virus sont présents simultanément dans la même parcelle. (Hariri, 1999)

1.6.2.2. Les Ravageurs

a. Les oiseaux

Les oiseaux les plus redoutables en Algérie sont les moineaux (*Passer domesticus* et *Passer hispaniolensis*) et qui sont considérés comme des ravageurs sévères sur les céréales précoces. . (Wirth et al., 1994)

b. Les Insectes

Les insectes susceptibles de s'attaquer au blé sont fort nombreux, parmi les plus redoutables

- Les pucerons

Deux espèces sont importantes *Sitobion avenae* et *Rhopalosiphum padi*. L'espèce la plus dangereuse à l'épiaison est *Sitobion avenae* (CAPISANO, 1997). Elle a une forme allongée atteignant 2,5 mm de long pour l'adulte, sa couleur est variable du jaune, vert, rouge à noirâtre. (ANONYME, 2004)

- Les Punaises

Les hétéroptères sont responsables de graves dégâts à travers le monde. L'espèce la plus courante et la plus déprédatrice est *Aelia germani* et *Eurygaster sp.* (Fritas ,2012)

Les dégâts sont souvent constatés au tallage, à l'épiaison et sur les grains.(OUFROUKH et HAMADI, 1993) Les punaises hivernent dans les zones d'altitude entre 500 m et 600 m dans les touffes d'Alfa, de Diss ainsi qu'au niveau des chaumes.(Fritas ,2012)



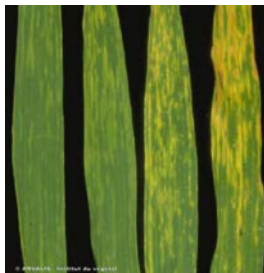
Fusariose



La carie



Rouille



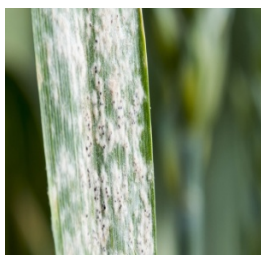
Mosaïque



Charbon de blé



Septoriose



Oïdium



Nématode

Figure 4 : Quelques symptômes maladifs du blé (Google image)

2. Généralité sur le nématode à kystedes céréales *Heterodera sp*

2.1. Historique et répartition

2.1.1. Dans le monde :

Le premier nématode décrit dans la phytonématologie est *Anguina tritici* qui a été découvert dans les grains du blé par Nedham en 1843 (Ritter, 1972).

Cependant, le nématode à kyste et largement distribué dans le monde. Selon Nammouchi-Kachouri et B'chir (2005), l'espèce *Heterodera avenae* est la plus répandue, elle est signalée en Australie, au Canada, en Afrique du Sud, au Japon et dans la plupart des pays Européens ainsi qu'en Inde, en Asie de l'Ouest et le Pakistan et l'Arabie Saoudite. *Heterodera avenae* a été aussi décelée dans différents pays d'Afrique du Nord.

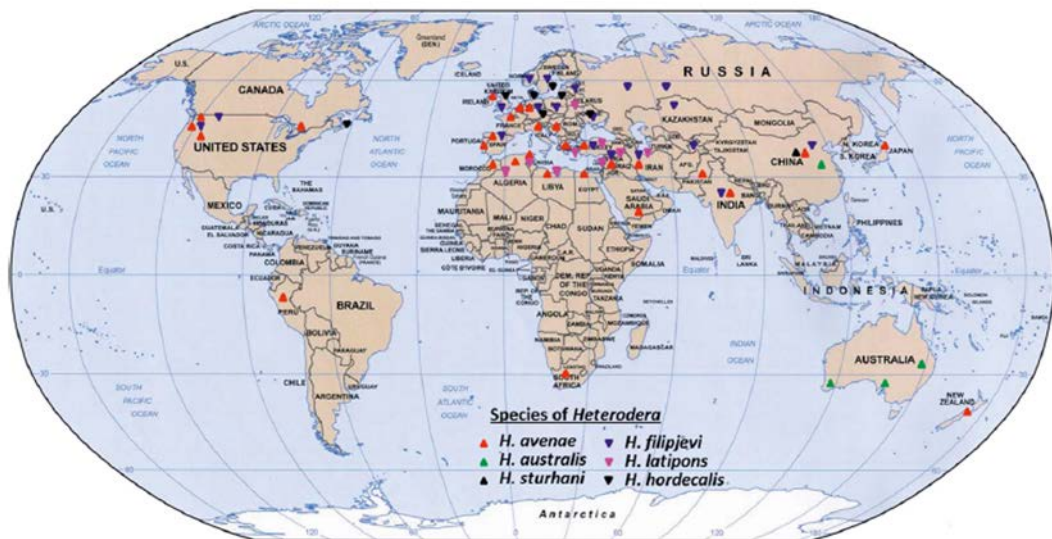


Figure 5 : Distribution globale des espèces d'*Heterodera* dans le monde (Smeiley, 2017)

2.1.2. Dans l'Algérie

Le nématode à kyste *Heterodera* signalé pour la première fois en Algérie par Scotto La Masses (1961). Quelques années plus tard, Lamberti *et al.*, 1975 nota sa présence sur l'orge à Birtouta et Sidi Bel-Abbes. Il a été signalé aussi dans la région de Tiaret par Labdelli (1995) et Meziane (1996). En 1994, Mokabli (2002) a mis en évidence ce nématode dans plusieurs champs de céréales dans le centre Algérien.

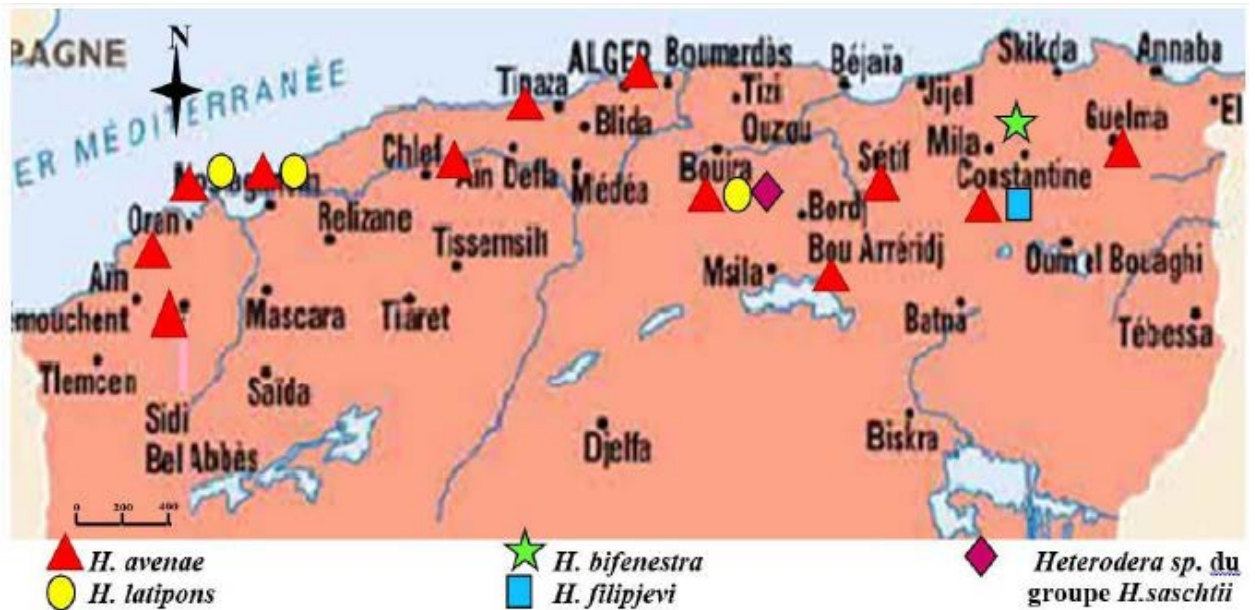


Figure 6: Distribution des espèces de nématode à kystedans quelques régions du nord de l'Algérie (Haddadi, 2015)

2.2. Position systématique

Selon Reddy (1983), les nématodes à kystes des céréales appartiennent au groupe taxonomique suivant :

- Règne :** Animal
- Sous-règne :** Métazoaire
- Embranchement :** Némathelminthe
- Classe :** Nematoda
- Sous classe :** Secernentea
- Ordre :** Tylenchida
- Sous ordre :** Tylenchina
- Famille :** Heteroderidae
- Sous Famille :** Hetroderinea
- Genre :** *Heterodera*

2.3. Morphologie

Les nématodes sont des parasites généralement filiformes dont la longueur varie de 0.3mm à 5mm (Taylor, 1968). Ils vivent pour la majorité dans le sol où ils attaquent les racines des plantes (Wallace, 1963)

Les nématodes des plantes mesurent de 0,2 à 2 mm de longueur, avec un diamètre qui varie de 10 à 40 Microns. Ils présentent une très grande variabilité de formes et de tailles.(Ritter, 1972)

Ils sont revêtus d'une cuticule épaisse, annelée superficiellement, qui recouvre une masse musculaire permettant leur déplacement dans un film d'eau qui tapisse les particules du sol.D'autres muscles spécialisés existent autour de la bouche, le long du tractus intestinal et de l'appareil reproducteur.(Bachelier, 1978)

Les nématodes phytoparasites se nourrissent grâce à leur stylet buccal creux qui pénètre dans les cellules pour absorber leur contenu, causant ainsi des dégâts irréversibles aux racines.(Rivoal et Bourdon, 2005)

Ils se reproduisent par voie sexuée et Selon Rivoal et *al.*,(1978) les *Heterodera* présentent un dimorphisme sexuel très prononcé à l'état adulte.

2.3.1. Les œufs

Les œufs sont hyalins, lisses et de forme ovale. (Volvas, 1985) Ils mesurent 126 um de long et 56 um de large (Williams et Siddiqui, 1972).(Figure n°7)



Figure 7:L'œuf d'*Heterodera sp* (Dababat et al., 2014)

2.3.2. Les larves

Les larves sont filiformes mobiles et de taille qui varie entre 490 à 600 µm.(Sturhan, 1982)Elles possèdent un stylet buccal à la partie antérieure et une queue courte à la partie postérieure. (Nobbs, 1989)

Les larves du premier stade(L1)sont repliéesà quatre dans l'œuf par contre celles du deuxième stade (L2) sont mobile et représentent le stade infestant. (Wouts, 1972 ; Person – Dedryver, 1989) Une fois à l'intérieur des racines, elles se fixent et commencent à se gonfler pour donner les larves du troisième stade(L3).Donc c'est le stade de différenciation. (wouts ,1973)(wouts ,1973)(Figure N°11)



Figure 8: La morphologie des L2 d'*Heterodera sp* (Taylor, 1968)

2.3.3. Mâle

Les mâles sont filiformes, mobile clairement annulé et mesurent entre 600 à 2500 μm (Shephred et al., 1973 ; Person-Dedyver, 1989).

Ils possèdent une paire de spicules d'une longueur de 35 à 36 μm (Vovlas, 1985) qui jouent un rôle lors de la copulation. (Person- Dedyver, 1989)(Figure n°9)

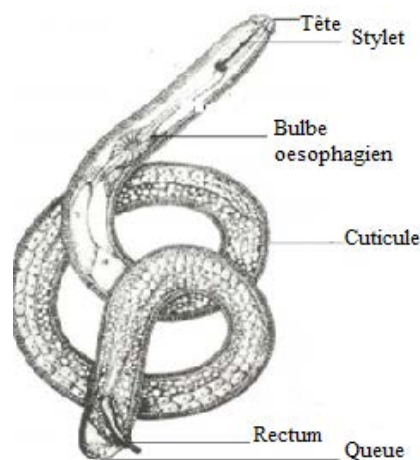


Figure 9: Le mâle d'*Heterodera sp*

2.3.4. La femelle

Les femelles représentent la forme sédentaire du parasite (Wouts, 1972 ; Stone et Hill, 1982), elles sont globuleuses sphériques ou citriformes. Leur taille varie entre 0,5 à 0,8 mm de longueur et 0,4 à 0,6 mm de largeur (Schneider, 1965 ; Williams et Siddiqi, 1972). Au stade jeune, les femelles ont une couleur blanchâtre puis elles deviennent sombres à la Maturité. (DE Guiran, 1983)

Le corps de la femelle comporte deux parties qui sont la tête portée sur un cou proéminent et la partie postérieure qui présente un cône vulvaire (Williams et Siddiqi, 1972). A maturité, la femelle se transforme en kyste brun bourré d'œufs. (Schneider, 1965 et Nobbs, 1989)(Figure n°10)

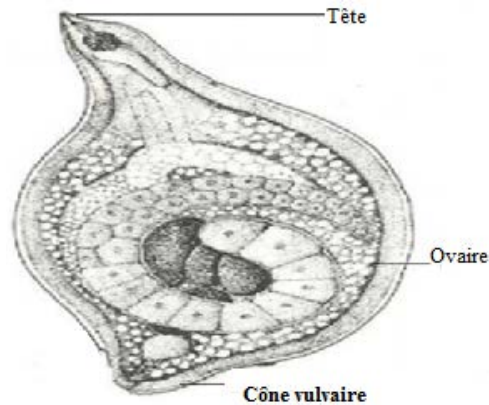


Figure10: Femelle d'*Heterodera* sp (Razki ,1950)

2.3.5. Le kyste

Le kyste représente la forme de résistance des nématodes à kyste. Lorsque la femelle devient adulte, elle subit un tannage quelques semaines après sa mort et sa cuticule durcit pour devenir un kyste, citriforme de couleur brun foncé. (Hodda et Lawrence, 2009)

Cependant Williams et Seddiqi, 1972, rapportent que le kyste contient de 200 jusqu'à 600 œufs. La forme, la taille et la couleur du kyste varient fortement d'une population à l'autre (Mokabli, 2002).(Figure n°11)



Figure11: Le kyste d'*Heterodera* sp (Dabadat et al., 2015)

2.4. Les critères d'identification des kystes d'*Heterodera*

Les grandes ressemblances morphologiques dans le complexe des nématodes à kystes des céréales rendent l'identification des espèces parfois difficile. La taxonomie est basée sur les caractéristiques morphologiques du kyste mûr à savoir la forme, la taille et la couleur (Romero,

1982 ; Rivoal et Cook, 1993) et essentiellement sur la structure microscopique cône vulvaire. (Ritter 1971 ; Shepherd et Al ,1973)

Certains critères peuvent permettre une identification des espèces des Heteroderidae telle que la longueur du corps des larves du deuxième stade et du stylet ; la forme des boutons basaux ainsi que la longueur de la queue. (Rivoal et Cook, 1993)

Cependant, Bekal (1997), affirme qu'il existe très peu de critères qui permettent l'identification des différentes espèces du groupe *Heterodera*. A titre d'exemple, le sous-pont est absent chez *H. avenae*, légèrement présent chez *H. mani* et il est commun chez *H. latipons* et *H. filipjevi*.

La morphométrie des kystes permet d'établir une identification préliminaire, mais ce critère reste complémentaire vu la taille très variable des kystes d'un pays à l'autre voir même au sein de la même population. (Anderson, 1968)

Toutefois de nouvelles méthodes viennent améliorer et compléter la taxonomie des nématodes à savoir les méthodes biochimiques. (Mokabli, 2002)

2.4.1. Morphologie du cône vulvaire

Selon Reddy 1983, c'est une élévation de la partie postérieure du kyste d'*Heterodera*. Au niveau duquel, on peut distinguer les structures suivantes : La vulve, le bullae, le pont vulvaire, le sous – pont et les fenestrae (figure n° 12)

a. La vulve

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

b. Le bullae

Le bullae est considéré comme étant des structures dentées localisées à l'intérieur du cône vulvaire près du sous pont ou des fenestrae. (Hamroune, 2006)

c. Le pont vulvaire

Il représente la connexion près des fenestrae d'un cône vulvaire. (Reddy, 1983).

d. Le sous –pont

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

e. Fenestrae

Ce sont des ouvertures claires similaires à des fenêtres à cuticule mince et des fois mince.(Reddy, 1983) Lorsque le cône présente une seule ouverture en cercle, il est dit

circumfenestré. Il est ambifenestré s'il présente deux ouvertures en demi-cercle et bifenestré lorsque les fenestrae sont bien séparées et plus ou moins circulaires (Siddiqui, 2000)

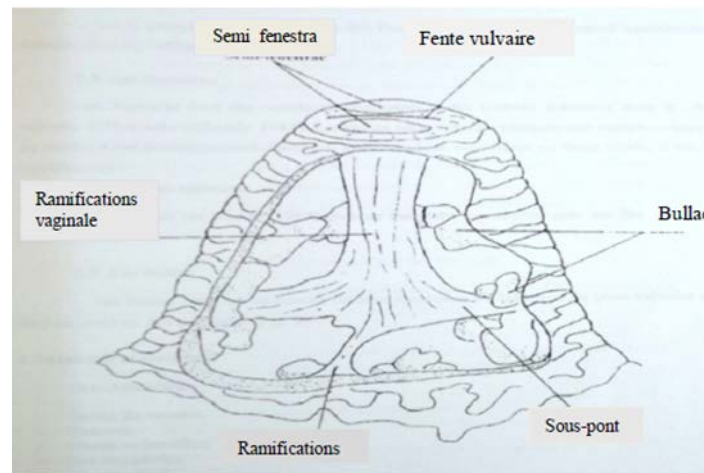


Figure 12: Diagramme du cône vulvaire (Nobbs, 1989)

2.5. Cycle de développement

Le cycle de développement des nématodes est typiquement divisé en 6 stades. Le stade œuf, le stade adulte et 4 stades juvéniles. La durée de chacun de ces stades et du cycle biologique complet diffère selon les espèces et dépend de certains facteurs comme la température, la teneur en eau et la plante hôte. En conditions favorables sous les tropiques, de nombreuses espèces ont des cycles de développement très courts avec plusieurs générations par saison. (Nicol, 2010)

La première mue s'effectue à l'intérieur de l'œuf et l'éclosion donne directement les larves du deuxième stade (L2). Une fois libérées dans le sol, elles envahissent les racines de la plante hôte. (Belfadel, 2011) En se déplaçant dans les racines, elles établissent un site nourricier (syncytium) près de l'endoderme, sur lequel elles se nourrissent et se développent. (Roland N, Maurice M, 2006).

Au 4^{ème} stade, les juvéniles se différencient soit en femelles blanches, fixées sur les racines par le cou et dont le corps émerge à la surface, soit en mâles filiformes qui quitte les racines pour atteindre la maturité sexuelle et fécondent par la suite les femelles. (Lachenaud, 1977)

Après la fécondation, la cuticule de la femelle durcie et brunie et cette dernière se transforme en kyste bourré d'œufs. (Belfadel, 2011) Le kyste assure la protection des œufs et permet aux générations suivantes de survivre pendant de longues périodes en absence de l'hôte. Cette persistance dans le sol en l'absence de l'hôte confère à ce groupe de nématodes son importance économique dans les systèmes agricoles.

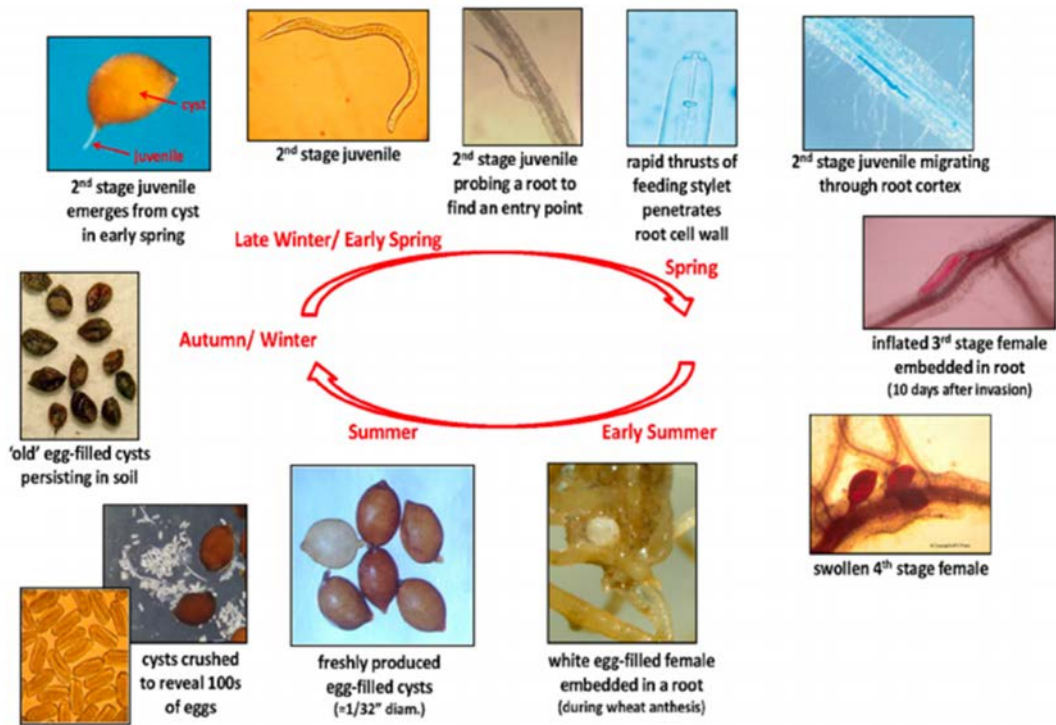


Figure 13: Cycle de développement du nématode à kyste des céréales *H. avenae* et *H. filipjevi* en une seule année. (Smiley, 2016)

2.6. Les Symptômes

2.6.1. En plein champ

Les plantes dont les racines sont fortement endommagées apparaissent souvent au début comme des plantules vert pâle peu généreuses qui apparaissent par plages et les dégâts peuvent se généraliser et devenir uniformes sur des champs entiers lorsque les céréales sensibles sont fréquemment plantées dans la rotation des cultures. Les plantes affectées ne répondent généralement pas bien aux applications supplémentaires d’engrais ou d’eau. Les plantes dont les racines sont fortement endommagées peuvent être gravement retardées et mûrir tôt. (Smeily, 2016)

Les plants infestés par les *Heterodera* restent chétifs et rabougris qui confèrent à la culture un aspect hétérogène et sont aussitôt envahies par les mauvaises herbes (Hamroun, 2006).



Figure 14: Les symptômes d’infestation au niveau du champ (Anonyme, 2012)

2.6.2. Sur les feuilles

Les feuilles se décolorent puis deviennent jaunes sur l'orge, rouges sur l'avoine et jaunes-rougeâtres sur le blé.(Haddadi, 2015)(Figure n °15)



Figure 15: Symptômes du nématode à kystes sur le feuillage (Smeily, 2017)

2.6.3. Sur les racines :

C'est à ce niveau que les symptômes spécifiques se produisent, mais le type de symptôme varie selon la plante hôte. Chez le blé et l'orge, les racines se ramifient excessivement aux mêmes endroits des syncytiums pour avoir une apparence touffue. Les racines des plantes envahies sont moins profondes et moins capables d'absorber l'eau et les éléments nutritifs que les racines de plantes saines. (Smeily, 2016)(Figure n°16)



Figure 16: Aspect touffue des racines superficielles de blé de printemps caractéristique des attaques *H. avenae*. (Dababat et al, 2015)

2.7. Facteurs de développement des *Heterodera*

Les nématodes à kyste des céréales *Heterodera sp* peut être influencé par les différents facteurs de manière directe et indirecte. Les facteurs physico-chimiques du sol peuvent agir directement sur ces nématodes, alors que les conditions du sol influencent le développement des végétaux et indirectement les populations d'*Heterodera*. (Graham, 1980)

2.7.1. L'humidité

Pour se déplacer dans le sol, les nématodes ont besoin d'un film d'eau. (Meagher, 1970 ; Caubel *et al.*, 1980) et 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),

2.7.2. La température

Elle a un rôle prédominant dans le développement d'*Heterodera*, selon Fisher (1982), la température optimale de développement pour *Heterodera* se situe entre 20 °C et 25 °C mais à 30 °C peu de femelles sont formées. Alors que le développement des larves de deuxième stade est rapide à 20 °C qu'à 15°C ou 10°C.

Cependant, Les travaux de Hamroun effectués en 2006 dans plusieurs régions du littoral algérois ont montré que la température optimale pour l'évolution de ce parasite s'étale de 7 à 25°C. Ainsi, Mokabli *et al.*, 2001 signalent qu'une température au-dessous de zéro s'avère nuisible pour *Heterodera avenae*.

2.7.3. Type de sol

Le nématode à kyste se rencontre sur tous les types de sol (Caubel *et al.* 1980), mais ses attaques sont plus redoutées en sol légers (William *et Siddiqi*, 1972) qu'en sols lourds. (Choppin De Janvry, 1971)

2.7.4. La porosité

Elle favorise le déplacement des nématodes vers les horizons profonds où ils constituent un potentiel infectieux assurant ainsi la pérennité du parasite. (Choppin de Janvry, 1971)

2.7.5. 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. (Bachelier., 1978).

En effet, l'absence d'air dans les sols inondés et dans les sols lourds, limite le développement des *Heterodera*. (Cayrol, 1975)

2.7.6. Le PH

Un sol à pH neutre ou légèrement basique (7.8) est favorable au développement des *Heterodera*. (Caubel *et al.*, 1980)

2.7.7. La plante hôte :

Les plantes hôtes des nématodes à kystes des céréales incluent toutes les céréales cultivées en fonction de degré de sensibilité. (Rivoal *et Cook*, 1993)

Ainsi, Johnson et Fushthey, (1966) classent l'avoine comme étant l'hôte le plus sensible et Ritter(1982) classe le blé et l'orge en deuxième position.

Le retour de ces céréales régulièrement sur les mêmes parcelles dans les cultures intensives favorise la pullulation de ces nématodes. (RIVOLAL R., et BESSE T. 1982)

2.7.7. La matière organique

La composition de la matière organique dans le sol libère certains produits toxiques tels que l'acide butyrique qui agit négativement sur le développement des nématodes (Jones, 1982)

2.8. Les facteurs influençant l'éclosion

2.8.1. La température

L'éclosion chez les espèces d'*Heterodera* au laboratoire est optimale à 25°C bien que l'optimum aux champs se situe à 20°. Les températures entre 5°C à 15°C augmentent l'éclosion chez *H. avenae* de la France. La réduction de l'éclosion est maximale durant les périodes secs.(Peng et al. 1996)

2.8.2. Les exsudats racinaires

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

Plus tard, Banyer et Fisher (1980) notent que les exsudats ont un effet positif sur l'éclosion des kystes, mais uniquement après un traitement à des températures basses.

2.8.3. L'humidité :

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

2.8.4. La salinité :

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

2.9. La mode dissémination

Les vents constituent le principal facteur de dissémination des kystes, mais les opérations culturales, les outils de travail du sol et l'eau d'irrigation peuvent aussi contribuer à la dissémination de ce parasite. (Meagher, 1977)

2.10. Les méthodes de la lutte contre le nématode à kyste des céréales

Les nématodes à kyste *Heterodera sp* causent le dommage majeur aux récoltes cultivées. (Perry et Moens, 2006) Le contrôle et la gestion de ces parasites est difficile et très compliquée

vue la grande protection des œufs assurée par le kyste mûr qui restent viables pendant plusieurs années (Agrios, 2005) .

2.10.1. Mesures préventives

La lutte contre le nématode doit commencer avant son installation dans la parcelle en maintenant les parcelles indemnes et propres, par la sensibilisation et la vulgarisation auprès des agriculteurs avec la collaboration des différentes institutions de la protection des végétaux et en prévenant la dissémination du parasite par les machines et les outils de travail et les eaux d'irrigation. (De guiran, 1983)

La destruction des mauvaises herbes et des résidus de cultures céréalières précédentes est indispensable car celles-ci constituent des hôtes potentiels pouvant maintenir les densités dommageables (Mokabli, 2002 ; Rivoal et Nicol, 2008).

2.10.2. Pratiques culturales

a. La rotation culturale

La rotation culturale est l'une des méthodes les plus anciennes et les plus importantes pour la gestion des ravageurs. Elle permet de réduire les populations d'*Heterodera* en mettant en place de plantes de coupure du cycle des nématodes. (Balduin, 2006)

L'introduction dans la rotation des cultures résistantes ou non hôtes pendant deux à trois ans permet généralement un excellent contrôle des nématodes à kyste et maintient le niveau des populations à un le seuil économiquement acceptable. (Johnson, 1982).

b. Les variétés résistantes

L'utilisation des variétés résistantes est l'un des meilleurs moyens pour combattre les nématodes. Les variétés résistantes constituent de véritables plantes pièges pouvant occasionner des diminutions de 50 % à 80 % des effectifs du parasite en une seule année de culture. Taylor (1968)

En France, Caubel et al. 1980 ont obtenu des diminutions importantes de l'ordre de 60 à 80 % après cultures de variétés résistantes d'orge et d'avoine.

c. La jachère

Elle consiste à priver le parasite de toute source de nourriture. Szilvasi (2013), préconise une jachère d'une durée minimale de deux ans afin de réduire les populations des nématodes à kystes. La jachère total semble être un procédé très efficace (Rivoal et Cook, 1993)

d. Date de plantation

Les dates et les conditions de semis influence le développement des *Heterodera* (Ritter 1965). La manipulation de la date de semis peut minimiser l'impact de la période d'éclosion majeure. Il

est généralement admis que les céréales semées en automne tolèrent mieux les attaques que celles du printemps. (Meagher, 1982)

Le semis de blé d'hiver plutôt que le blé de printemps favorise le développement racinaire des plants avant l'émergence massive des larves infectieuses au printemps (Smiley et Yan, 2010).

e. La fertilisation et l'amendement

L'apport de fertilisants minéraux sous forme de microéléments baisse significativement les populations d'*Heterodera* dans le sol et améliore le rendement des céréales (Seifi et Bide, 2013).

Les engrais verts de certaines cultures telles que la moutarde ou le colza, sont utilisés comme biofumigants afin de diminuer le nombre de certains nuisibles telluriques des plantes dont les nématodes phytoparasites. Les produits toxiques générés lors de la dégradation des tissus verts de ces cultures, sont parfois capables de réduire la densité des nématodes dans le sol. (Smiley et Yan, 2010)

2.10.3. La lutte chimique

Plusieurs nématicides chimiques sont utilisés pour lutter contre les nématodes phytoparasites, incluant les fumigants (1,3-dichloropropène, chloropicrin, dazomet, éthylène dibromide, métham-sodium, méthyl bromide, méthyl isothiocyanate) et les non-fumigants tels que des organophosphatés (Ebufos, Ethoprophos, Fenamiphos, Fensulfothion, Isazofos, Terbufos, Thionazin) et des carbamates (Aldicarb, Aldoxycarb, Carbofuran, Cleothocarb, Oxamyl) (Belair, 2005)

Les nématicides efficaces sont généralement très toxiques à un large spectre d'espèces et leur utilisation présente un risque élevé pour la santé humaine et de l'environnement (Chitwood, 2003). Par conséquent, de nombreux nématicides ont été interdits dans l'Union Européen, les Etats-Unis et d'autre pays.

2.10.4. La lutte biologique

Cette méthode semble parfois efficace au laboratoire, mais elle est difficilement applicable au champ à cause de la présence d'antagonistes compétitifs potentiels dans l'environnement. (Blanchard, 2007)

Les nématodes à kyste des céréales peuvent être réduits dans le sol par certains microorganismes ovicides et qui sont généralement des parasites facultatifs comme le champignon *Verticillium chlamydosporium* qui est signalé depuis longtemps comme parasite des œufs d'*Heterodera*. Son aptitude parasitaire est limitée aux premiers stades de l'embryogenèse du nématode qui, au-delà, acquiert une coque résistante. (Cayrol et al. 2009)

Il existe d'autres champignons ovicides tel que *Pochonia chlamydosporia* et *Paecilomyces lilacinus* et certaines bactérie *Pasteuria penetrans*. (Mitchinson,2009) Cette dernière est un parasite obligatoire, son efficacité parasitaire remarquable permet de réduire les populations de nématodes de plus de 80%. (Cayrol et al, 2009)

L'application des nématicides ou le contrôle biologique sont très coûteux dans les cultures céréalières de ce fait, Les principales méthodes utilisées dans ces cultures sont la rotation et les variétés résistantes (Mitchinson, 2009)

CHAPITRE II: CADRE PHYSIQUE

1. Situation géographique de la zone d'étude :

La zone d'étude est située à l'extrême nord-est de la wilaya de M'sila et au nord de Chott El Hodna, elle comprend quatre stations à vocation céréalière (Figure n°17).

Tableau 1 : Localisation des différentes stations d'étude

Stations	Longitude	Latitude	Altitude
Oued K'sob (Barradj) S1	4,569908°E	35,820951°E	553m
Nouara S2	4,561888°E	35,706175°N	477m
M'tarpha S3	4,613544°E	35,695919°N	456m
Ouled Adi Lagbala S4	4,903568°E	35,703921°E	638m

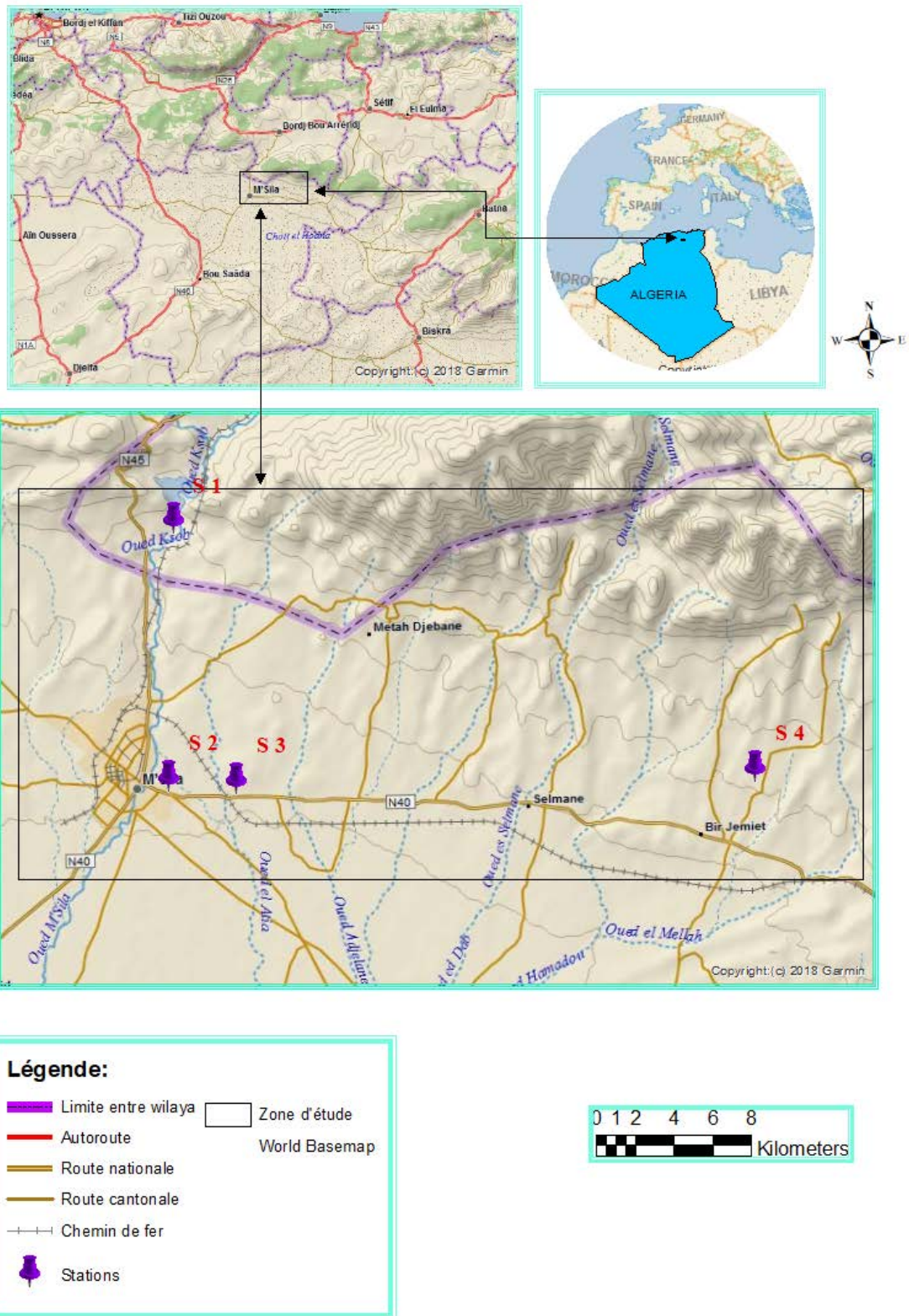


Figure 17 : Situation géographique de la zone d'étude, source cartes : services.arcgisonline.com

2. Caractéristiques physiques de la région d'étude :

Dans ce qui suit nous allons exposer l'hydrologie, la géologie, la pédologie et le climat de La zone d'étude.

2.1. Hydrologie

La zone d'étude se situe dans la partie nord du bassin endoréique du Hodna, dont les différents oueds se jettent dans Chott El Hodna. Elle est drainée par :

Oued K'sob est caractérisé par un régime permanent et régulé par le barrage de Ksob qui alimente une grande partie des terres agricoles du périmètre de Ksob. Au sud de la ville de M'sila il se prolonge par oued M'sila. Les stations d'étude S1 et S2 sont situées sur le prolongement des deux oueds.

A l'Est de la zone d'étude se trouve des oueds intermittents de moindre importance tel que oued Atia, oued Adjelane, oued Selmane et oued Hamadou dont l'affluent principale est oued el Mellah. (Figure18)

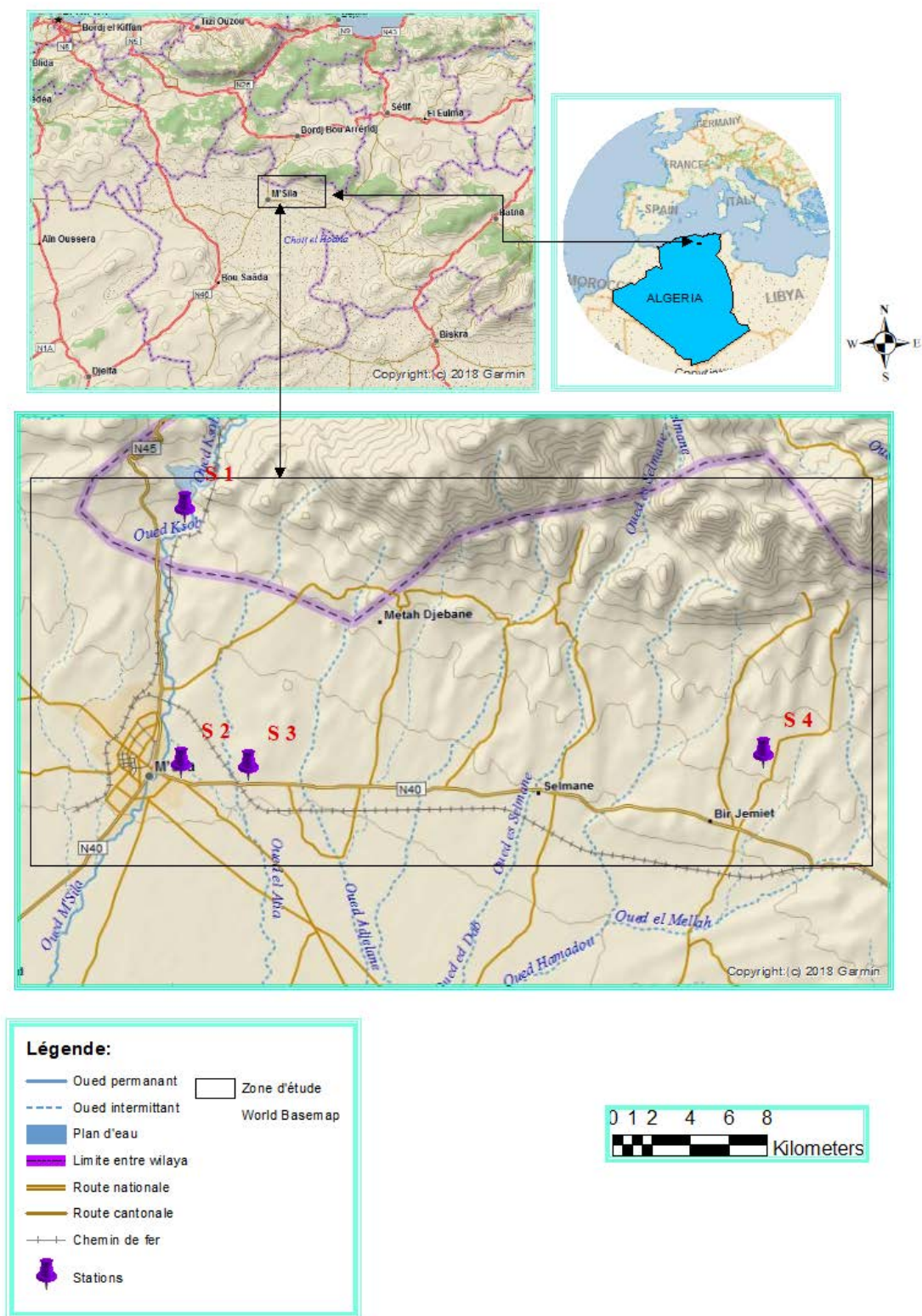


Figure 18 : Hydrologie de la zone d'étude. Source cartes : service.arcgisonline.com

2.2. Géologie

D’après l’extrait de la carte géologique de l’Algérie la zone d’étude comporte essentiellement des formations d’âges secondaires, tertiaires, et quaternaires. Les stations S2 et S3 appartiennent au quaternaire représenté par des alluvions et sédiments fins, la Station S1 au crétacé représenté par des marnes calcaires et grès et enfin la station S4 qui est représentée par le miocène inférieur à marnes gypseuses et calcaire gréseux (Figure 19). Donc la lithologie de la zone d’étude est marquée par la présence du calcaire et du gypse.

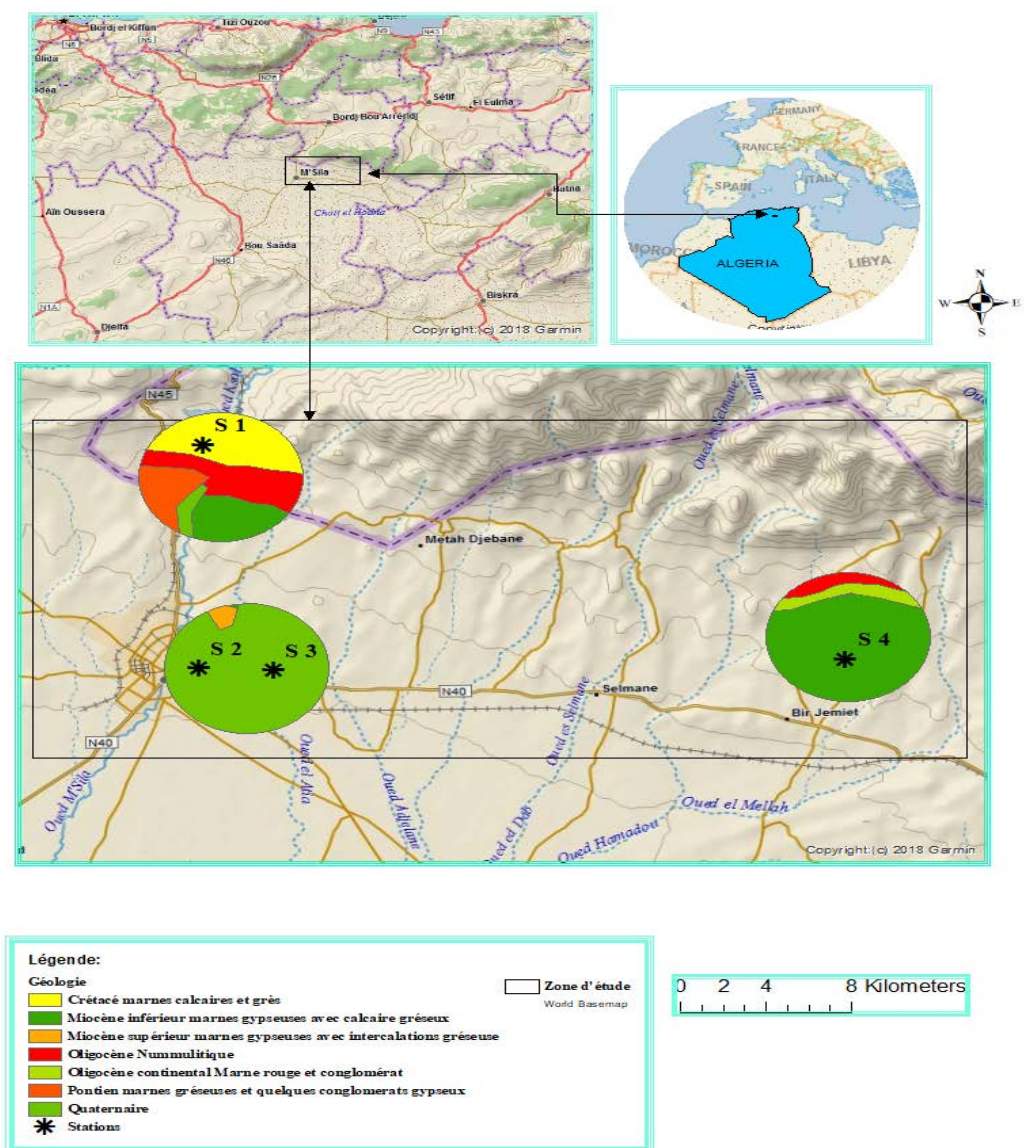


Figure 19 : Géologie des stations d’étude extrait de la carte géologique de l’Algérie (1/500000) FAO 1973. Source cartes de fond : services.arcgisonline.com

2.3. Pédologie

La pédologie de la zone d'étude est variable nous nous limiterons au voisinage des stations d'étude. La station S1 est caractérisée par des lithosols (sols minéraux bruts) et sols à encroûtement calcaire, la station S2 par des sols peu évolués alluviaux et les stations S3 et S4 par des Siérozem ou sols isohumiques de steppes (Figure n°20).

Ces sols sont caractérisés par des teneurs faibles en matière organique même si elle est incorporée en profondeur (pour les sieroziem) et par la présence de calcaire, gypse et sels car le climat aride favorise leur accumulation (CPCS 1967).

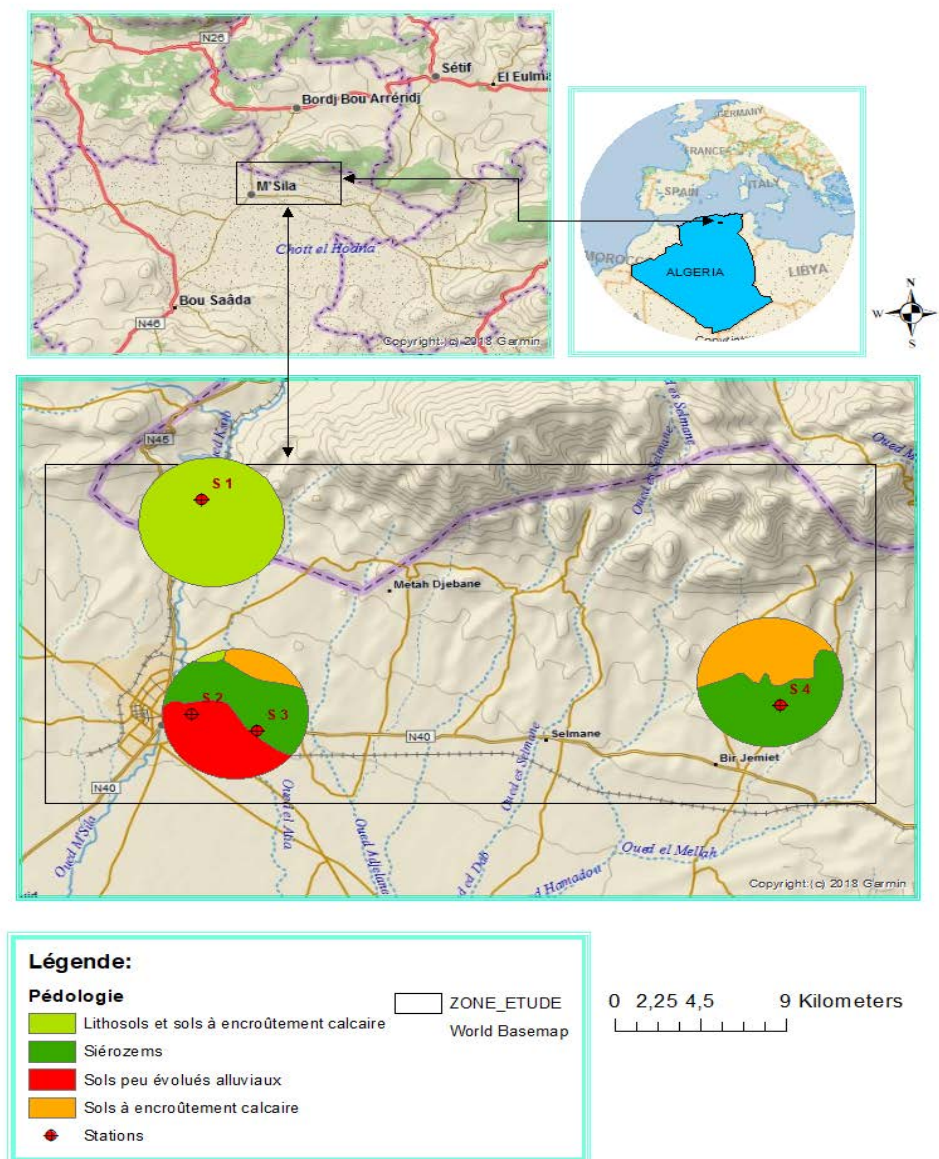


Figure 20 : Pédologie des stations d'étude extrait de la carte pédologique des monts du Hodna (1/50000) ANRH 2005, Sources cartes de fond : Service.arcgisonline.com)

2.4. Végétation

La végétation naturelle de parcours M'Sila est caractérisée par une couverture basse et clairsemée, plus ou moins dégradée, composée de petits plants en touffes plus ou moins dispersées d'inégale valeur tant par la composition floristique que par la densité.

Les faciès les plus dominants sont principalement des faciès à: *Stipa tenacissima*, *Artemisia herba alba*, ainsi que des steppes à plantes psammophiles, elles sont généralement des steppes à *Aristida pungens* ou *Aristida compestris* voire même de *Thymelaea microphylla* (HCDS, 2010).

Les formations à Alfa (*Stipa tenacissima*), on les retrouve en effet dans les bioclimats semiarides à hiver frais et froid, et dans l'étage aride supérieur à hiver froid, ces steppes colonisent tous les substrats géologiques de 400 à 1 800 m d'altitude (AIDOUUD et NEDJRAOUI, 1992).

Les formations à armoise blanche (*Artemisia herba alba*) qui recouvrent 3 millions d'hectares et sont situées dans les étages arides supérieur et moyen à hiver frais et froid avec des précipitations variant de 100 à 300 mm. Ce type de steppe s'étale sur les zones d'épandage dans les dépressions. (NEDJRAOUI, 2001).

Pour les associations végétales qui se développent aux pieds des touffes ou des buissons dans les fonds des dépressions, elles sont perpétuellement agressées par la céréaliculture aléatoire (HCDS, 2010).

2.5. Facteur socioéconomique

2.5.1. Population de la commune de M'sila:

La population totale de la commune de M'sila est estimée au 31/12/2014 à 212 244 habitants, la densité est de 66 hab/km², avec 925 et 614 habitants des communes M'sila et Boussaâda, et 5 hab/km² dans la commune de d'El Houamed. (A.S.W.M ; 2014)

Tableau 2: Evolution de population de la wilaya (1966-2014)

RGPH	1966	1976	1987	1998	2008	Estimation 31/12/2013	Estimation 31/12/2014
Habitants	302.305	423.498	605.026	851.323	983.513	214661	212244

Source (A.S.W.M ; 2014)

2.5.2. Economie

L'économie de la commune se caractérise par les ressources suivantes :

2.5.2.1. Occupation du sol

La commune de M'sila est une commune à vocation agro-pastorale et ce grâce à l'importance de ces parcours. Le territoire de la commune s'étend sur une superficie totale de 1.665.271 ha répartie comme suit

- La **Surface Agricole Utile (SAU)** est de l'ordre de 277 592 ha, 15.25 % du territoire de la wilaya.
- Les terres de **PARCOURS** et de **PACAGES** occupent une superficie de 1 029 564 ha, soit 56.65% de la superficie agricole totale.
- Les **FORETS** et **L'ALFA** couvrent une superficie de 349 985 ha, soit 19.26 % du territoire de la wilaya.
- Enfin, les **Terres IMPRODUCTIVES** avec 170 610 ha composent 09.39% de la surface totale.

2.5.2.2. Production végétale

Les céréales occupent une grande superficie, avec 12280 ha, suivie des cultures maraichères et d'arboriculture, avec une superficie de 104140 et 104430 ha, respectivement

Tableau 3: L'occupation du sol

Production végétale	Superficies	Production
Céréale	12280 ha	123400 qx
Maraichère	10140 ha	2470150 qx
Arboriculture	10430 ha	530293 qx
Fourrages	42685 ha	1131450 qx

Source (A.S.W.M ; 2014)

2.6. Le climat

Les données climatiques sont données par la station météorologique de M'Sila, qui couvrent les précipitations, les températures, la vitesse du vent et le nombre de jours de gelée pour la période 1988-2010.

Les stations d'études sont situées à des altitudes différentes de celles de la station (Tableau n°4) de M'sila ce qui nécessite une interpolation pour les stations dont la différence d'altitude est supérieure à 100 m, afin de corriger les données de précipitation et de température.

Tableau 4 : Altitude des stations d'étude par rapport à la station météorologique de M'sila

Station	Altitude (m)	Différence d'altitude
Station météorologique de M'sila	441 m	-
Oued Ksob (Barrage)	553 m	112
Nouara	477 m	63
M'tarpha	456 m	15
Ouled Adi Lagbala	638 m	197

Dans la région du Hodna, on relève un gradient des précipitations positif de 40mm pour 100m pour la partie Nord et un gradient de 20mm pour 100m pour la partie Sud (DJEBAILI, 1984).

Pour les températures on constate un gradient négatif de 0,4°C sur les températures moyennes minimales (m) et de 0,7°C sur les températures maximales (M) par élévation de 100m (SELTZER, 1946).

La correction est donc réalisée sur les deux paramètres précipitation et température pour les stations de Oued Ksob (barrage) et Ouled Adi Lagbala.

2.6.1. Les précipitations

L'eau demeure un facteur primordial pour la faune du sol ; son insuffisance, aussi bien que son excès peuvent être néfastes aux animaux. (**G. BACHELIER**)

Le manque d'eau peut causer la dessiccation des animaux, surtout au moment des mues.

VANNIER (1973) a cependant montre que certains Collemboles réduisent au minimum leurs dépenses hydriques avant et après la mue.

VANNIER (1974) a aussi montré que leur résistance de la cuticule augmente avec le pouvoir évaporant de l'air.

Les principaux paramètres climatiques de la zone d'étude ont été déterminés à partir de l'exploitation des données enregistrées au niveau de la station météorologique de M'sila qui représentent les stations d'étude de M'tarpha et Nouara tandis que des calculs d'interpolation selon l'altitude ont été réalisés pour les stations de Oued Ksob (Barrage) et Ouled Adi Lagbala. (Tableau n°5)

Tableau 5: Précipitations moyenne mensuelles des stations d'étude (1988-2010)

Mois	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D
SMM	18.86	<u>13.88</u>	<u>14.84</u>	21.34	25.29	8.95	<u>3.98</u>	7.87	<u>26.61</u>	24.60	19.32	19.67
OK	20,92	<u>15,40</u>	<u>16,46</u>	23,67	28,05	9,93	<u>4,41</u>	8,73	<u>29,51</u>	27,29	21,43	21,82
OAG	22,48	<u>16,54</u>	<u>17,69</u>	25,44	30,15	10,67	<u>4,74</u>	9,38	<u>31,72</u>	29,32	23,03	23,45

SMM :Station météorologique de M'sila, OK : Oued Ksob (Barrage), OAG : Ouled Adi Lagbala

Les données montrent des valeurs mensuelles très variables avec un minimum en juillet 3.98, 4.41 et 4.74 dans la station météorologique de M'sila, la station de Oued Ksob et la station de Ouled Adi Lagbala respectivement le maximum est enregistré au mois de septembre (26.61 mm à la station météorologique). Les mois de février et mars présentent des valeurs relatives faibles (Figure n°21).

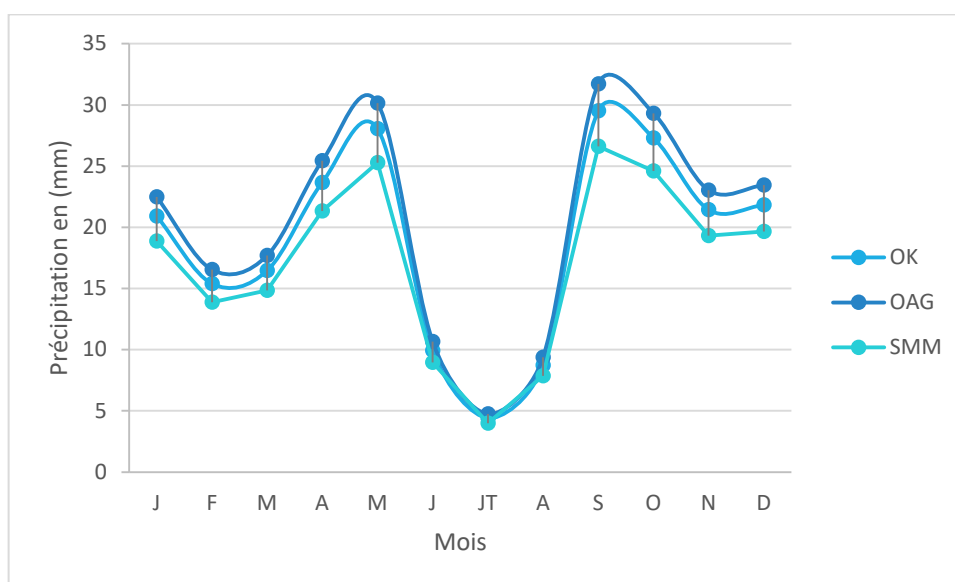


Figure 21: Précipitations moyennes mensuelles des stations d'étude (1988-2010)

SMM : Station météorologique de M'sila, **OK** : Oued Ksob (Barrage), **OAG** : Ouled Adi Lagbala

Les précipitations saisonnières sont calculées à l'aide des valeurs mensuelles elles sont cosignées dans le (Tableau n°5)

Tableau 6 : Le régime saisonnier des précipitations des stations d'étude

saison	Hiver	printemps	Eté	Automne	total	Indicatif saisonnier
Station météorologique de M'sila (1988-2010)						
SMM	52,41	61,47	20,8	70,53	205,21	A.P.H.E
La zone d'étude El Haourane						
OK	58,14	68,18	23,07	78,23	227,62	A.P.H.E
OAG	62,47	73,28	24,79	84,07	244,61	A.P.H.E

SMM :Station météorologique de M'sila, OK : Oued Ksob (Barrage), OAG : Ouled Adi Lagbala

Les valeurs montre que la saison la plus pluvieuse est l'automne avec plus de 70mm pour la station météorologique de M'sila suivie de la saison de printemps puis de l'hiver et enfin l'été (Figure n°22). Le régime des précipitations est saisonnier de type A.P.H.E.

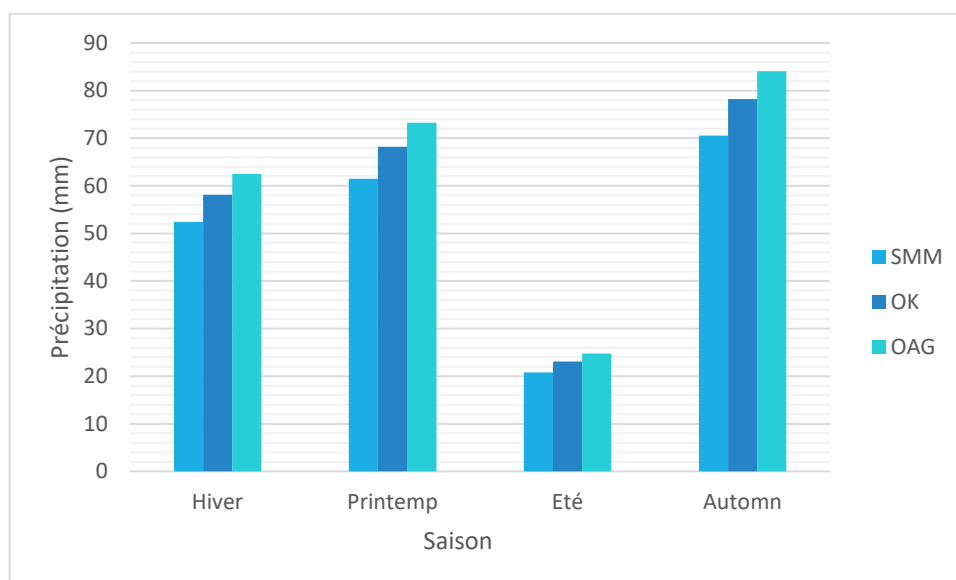


Figure 22: Le régime saisonnier des précipitations des stations d'étude

2.6.2. Température

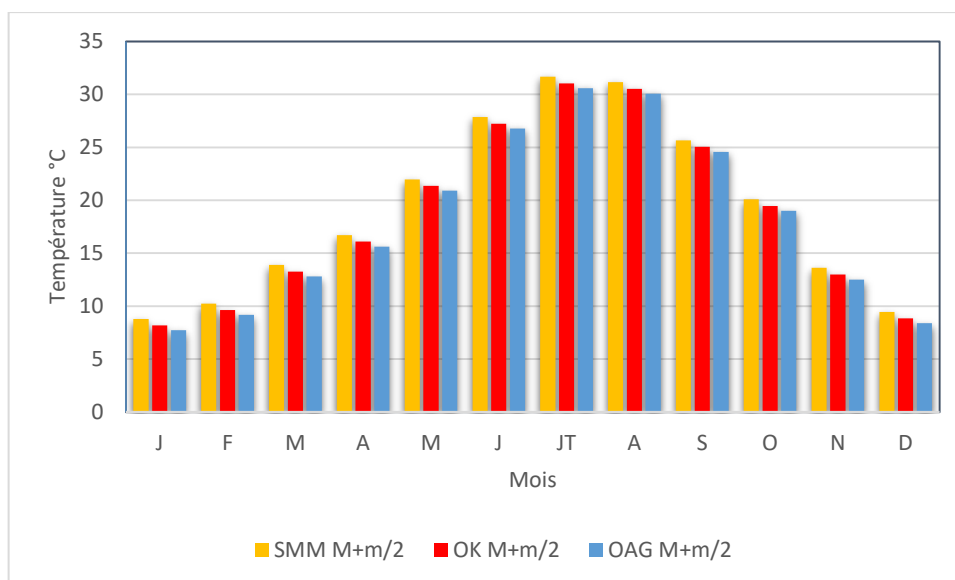
La température représente un facteur limitant de première importance car elle conditionne la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (RAMADE, 2003). Les données de température des stations figurent dans le tableau n°7.

Tableau 7 : Les températures moyennes mensuelles maximales et minimales (1988-2010)

Mois	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D	Moy
Station météorologique de M'sila (1988-2010) à 441m d'altitude													
T.min	3,60	4,32	7,61	10,42	15,97	20,92	24,51	24,15	19,21	14,46	8,32	4,62	13,18
T.max	14,0	16,18	20,17	23,01	27,99	34,78	38,82	38,15	32,12	25,72	18,89	14,30	25,34
M+m/2	8,80	10,25	13,89	16,72	21,98	27,85	31,67	31,15	25,67	20,09	13,61	9,46	19,26
La zone d'étude Oued Ksob (Barrage)													
T.min	3,15	3,87	7,16	9,97	15,52	20,47	24,06	23,70	18,76	14,01	7,87	4,17	12,73
T.max	13,22	15,40	19,39	22,23	27,21	34,00	38,04	37,37	31,34	24,94	18,11	13,52	24,56
M+m/2	8,18	9,63	13,27	16,10	21,36	27,23	31,05	30,53	25,05	19,47	12,99	8,84	18,64
La zone d'étude Ouled Adi Lagbala													
T.min	2,81	3,53	6,82	9,63	15,18	20,13	23,72	23,36	18,42	13,67	7,53	3,83	12,39
T.max	12,62	14,8	18,79	21,63	26,61	33,40	37,44	36,77	30,74	24,34	17,51	12,92	23,96
M+m/2	7,72	9,17	12,81	15,63	20,90	26,77	30,58	30,07	24,58	19,01	12,52	8,38	18,18

T.min : moyenne des minimas T.max : moyenne des maximas (M+m)/2 : moyenne

Les valeurs montrent des températures moyennes annuelles de 19.26°C pour la station de M'sila (et les stations de Nouara, et M'tarpha) 18.64°C pour la station de Oued Ksob et 18.18°C dans la station de Ouled Adi Lagbala. Pour nos stations le mois le plus froid est janvier et le plus chaud est juillet. (Figure n°21)



SMM : Station météorologique de M'sila (Nouara et M'tarpha), OK : Oued Ksob, OAG : Ouled Adi Lagbala

Figure 23: Températures moyennes mensuelles des stations d'étude

2.6.3. Le vent

Le vent a une action directe ou indirecte sur les êtres vivants, en modifiant la température et l'humidité ambiante. Il consiste en certains biotopes un facteur écologique limitant (RAMADE ; 2003)

Le vent est un facteur important du climat, il influe sur la température, l'humidité et l'évaporation. La direction, la fréquence et la vitesse de vents sont variable au cours de l'année.

Tableau 8: Moyennes mensuelles des vitesses de vent

mois	J	F	M	A	M	J	JU	A	S	O	N	D
Vitesse du vent (m/s)	3.58	3.7	4.02	4.07	4.05	4.17	4.74	9.24	7.71	4.56	4.5	3.9

Source : Station météorologique de M'sila (1998 à 2014)

Nous constatons que la vitesse du vent la plus forte est enregistrée dans les mois d'aout et de septembre avec des vitesses respectives de 9.24 et 7.71 (m/s) (Tableau n°8) le minimum est enregistré au mois de janvier.

2.6.4. L'humidité de l'air :

L'humidité est définie comme le rapport entre la quantité de vapeur d'eau contenue dans un volume d'air à une température donnée et la quantité maximal que ce même volume est capable de contenir à la même température (humidité à saturation). Elle est exprimée en pourcentage.

Tableau 9 : Humidité moyenne mensuelle de l'air de la zone d'étude (1988-2014).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jua	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
H(%)	82.2	76.6	68.6	62.9	51.8	43	34.6	38.6	54.4	64.1	77.5	83.4

Source (station météorologique de m'sila (1988–2014) H : Humidité relative de l'air

Les valeurs du tableau n°9 indiquent que le mois le plus sec est juillet avec 34.6% est les mois les plus humides sont décembre avec 83.4 % et janvier avec 83.2%.

2.5. Synthèse climatique

2.5.1. Le Diagramme ombrothermique de BANGOULS ET GAUSSEN

Des nombreux auteurs ont proposé diverses formules pour caractériser la saison sèche, qui joue un rôle capital dans la distribution de la végétation, notamment par sa durée et son intensité selon BANGOULS ET GAUSSEN, un mois est dit sec, si le total mensuel

des précipitations exprimé en mm, est égal ou supérieur ou double de la température moyenne, exprimé en degré centigrades ($P \geq 2T$).

Le mois où la courbe des précipitations dépasse celle des températures cela indique une période humide, et le mois où la courbe des températures dépasse celle de la pluviométrie, cela indique la période sèche (GOMEZ, 2004).

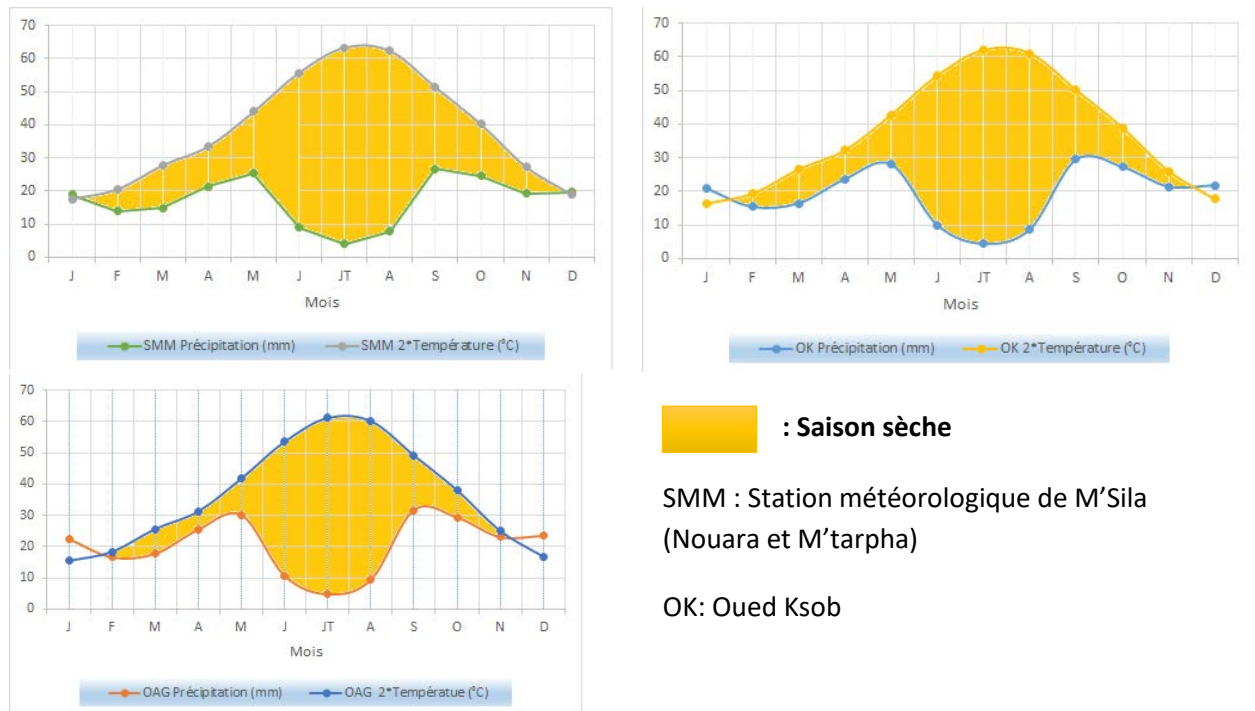


Figure 24: Les diagrammes ombrothermique de Bagnoul et Gaussen des stations d'étude

Selon les diagrammes ombrothermiques de notre zone d'étude montrent que les stations d'étude de M'tarpha et Nouara présentent la saison sèche les plus longs 11 mois, celle de Oued Ksob de 10 mois et enfin la station de Ouled Adi Lagbala avec une saison sèche de 9,5 mois (Figure n°24).

2.5.2. Climagramme d'Emberger

EMBERGER a défini les étages bioclimatiques en se basent sur les sur les deux facteurs : le quotient pluviométrique Q_2 et la température du mois le plus froid m.

D'après EMBERGER (1954), montre que le climat peut être exprimé par un quotient qui est calculé par les formules suivantes :

$$Q_2 = \frac{2000P}{(M-m)^2}$$

En appliquant la formule suivante élaborée par (Stewart 1969) pour l'Algérie et le Maroc, soit :

$$Q2=3.43 (p/M-m)$$

Q2 : Quotient pluviométrique d'EMBERGER

P : précipitation annuelle en mm

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud en kelvin ($^{\circ}\text{C}+273$)

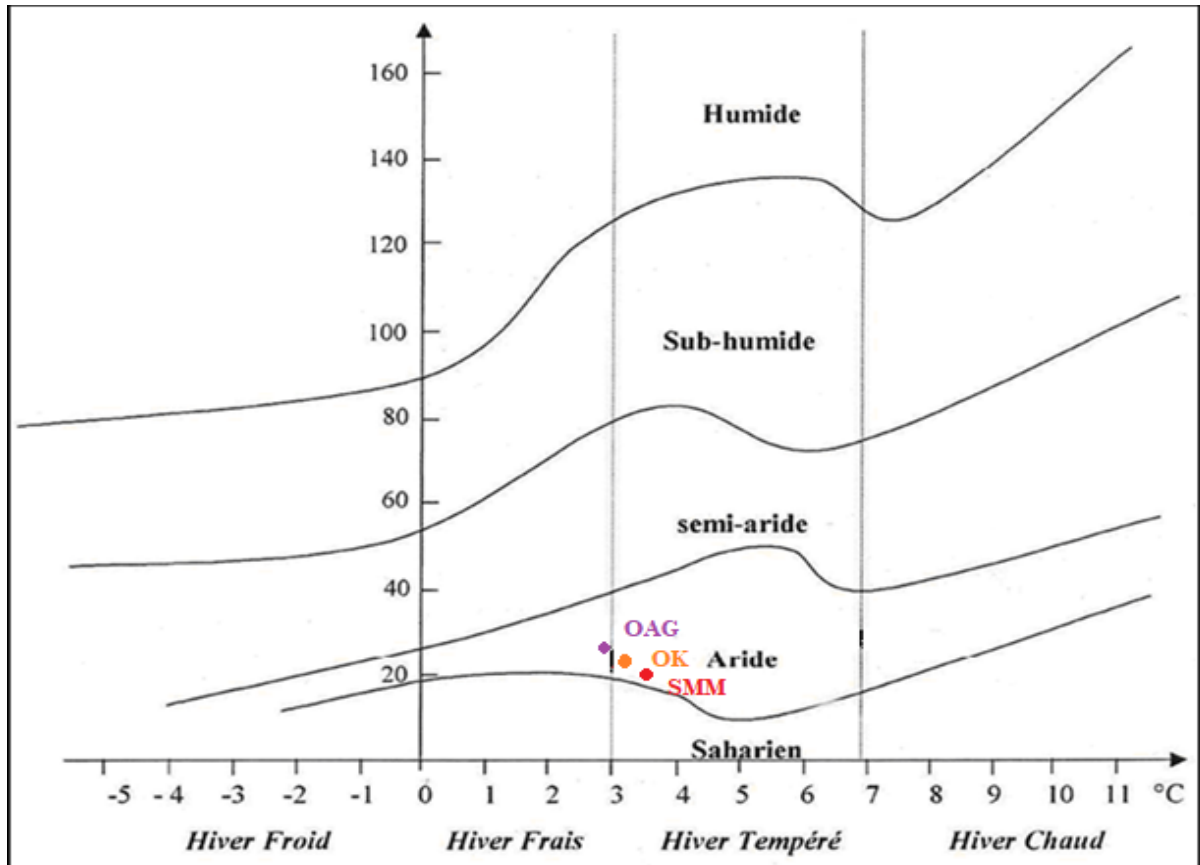
m : moyenne des minima du mois le plus froide en kelvin ($^{\circ}\text{C}+273$)

Tableau 10 : Quotient pluviométrique d'Emberger

Station	P (mm)	M°K	M°K	Q2
M'sila	205,21	311,82	276,6	19,98
Oued Ksob	227,62	311,04	276,15	22,38
Ouled Adi Lagbala	244,61	310,44	275,81	24,23

Après application de cette formule on trouve que le quotient pluviométrique varie de 19.98 à la station météorologique de M'sila à 24.23 à la station de Ouled Adi Lagbala notant une décroissance de l'aridité (Tableau n°10)

Selon le climagramme d'EMBERGER, on constate que l'ensemble des stations d'étude appartiennent à l'étage bioclimatique aride avec un hiver tempéré, excepté la station de Ouled Adi Lagbala qui appartient au même étage mais à hiver frais (Figure n°25)



SMM : Station météorologique de M'sila (Nouara et M'tarpha), OK : Oued Ksob, OAG : Ouled Adi Lagbala

Figure 25: Situation des Stations d'étude dans le climagramme d'EMBERGER

CHAPITRE III: Matériel et méthodes

Chapitre III Matériel et méthodes

1. L'analyse nématologique

1.1. L'échantillonnage du sol

La période de l'échantillonnage s'est étalée du mois de Février jusqu'à la fin du mois de Mars. Le choix des parcelles au niveau des quatre stations a été fait selon les critères suivants :

- La pratique de la céréaliculture pendant ou mois 5 ans consécutifs ;
- La délimitation des parcelles a été réalisée selon l'homogénéité de la parcelle (couleur du sol, la texture, présence ou absence de calcaire

1.1.1. Méthodes d'échantillonnage

Les nématodes sont rarement distribués de manière régulière dans les champs, en conséquence l'échantillonnage doit s'effectuer en plusieurs parties du champ, formant ainsi un échantillon global.

Cette méthode décrite par LUC M. et MERNY G., 1963- consiste à prélever des échantillons élémentaires selon les deux diagonales de la parcelle délimitée, dans la couche du sol allant de 10 à 30 cm de profondeur (environ 100 g de sol par échantillon élémentaire et 40 prises par parcelle selon sa superficie). Ces derniers vont être réunis en un seul échantillon global représentatif d'environ 2 kg. (Coyne et al., 2010)

Cette méthode a été adoptée pour les parcelles à sol nu ou cultivées. Si ces parcelles présentent des plages qui comportent des plans chétifs, mal développés ou ayant un symptôme maladif, l'échantillonnage est concentré à ce niveau. Dans ce cas où le sol est cultivé, l'échantillon élémentaire est pris au voisinage des racines.

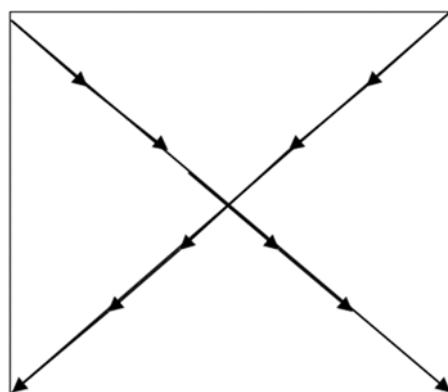


Figure 26: schéma des prélèvements des échantillons

A l'aide d'une tarière, Les échantillons sont prélevés et sont mis dans des sacs en plastique juste après le prélèvement. On note la date d'échantillonnage, le lieu, le numéro de la

Chapitre III Matériel et méthodes

parcelle ainsi que toutes les informations possibles concernant la parcelle (la variété cultivée, type d'irrigation, précédent cultural...etc.).

Tableau 11: Historique et données culturelles des stations d'études

Les régions	Nouara	Barrage	M'tarf	L'Ouled Adi Lagbala
Rotation	Orge, Blé, Jachère	Orge, Jachère	Orge, blé, Jachère	Blé, orge
Variétés	Mohamed El Bachir	Mohamed El Bachir	inconnue	inconnue
Type de labour	Superficiel et profond	Superficiel	superficiel	Superficiel
Les engrais	Minéral (urée 46) Et fumier	Minéral (urée 46) Et fumier	fumier	Pas d'apport
Type d'irrigation	Gravitaire	Gravitaire	Gravitaire	Gravitaire
Période d'échantillonnage	11 /12/2018	25/ 12/ 2018	15/ 01/2019	20/02/2019



Figure 27: L'échantillon global (original)

1.2. Le séchage

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 homogénéisé et pesé (1kg par échantillon et par répétition), emballé dans des sacs étiquetés, afin de procéder à l'extraction des kystes. (Figure n° 28)



Figure 28: Séchage (Original)

1.3. L'extraction des kystes

L'extraction est effectuée sur 1kg de sol en prévoyant 3 répétitions par parcelle. La technique employée pour séparer les kystes du sol est celle décrite par (FENWICK, 1940). (Figure n°29)



1. Collerette de récupération
2. Corps de l'appareil
3. Tamis 2 mm
4. Passoire

Figure 29: Appareil FENWICK (original)

1.3.1. Matériel

Appareil de FENWICK ;	Tamis de 250 μm ;
Passoire ;	Des entonnoirs portés par des Erlenmeyer ;
Papiers de filtre ;	Boîtes de Pétri ;
Pissette ;	Loupe binoculaire ;
Pinceau très, étiquettes et crayon.	

1.3.2. Principe

La méthode de FENWICK est basée sur la différence de densité du kyste sec par rapport à celle de l'eau. Les kystes secs (pleins ou vides) ont une densité inférieure à 1 ce qui leur

Chapitre III Matériel et méthodes

permet de flotter à la surface de l'eau et sont facilement récupérés, alors que les particules de sol sédimentent au fond de l'appareil.

1.3.3. Mode opératoire

- Un 1kg de sol sec est placé dans la passoire ;
- Un jet d'eau est entrainé 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 μ m.
- A l'aide d'une pissette, la fraction retenue sur le tamis est récupérée sur papier filtre ;
- L'échantillon récupéré et 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 n° 30)



Figure 30: Les principales étapes de l'extraction des kystes (original)

1.4. Estimation du taux d'infestation :

Aubert, (1987) déduit que l'indication de l'état d'infestation par le nombre totale des kystes est assez grossière et imprécise et peut être affinée en précisant le nombre de kystes

Chapitre III Matériel et méthodes

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).

1.5. Étude morphométrique des kystes d'*Heterodera sp.*

L'étude biométrique des kystes est d'une grande importance puisqu'elle contribue à l'identification préliminaire des espèces (Baldwin et Mandou –Ocampo ,1991).

1.5.1. La morphométrie des kystes

La morphométrie est une étape nécessaire pour la confirmation de l'identité de l'espèce (Handoo, 2002). Elle est basée sur la longueur et la largeur du corps concernant le kyste.

Les kystes récupérés sous la loupe binoculaire sont nettoyés et sont mis dans des tubes contenant de l'eau ordinaire pour être utilisés dans l'étude morphométrique des kystes et morphologique des cônes vulvaires.

Les mensurations ont été réalisées sur 10 kystes de chaque population. Les kystes sont déposés dans une goutte d'eau sur une lame et sont photographiés sous microscope (**Gr. X 4** ou **Gr. X 10**).

Les mensurations ont été réalisées sur ces photos en utilisant un logiciel intégré du microscope (**MOTIC IMAGE 2000**).

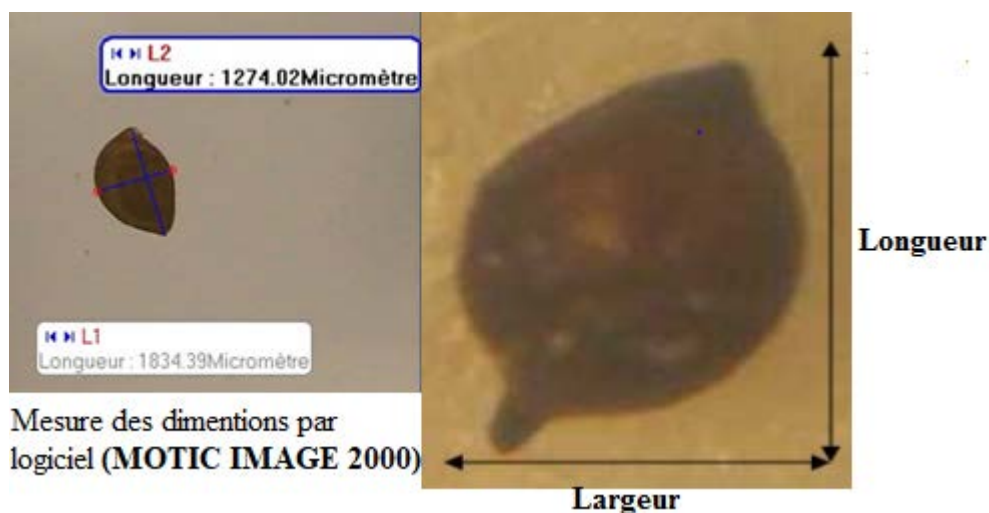


Figure 31: Les mensurations des kystes d'*Heterodera sp* (original)

1.5.2. Etude morphologique du cône vulvaire

Les principales structures prises en considération au niveau du cône vulvaire 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. (Handoo, 2002).

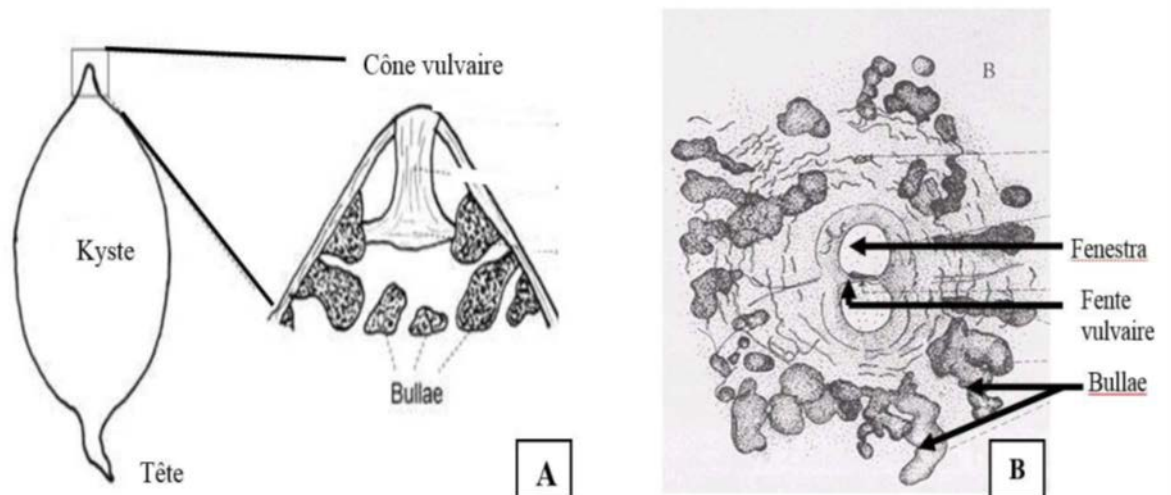


Figure 32: La morphologie détaillée du cône vulvaire du kyste d'*Heterodera* ;(A) kyste et cône vulvaire (B) coupe au niveau du cône vulvaire. (E.P.P.O, 2011)

1.2.5.1. Matériel

- Lame et lamelles ; Verres de montre ; Bistouri et pinceau très fin
- Microscope optique ; loupe binoculaire ; Eau oxygénée 30 V
- Alcool à 70° et 80° ; glycérine ; Paraffine

1.2.5.2. Mode opératoire

Nous avons suivi la méthode décrite par Hooper (1970). Les kystes secs sont trempés dans de l'eau ordinaire dans des tubes en plastiques durant au moins 24 heures avant la dissection puis ils sont nettoyés de l'extérieur à l'aide d'un pinceau sous loupe binoculaire.

Des coupes transversales sont soigneusement réalisées à l'aide d'un bistouri fin. On maintient la partie postérieure du kyste (cône vulvaire).

1.2.5.3. Le nettoyage

La coupe est vidée du reste des œufs et nettoyé sans endommager les structures associées à la vulve. 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 puis dans l'alcool 80°;
- La coupe est ensuite placée dans une goutte de glycérine (le sommet en haut) entourée de paraffine ou des cales en verre brisé de lamelle qui permet d'éviter l'écrasement du cône ;

Chapitre III Matériel et méthodes

1.2.5.4. L'identification

La préparation est ensuite délicatement recouverte d'une lamelle puis observée au microscope optique aux grossissements **X10**, **X40** puis **X100** afin d'illustrer l'anatomie du cône vulvaire.

L'identification préliminaire des espèces du groupe *Heterodera* est basée sur les structures citées précédemment du cône vulvaire et sur la forme générale de la figure périnéale. (Figure n°32)

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

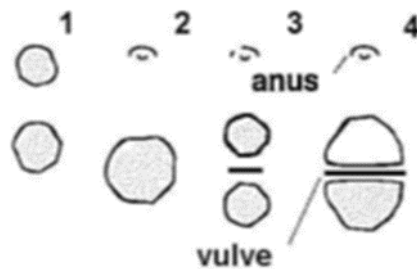


Figure 33: Les différents types de Figures périnéales des nématodes à kystes (Baldwin et al., 1991)

CHAPITRE IV :

Résultats et discussions

1. Résultats de l'analyse nématologique

1.1. L'état d'infestation des régions prospectées

Les résultats de l'état d'infestation des quatre stations étudiées à savoir Nouara, Oued Ksob, M'tarfa et Ouled Adi Lagbala sont mentionnés dans le tableau n°12:

Tableau 12:L'état d'infestation des parcelles étudiées

Zone d'étude	Parcelles	L'état de la parcelle	Nombre de kystes /kg de sol
Nouara	P1	Culture en cours (Orge)	3.66
	P2	Culture en cours (Orge)	5.33
	P3	Culture en cours (Orge)	25.66
Oued Ksob	P1	Culture en cours (Orge)	2.66
	P2	Culture en cours (Orge)	5.66
	P3	Culture en cours (Orge)	5.33
M'tarfa	P1	Culture en cours (Orge)	2.66
	P2	Culture en cours (Orge)	3.66
	P3	Culture en cours (Orge)	2
Ouled Adi Lagbala	P1	Culture en cours (Orge)	0
	P2	Culture en cours (Orge)	0
	P3	Culture en cours (Orge)	0

Nous avons constatés que 9 parcelles céréalières sur 12 prospectées sont infestées par le nématode à kyste des céréales *Heterodera sp*, soit un taux d’infestation de 75 %. Elle est exprimée en nombre de kystes / kg de sol.

Cependant l’infestation varie selon la localité et selon les parcelles. Ainsi, la région d’Ouled Adi Lagbala est exempte de kyste, on constate donc que c’est une station indemne.

Les degrés d’infestation enregistrés passent de 2 kystes / kg de sol dans la région de M’tarfa à 25.66 Kystes /kg de sol dans la région de Nouara. Les résultats mentionnés dans le tableau n°12 et sur la figure n°34 dévoile que presque la totalité des parcelles est faiblement infestées avec des taux inférieurs à 6 kystes / Kg de sol. La parcelle P3 dans la région de Nouara fait l’exception avec un taux d’infestation moyen de 25.66 Kystes/ Kg de sol.

En considérant que le kyste peut contenir plus de 600 œufs (Siddiqui, 2000), le degré d’infestation noté dans la région de Nouara au niveau de la parcelle P3 peut être qualifié d’élevés et peuvent avoir une incidence sur les rendements.

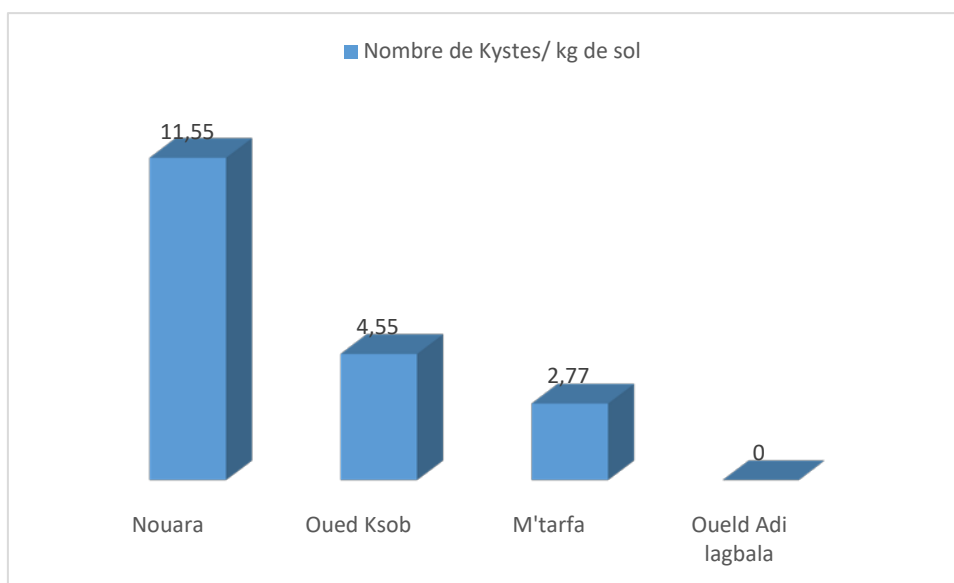


Figure 34: Variation des taux d’infestation par les kystes d’*Heterodera sp* selon les stations

L’étude de la répartition des kystes pleins et des kystes vides dans les parcelles infestées a révélé les résultats mentionnés dans le tableau n°13 et sur la figure n°35.

Tableau 13: Les taux d’infestation moyens exprimés en kystes pleins et vides dans les parcelles infestées.

	Kystes pleins/kg de sol	Kystes vides/ kg de sol	Kystes Totaux/kg de sol
Oued Ksob	1,44	3,11	4,55
Nouara	8,56	3,11	11,55
M'tarfa	0,00	2,78	2,77

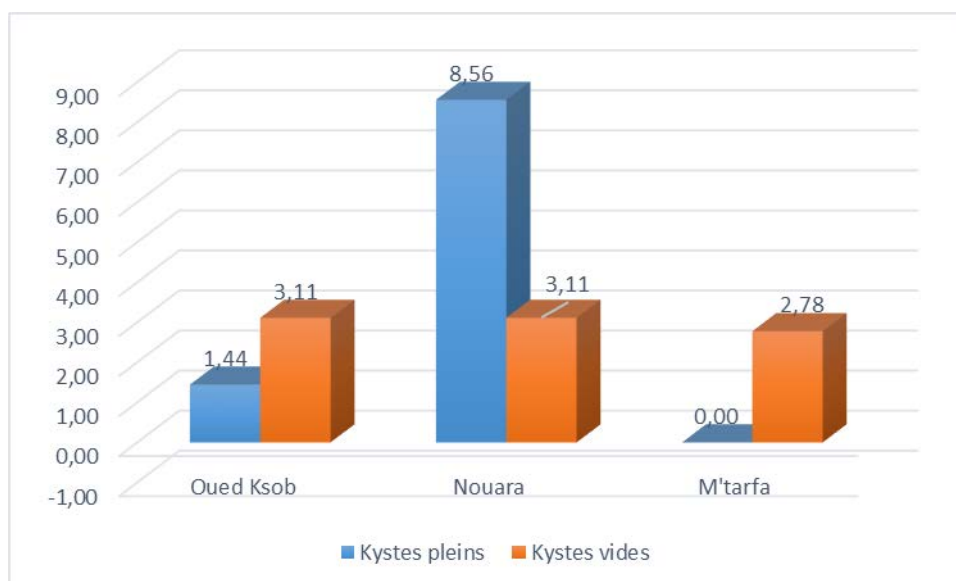


Figure 35: La répartition des kystes vides et pleins dans les parcelles infestées.

De ces résultats nous pouvons constater que dans les parcelles infestées de la région Nouara, le nombre moyens des kystes pleins est assez élevé en comparaison avec le nombre moyens des kystes vides. Alors que dans les deux autres stations (M'tarfa et Oued Ksob) le nombre moyens des kystes vides est supérieur à celui des kystes pleins.

1.1.1. L'analyse de la variance

L'analyse de la variance montre l'existence de différences hautement significatives ($P=0,003$) entre les différentes stations à savoir Ouled Adi Lagbala, Oued Ksob, Mtarfa et Nouara et nonsignificatives entre les parcelles ($P=0,38$). Le même résultat a été constaté par Hirane et Rahmouni 2016, cela confirme l'homogénéité des parcelles choisies durant l'échantillonnage. (Tableau n° 14)

Tableau 14: Test de signification multivariable

	Test	Value	F	Effect - df	Error - df	p
Station	Wilks	0,537561	3,639113	6	60	0,003809
Parcelle	Wilks	0,871778	1,065281	4	60	0,381641

L'analyse de la variance à deux facteurs liés aux kystes montre des différences significatives concernant les kystes pleins et les kystes totaux, Alors qu'elle n'est pas significative vis à vis les kystes vides. Hirane et Rahmouni, 2016 ont enregistré le même résultat. (Tableau n°15)

Tableau 15: Analyse de la variance à deux facteurs au seuil de 5%

	ddl	SC	MC	F	P
Kystes pleins	3	452,5556	150,8519	4,35037	0,01140
Kystes vides	3	61,41667	20,47222	1,97451	0,13830
Kystes totaux	3	668,9722	222,9907	3,21393	0,03631

1.1.2. Test de NEWMAN KEULS

Dans le but de comparer les moyennes et désigner les groupes homogènes, l’analyse de la variance a été complétée par le test de Newman-Keuls. Ce test fait apparaître deux groupes homogènes. Le groupe 1 inclut trois stations à savoir Ouled Adi Lagbala, M’tarfa et Oued Ksob. Le groupe 2 inclut seulement la station de Nouara avec une moyenne de 8,66 Kystes pleins /Kg de sol. (Tableau n°16)

Tableau 16: Test de Newman Keuls

Stations	Kystes pleins moyenne	1	2
Ouled Adi Lagbala	0	****	
M'tarfa	0	****	
Oued Ksob	1,444444	****	
Nouara	8,555556		****

1.1.3. Discussion

Malgré la pratique de la céréaliculture pendant plusieurs années (Blé, Orge, jachère) dans ces stations, notre étude dévoile l’absence du nématode à kyste dans la station Ouled Adi Lagbala (cultivée en orge) et enregistre des taux d’infestation faibles à moyens dans les autres stations. Cela confirme la présence de ce parasite dans les zones arides et confirme sa distribution hétérogène ou par foyer.

A cette déduction s’ajoute celle de Smiley et al. En 2005 qui notent que la distribution d’*H. Avenae* touche actuellement les champs céréaliers des zones arides et des zones les plus humides. Aussi Meagher, 1977 signale que le nématode *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.

Selon les travaux de Righi, 2016 effectuées au niveau des régions de l’ouest algérien, le nématode à kyste des céréales a une grande capacité d’adaptation écologique. Il s’étale depuis les régions du littoral jusqu’ aux régions désertiques, son extension suit celle des graminées cultivées ou spontanées. Cette extension est liée aussi aux pratiques culturales inadéquates qui permettent sa pullulation.

Etant donné que ce nématode peut provoquer de graves pertes de rendement même avec des densités très faibles (2L₂/ g de sol), les taux d'infestation que ce soit faibles ou moyens restent des taux inquiétants. (Meagher et Brown, 1974; Shiabova, 1982; Ibrahim *et al.*, 1999 In Righi, 2016; Smiley *et al.*, 1994 ;)

En effet, Smiley et Yan (2010) rapportent que la baisse des rendements de blé peut se produire lorsque le nombre d'œufs et de larves d'*H. avenae* contenus dans les kystes et dans le sol dépasse cinq nématodes par gramme de sol.

Nos résultats montrent que le nombre des kystes pleins dans les deux stations M'tarfa (0) et Oued Ksob (1,44) est moins important que celui des kystes vides (2,78), (3,11) respectivement (M'tarfa, Oued Ksob). On peut déduire alors qu'il y'a une émergence larvaire plus importante dans ces deux stations.

Au cours de cette étude, effectuée sur des parcelles cultivées, nous avons constaté que la moyenne des kystes pleins est plus importante dans la région de Nouara (8,11 kystes pleins / Kg de sol) en comparaison avec les deux stations M'tarfa et Oued Ksob (0 kystes pleins / Kg de sol et 3,11 Kystes pleins /kg de sol).

Ce résultat peut être expliqué par la période d'échantillonnage et la phase végétative de la culture à ce moment. En effet, l'échantillonnage dans la région de Nouara est réalisé au stade plantule de la culture (début de l'apparition des plantules), alors que dans les deux autres stations l'échantillonnage est effectué au stade tallage ou fin tallage. Alors nous pouvons déduire que les kystes récoltés dans cette station sont des kystes anciens (culture précédente).

Les travaux de Smaha et al. 2014 et de Righi, 2016 sur le schéma d'éclosion de quelques populations dévoilent que pour la majorité des populations étudiées l'émergence des larves se produit durant la période hivernale, débutant en octobre ou novembre et se terminant en avril. De cela, nous pouvons déduire qu'il y'a une activité d'éclosion ou d'émergence larvaire hivernale dans les deux stations (M'tarfa et Oued Ksob), mais afin d'avoir une idée comparative et bien précise entre les différentes populations, nous suggérons que cette partie soit développée ultérieurement par d'autres travaux.

Les mêmes travaux indiquent que les populations étudiées présentent des schémas d'éclosion typiques de l'écotype de *H. avenae* du sud de l'Europe, avec l'émergence de juvéniles en hiver et une diapause été-automne.

1.2 Description morphologique des kystes

La morphologie des kystes n'est pas variable entre les stations, mais une grande variabilité a été notée au sein de la même population.

1.2.1. La forme

Les kystes provenant des trois régions varie du citriformes, ovoïdes allongés, et parfois globuleux (Figure n°36)

1.2.2. La couleur

Le brun-clair prédomine chez la plupart des kystes des 3 populations mais, un nombre important se caractérise par une couleur noirâtre qui correspond à des kystes anciens ou colonisés par des spores de champignons.

1.2.3. 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.

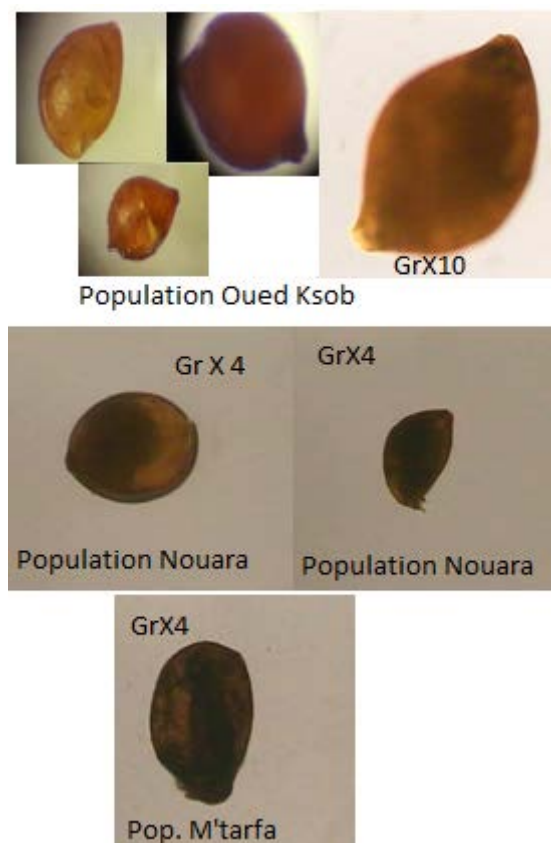


Figure 36: Différentes formes des kystes d'*Heterodera* sp.

Au cours de notre travail, nous avons observé que plusieurs kystes récoltés dans cette station sont attaqués par un champignon ovicide, chose qui nous a empêchés de réaliser des coupes pour une identification ultérieure.

Cependant, Righi, 2016 constate que les œufs dans les anciens kystes peuvent être attaqués par de nombreux parasites (Champignons, bactéries) agissant ainsi sur l'émergence larvaire. (Figure n°37,38)

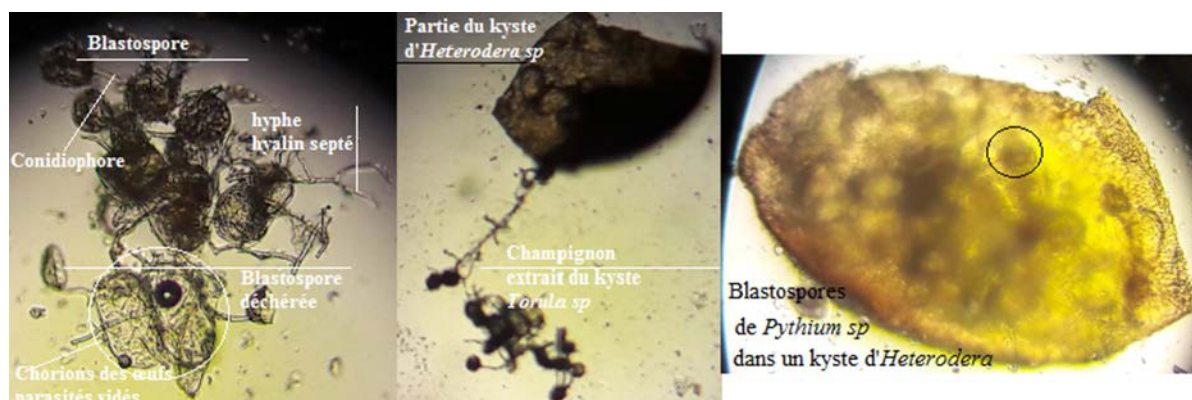


Figure 37: Œufs et Kyste d'*Heterodera* parasité par un champignon du genre *Pythium* (Original)



Figure 38: Anciens kystes d'*Heterodera* sp. Infectés (Original)

1.3. La morphométrie des Kystes d'*Heterodera* sp

Les résultats relatifs aux mensurations des kystes (Longueur / Largeur) des quatre populations sont représentés dans le tableau n°17.

Les valeurs de la longueur des kystes, varient entre 187,23 μm et 280,4 μm . Concernant la largeur des kystes, les valeurs oscillent entre 129,02 μm et 182,54 μm .

Tableau 17: Résultats des mensurations des kystes d'*Heterodera* sp (longueur/ largeur μm)

Populations	Longueur (μm) (Min – Max) Moy.	Largeur (μm) (Min – Max) Moy.
Oued Ksob	(158,8 – 223,9) 199,31	(119,4 – 175,8) 141,38
Nouara	(146,5 – 227,5) 187,23	(97,6 – 173,3) 129,02
M'tarpha	(238,5 – 330,5) 280,4	(142,4 – 249,5) 182,54

La figure n° 39 montre que la population de M'tarfa semble être la plus longue (280,4 μm) et la plus large (182,544 μm) suivie de celle de Oued Ksob avec une longueur moyenne

de (199,3 μm) et une largeur de (141,38 μm) et enfin la population de Nouara avec une longueur moyenne de (187,38 μm) et une largeur de (129,02 μm).

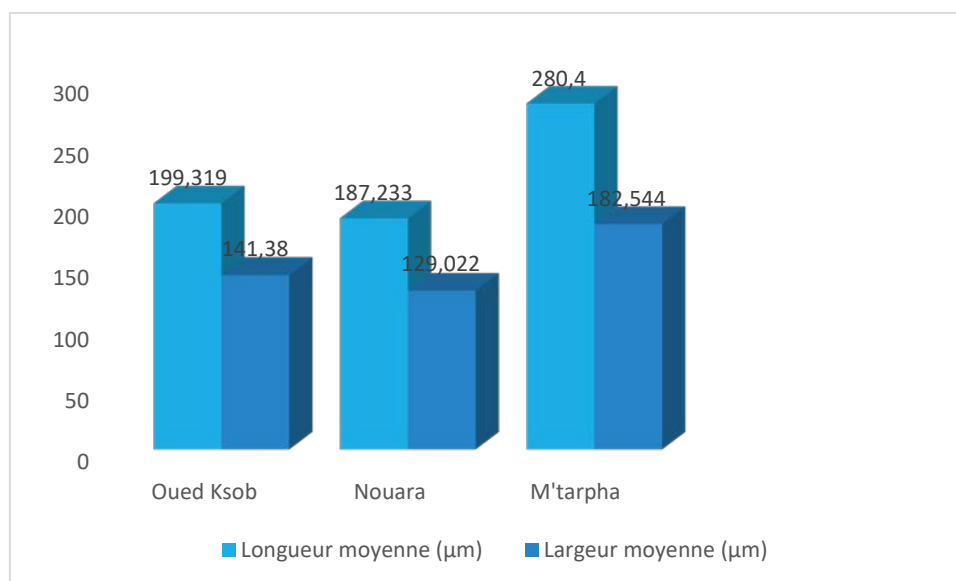


Figure 39: Variation des longueurs et des largeurs en fonction des régions

1.3.1. L'analyse de la variance

Les résultats de l'analyse ANOVA à deux facteurs (Longueur, largeur) révèlent une différence hautement significative entre les différentes populations et non significative entre les parcelles. (Tableau n°18)

Tableau 18: Test de signification multivariables (longueur / largeur)

	Test	Value	F	Effect	Error	p
Intercept	Wilks	0,015029	950,3260	2	29	0,000000
Station	Wilks	0,037434	40,2957	6	58	0,000000
Parcelle	Wilks	0,956007	0,3299	4	58	0,856781

1.3.2. Test de Newman Keuls à 5%

L'analyse de la variance a été complétée par le test de Newman-Keuls à 5% dont le but est de comparer les moyennes des largeurs et des longueurs afin de désigner les groupes homogènes. Les résultats du test sont consignés dans le tableau n°19.

Tableau 19: Résultats du test de Newman-Keuls à 5%

Station	1	2
Nouara	****	
Oued Ksob	****	
M'tarpha		****

Ce test fait apparaître deux groupes homogènes selon la largeur et la longueur moyenne des kystes. Le groupe 1 inclut deux stations à savoir Nouara et Oued Ksob; la population de M'tarfa constitue le groupe 2.

1.3.3. Discussion

Les résultats morphométriques des kystes des populations étudiées semblent différents aux résultats décelés par Hirane et Rahmouni, 2016. En comparaison avec les populations méditerranéennes, nous constatons que les tailles des kystes de nos populations ne se rapprochent pas des résultats enregistrés par Hammroun, 2006, Haddadi, 2015 et Righi, 2016. Cette constatation peut confirmer la multitude et la variabilité morphométrique des kystes d'une région à l'autre.

Les variations des différents paramètres de taille des kystes ont été enregistrées par de nombreux auteurs sur des populations de différentes régions (Européennes, Asiatiques, Américaines et Africaines). La taille des kystes est étroitement liée à l'espèce, à la plante hôte, et aux conditions agro-écologiques et géographiques. Cette variabilité existe même entre les différents individus (écotype ou biotype) de la même espèce.

De même, 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 entre différentes populations d'*Heterodera avenae*. Le même résultat est constaté au cours des travaux de Handoo, 2002 et Subbottin et al., 2003.

1.4. Etude morphologique du cône vulvaire

Sur la base des caractéristiques morphologiques des populations étudiées (morphologie des kystes, la structure du cône vulvaire), une identification préliminaire a décelé la présence de six espèces à savoir ; *Heterodera sp* dans la station M'tarfa ; *Heterodera filipjevi* dans la station Nouara et Oued Ksob.

En effet, l'identité de certaines espèces demeure indéterminée vu que l'observation microscopique des cônes vulvaires ne met pas au clair la totalité des paramètres à examiner et par conséquent l'impossibilité de se prononcer sur l'identification de l'espèce. La micrographie des espèces est illustrée dans les figures n°40 ; 41.

Au cours de cette étude, nous avons décelé la présence de plusieurs kystes infestés par une espèce de champignon parasite du genre *Pythium sp*. Cette infection a touché des kystes nouveaux et des kystes anciens ce qui a rendu difficile leurs nettoyage et par conséquent l'observation microscopique de la structure du cône vulvaire. (Figure n° 37 ; 38)

Mulvey (1972) fut le premier à établir une clé d'identification des nématodes à kyste sur la base de la forme des kystes et du cône vulvaire ainsi que la structure de ce dernier. En se basant sur cette dernière, ces espèces ont été réparties en cinq groupes (Tableau n°20).

Tableau 20: Répartition des espèces identifiées par Groupe

Groupe 3 : <i>avenae</i>
<i>Heterodera filipjevi</i>
<i>Heterodera sp</i>

Heterodera filipjevi : La longueur moyenne du kyste est de 690 µm (490–830); la structure du cône vulvaire se caractérise par la présence du bullae et du sous-pont, la longueur de fentevulvaire est de 7 µm (6–8). (Mulvey et al., 1983)

Notre étude ne montre pas la dominance d'une espèce par rapport à l'autre dans les trois stations, de ce fait, des études plus localisées et plus approfondies doivent être réalisées au futur.

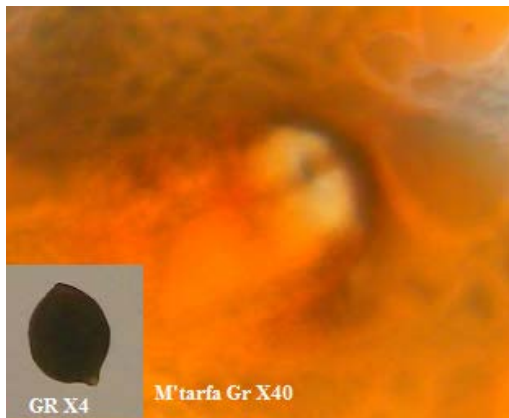


Figure 40: *Heterodera sp* (Original)



Figure 41:(A) *Heterodera filipjevi* (Original)

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce travail a été réalisé dans le but de rassembler des données préliminaires concernant la répartition des nématodes à kystes des céréales dans la région de M'sila peu étudiée en dépit de la présence de cette culture soit en plein champ ou en tant que culture intercalaire.

De ce fait des prospections ont été faites dans plusieurs stations dans la région de M'sila à savoir ; M'tarfa ; Oued Ksob ; Nouara et Ouled Adi lagbala. Parmi les 12 parcelles prospectées, 9 parcelles céréalières sont infestées par les nématodes à kyste *Heterodera sp.* soit un taux d'infestation de 75 %.

Cependant l'infestation varie selon la localité et selon les parcelles. Ainsi, la région d'Ouled Adi Lagbala est exempte de kyste, on constate donc que c'est une station indemne.

Les degrés d'infestation enregistrés passent de 2 kystes / kg de sol dans la région de M'tarfa à 25.66 Kystes /kg de sol dans la région de Nouara. Ces résultats dévoile que presque la totalité des parcelles est faiblement infestées avec des taux inférieurs à 6 kystes / Kg de sol. La parcelle P3 dans la région de Nouara fait l'exception avec un taux d'infestation moyen de 25.66 Kystes/ Kg de sol.

L'étude morphométrique des kystes a révélé l'existence de variabilité entre les populations avec des différences significatives entre les stations et non pas au sein de la même population.

L'étude morphologique des kystes a révélé l'existence de plusieurs espèces appartenant au groupe *avenae* à savoir *Heterodera filipjevi* et *Heterodera sp* réparties respectivement dans la station de Oued Ksob, de Nouara et de M'tarfa.

L'étude biométrique des kystes de quelques populations d'*Heterodera sp.* révèle une diversité morphologique chez ces nématodes. En effet, les kystes de M'tarfa (280,4 µm) ont la plus grande taille, suivis par ceux de Oued Ksob (199,3 µm) et enfin la population de Nouara (187,38 µm)

Nous tenons à signaler que certains kystes appartenant aux différentes populations sont infectés et entièrement détruits par une attaque fongique due à *Pythium sp.*

Au terme de ce travail, nous concluons que l'ensemble des résultats nous permet d'orienter les agriculteurs au bon choix des cultures à mettre en place afin de maintenir ce niveau d'infestation bas. Ils nous permettent aussi de mettre l'accent dans des études ultérieures sur d'autres paramètres tel que :

➤ La caractérisation morphologique et morphométrique de ces populations et l'usage des techniques moléculaires afin de confirmer l'identité de ces espèces ;

Conclusion générale

- L'étude approfondie du cycle de développement de ces espèces dans le but d'approfondir les connaissances sur les relations avec leur biotope (Sol, climat, végétation) ;
- L'étude de la microflore fongique locale qui représente une voie prometteuse pour l'agriculture biologique, son pouvoir d'antagoniste, ses toxines et son efficacité ;
- La réalisation d'autres prospections dans d'autres zones pour tracer des cartes de distribution de ces espèces dans la région de M'sila.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. **AIDOU D. TNEJRAOUI D., (1992)**- The steppes of alfa (*Stipatenacissima*L) and their utilization by sheep. **In** Plant animal interactions in Mediterrean-type ecosystems .MEDECOS VI, Grèce. pp 62-67
2. **ANDERSON S., 1968.** Variation in infection ability of *Heterodera avenae*. Rev. Nematologica, Vol. 11, pp. 121-124, London.
3. Anonyme (1984) - Agence Nationale des Ressources Hydrauliques. A.N.R.H, P.
4. Anonyme, L'année - Climate", Geographical Review. Vol 38. pp. 55-94.
5. **ANONYME, 2004**- Inventaire myrmécologique de la réserve naturelle volontaire trésor. Rapport de mission 10 au 25 janvier 2004, PP13-15.
6. **ANONYME, 2005.**Céréales du monde. Fiche animation. Service jeunes publics agropolis-muséum, 7page.
7. **ANONYME, 1998**- Inventaire myrmécologique de la réserve naturelle volontaire Trésor. Rapport de mission 10 au 25 janvier 2004, PP15-19.
8. **ANONYME, 2008 a**- Agriculture, échanges et environnement. Le secteur des grandes cultures. Ed. OCDE, PP361-366.
9. **ANONYME, 2008 b** - http://www.articque.com/guide_metiers/secteur_agriculture.html.
10. **ANONYME, 2012.** Threa Specific Contingency Plan. Cereal cyst nematodes. Specific examples detailed in this plan: *Heteroderalatipons H. filipjevi H. avenae*(exotic strains). Plant HealthAustralia, Australie, 35p.
11. **AUBERT, V., 1987**- Contribution à l'étude de la biologie d'un parasite de la carotte : le nématode à kyste, *Heteroderacarotae*(Jones)., Thèse de Doctorat, Neuchâtel.
12. **BACHELIER G., 1978.** La faune des sols : son écologie et son action O.R.S.T.O.M, Paris ,400 p.
13. **BAGNOL F., et GAUSSEN H., (1957)** -Le climat biologique et leur classification.
14. *Annèes de géographie*, N°355.LXVI année.194p.
15. **BALDWIN J. G. and MUNDO-OCAMPO M., 1991** - *Heteroderinae cyst- and non-cyst-forming nematodes In: Manual of Agricultural Nematology*. Ed. NICKLE W.R. Marcel Dekker Inc., New York: 275-362
16. **BARTOLI, L. 1969** - Contribution à l'étude du problème des oiseaux granivores en Tunisie. *Bull. Fac. Agro. (E. N. S. A. T)*, (22 - 23): 33 - 153.

Références bibliographiques

17. **BOULAL H. ZAGHOUANE O., EL-MOURID M. et REZGUI S., 2007-** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blé et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc et Tunisie) Co. Edition ITGC, INRA, ICARDA, 176 p.
18. **BEKAL S., GAUTHIER J. P. and RIVOAL R., 1997** - Genetic diversity among a complex of cereal cyst nematodes inferred from RFLP analysis of the ribosomal internal transcribed spacer region. *Genome* 40:479–486.
19. **BELAID, D. 1996.** Aspect de la céréaliculture algérienne. Collection le cours d'agronomie.office des publications universitaires. 207 p
20. **BELAIR G., 2005-** Les nématodes, ces anguillules qui font suer les plantes...par la
21. **BELFADEL M. 2011:** *Contribution à l'étude biométrique de quelques populations du nématode Heterodera avenae Woll. Inféodé aux cultures céréalières.* Mémoire de Mag. ENSA, EL-Harrach : 70 p.
22. **BLANCHARD A. 2007.** *Identification, polymorphisme et évolution moléculaire de gènes dupouvoir pathogène chez le nématode à kyste de la pomme de terre globoderapallida.*Thèse de doctorat, Université de Rennes 1 : 264 p.
23. **BONJEAN ET PICARD, (1990)-** Les céréales à paille : origine, histoire, économie ,sélection. Softword – Groupe ITM, Paris, 208p.
24. **BOULCH L et MANGNE F, 1999-***Contribution à l'étude écologique des Chrysomélidé (Coléoptères) de la région de Sétif.* Thèse de Magister, Dép. Bol. Université Ferhat Abbes, Sétif -,120page
25. **BOULAINE, J. (1971) -** hydro-pédologie, des écoles nationales de génie rural, des eaux et des forêts. Alger.
26. **CAPISANO, 1997-** Orges de brasserie, les préférées des malteurs - Cultivar, no 392-PP27-28.
27. **CAUBEL G., PERSSON F. et RIVOAL R., 1980.** Les nématodes dans les rotationscéréalières. *Persp. agric ., (36) : 31-48.*
28. **CAYROL J. C., 1975.** Comment se maintenaient les nématodes dans le sol.*Rev. P.H.M., N°155, pp. 31-35.*
29. **Cayrol J-C., Djian-Caporalino C., Panchaud-Mattei E. 2009 :** la lutte biologique contre les nématodes phytoparasites. *Courrier de la Cellule Environnement de l'INRA N°17 : 31- 44.*

Références bibliographiques

30. **CHEHAT F., 2007-** *Analyse macroéconomique des filières: la filière blés en Algérie.* Projet PAMLIM « *Perspectives agricoles et agroalimentaires Maghrébines Libéralisation et Mondialisation* » Alger 7-9 avril.
31. **CHOPPIN DE JANVRY E., 1971.** Les nématodes des céréales. In : *les nématodes des Cultures.* Ed. A. C. T. A., Paris, pp. 273-291.
32. **CLEMENT-GRANDCOURT et PRAT., 1970-** Les céréales. Collection d'enseignement agricole. 2ème Ed. PP351-360.
33. **COYNE D.L., NICOL J. M. et COLE B.C., 2010** -*Les nématodes des plantes: Un guide pratique des techniques de terrain et de laboratoire.* Secretariat SP-IPM, Inst. Inter. Agri. Trop. (IITA), Benin, 131p.
34. **E.P.P.O, 2011-** *Diagnostic Protocols for Regulated Pests. Technical document No. 1056 (rev.2) Pictorial Glossary of Morphological Terms in Nematology.* European Plant Protection Organization, Paris, 28p.
35. **DABABAT A., ORAKÇI G.E., TOKTAY H., İMREN M., AKIN B., BRAUN HJ., DREISIGACKER S., ELEKCIOGLU İ.H., and MORGUNOV A.I., 2014**—*Resistance of winter wheat to Heterodera filipjevi* in Turkey. Turk. Jour. For Agric. 38: 180 –186.
36. **DUPONT, 1982** - Hemicellulosic polymers from cell walls of beeswing wheat bran: Part I, polymers solubilised by alcali at 2 °. Carbohyd. Research 163: 99p.
37. **E.P.P.O, 2011-** *Diagnostic Protocols for Regulated Pests. Technical document No. 1056 (rev.2) Pictorial Glossary of Morphological Terms in Nematology.* European Plant Protection Organization, Paris, 28p.
38. **FEILLET P., 2000** - *Le grain de blé composition et utilisation : Mieux comprendre.* Ed. INRA, PARIS, 308 p.
39. **FENWICK D.W., 1940** - methods for the recovery and counting of cysts of *Heterodera*
40. **Fisher J. M., 1982** - Problems with the use of resistance in wheat to the Australian pathotype of *Heterodera avenae*. EPPO Bull., 12, 417-421.
41. **FRITAS S, 2012** - *Etude bioécologique du complexe des insectes liés aux cultures céréalières dans la région de Batna (Algérie).* thèse de Magister en Ecologie et biologie des populations. Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, 115 pages.
42. **GRAHAM C.W. (1980)** - The effects of rainfall and soil type on the population dynamics of cereal cyst-nematode (*Heterodera avenae*) on spring barley (*Hordeum vulgare*) and spring oats (*Avena sativa*). *Ann. Appl. Bio.*, 94: 243-253.

Références bibliographiques

43. **HADDADI F., 2015** - Les nématodes à kyste *Heterodera* spp. des céréales en Algérie : Études sur la distribution, les espèces, les pathotypes et les antagonistes. Thèse Doc., Eco. Nat. Sup. Agro., El Harrach, 167p.
44. **HADDADI F. ET MOKABLI A., 2015** - Current occurrence of cereal cyst nematodes in some fields of northern Algeria. IN Nematodes of small grain cereals current status and research. Fifth Int. Crea .Nem. Init Workshop, pp. 59-66
45. **HALITIM, A. (1988)** -Sols des région arides d'Algerie .Alger: Opu ,Alger
46. **HAMROUN W., 2006** - *Etat d'infestation de quelque région céréalière d'Algérie.* Thèse Magister, Inst. Nat. Agro., El-Harrach, 121 p
47. Handoo Z. A., 2000 – 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. **HARIRI, 1999**- Mosaïques sur blé: mise en évidence d'un nouveau virus. *Phytoma - La Défense des Végétaux*, no. 519 p, PP21-22.
50. **HCDS., (2010)** - Haut-commissariat pour le développement de la steppe
51. **HODDA M. et LOWRENCE I., 2009** - Potato cyst nematode in Australia. *Farming A head*, n° 208 (www.farmingahead.com.au)
- JONES F.M., 1982.** *The soil plant environment nematodes.* Ed. Southey, London, pp.64-82
51. **HOOPER D. J., 1970** - Handling fixing staining and mounting nematodes. In : *Laboratory methods for work with plant and soil nematodes.* Ed. Southey J.F., Her Majesty's Stationery Office, London: 39–541.
52. **LABDELLI F., 1995** – *étude de nématode à kyste des céréales Heterodera avenae répartition dans la wilaya de Tiaret(Algérie).Teste de comportement variétale sur céréales locales et étrangères.* Thèse Magister. Inst .Nat .Agro.,El Harrach,97p.
53. **LACHENAUD P., 1977** - *Observations comparatives, in vitro du développement de deux races d'Heterodera avenae sur plusieurs hôtes et à différentes températures. Mémoire de fin d'étude(DEA), INRA, Paris Grignon, 37p*
54. **LAMBERTI F Et GRECO N Et ZAOUCHI H., 1975**- Etude sur les nématodes et chez les palmiers dattiers et autres cultures importantes en Algérie. *Bull. Phytosanitaires, F.A. O., N°23*, pp. 165-161
55. **LE HOUEROU H.N et CLAUDIN J., (1972)** - Carte Géologie de la région d'El Hodna au 500000. F.A.O.WWW.blog .SAEEED.

Références bibliographiques

56. 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.
57. MEAGHER J.W., 1970 - Seasonal fluctuation in number of larvae of the cereal cyst
58. (*Heterodera avenae*) and *Pratylenchus minyus* and *Tylenchorhynchus brevidens* in soil. *Rev. Nematologica*, V. 16, Leiden, pp. 333-347.
59. MEAGHER J.W., 1977 – World dissemination of the cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*) and its potential as pathogen of wheat. *Journal of Nematology*. 9 (1) : 9 -13.
60. MITCHINSON S., 2009 - *New cyst nematode threats to cereals in the UK*. Project No. RD-2005-319039P., PhD Summary Report No.13, *Nematode Interactions Unit*, Rothamsted Research Harpenden. 29 p.
61. MOKABLI A., 2002- *Biologie des nématodes à kyste des céréales (Heterodera) en Algérie. Virulence de quelques populations à l'égard de diverses variétés et lignées de céréales*. Thèse Doct., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 63p.
62. MULVEY R.H., 1972- Identification of *Heterodera* cyst by terminal and cone top structures. *Can. J. Zool.* 50: 1277-1292.
63. 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.
64. NAMOUCHI-KACHO I N. ET B'CHI 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
65. NEDJRAOUI D., (2001) - *Le profil fourrager en Algérie*, 36p.
66. 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 Academic Publishing: Dordrecht, Netherlands: 251- 294.
67. 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.
68. OUFROUKH F. et HAMADI M., 1993- *Maladies et ravageur des céréales*. In benchabane K.D. et Ould-Mekgloufi L. 1998. *Evaluation phénologique de quelques variétés*

Références bibliographiques

d'orge (*hordeum vulgare* L.) et leur sensibilité vis-à-vis de *drechslera graminea* Rab. Mém. Ing Agro. INA. El-harrach. PP59-62.

69. **PENG DL. and COOK R. 1996** - Observation on pathotypes of cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*) in China. *Afro-Asian Journal of Nematology*. 4 : 176–178

70. **PERRY R. N. AND MOENS M., 2006**- *Plant Nematology*, Ed. CABI, USA, 463p.

71. **PERSON-DEDRYVER F., 1989** - Les nématodes. In : *Les ennemis et maladies des prairies*. Ed. INRA: 173-177.

72. **RAMADE., (2003)** - Elément d'écologie : écologie fondamentale. Paris ; DUNOD. 690p.

73. **RAPILLY F., LEMAIRE J.M. et CASSINI R., 1971**. Les principales maladies cryptogamiques des céréales. Eds. I.N.R.A, Paris. 310 pages

74. **REDDY P. P., 1983**- *Plant nematology. Agric. Publish. Acad.*, India, 287p.

75. **RETTTER, M., 1982**- Importance des nématodes à Kystes des céréales.

Rev. Nematologica, V. 16, Leiden, pp. 333-347.

76. **RIGHI K. 2016** - Bioécologie des Nématodes à kystes « *Heterodera* » inféodésaux cultures céréalières et aux graminées sauvages dans l'Ouest Algérien. Thèse Doc. Scie. Biol. Anim., Mascara, 196 p.

RITTER M., 1971- *Les nématodes et l'agriculture. In: les nématodes des cultures*. Ed. A.C.T.A, Paris, pp.9-65.

77. **RITTER, M. 1972**. Rôle économique et importance des *Meloidogyne* en Europe et dans le bassin Méditerranéen. *OEPP/EPPO Bull.*, 2: 17-22.

78. **RIVOAL R. 1978** - Biologie d'*Heterodera avenae* Woll en France. Différences d'éclosion et de développement des deux races Fr1 et Fr4. *Revue de Nématologie*(1) : 171-179.

79. **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.

79. **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.

RIVOAL R. 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.

80. **RIVOLAL R., et BESSE T. 1982** - Le nématode à kyste des céréales. *Perspectivesschachtii* from soil. *Journal of Helminthology* 18: 155-172.

Références bibliographiques

- 81. Roland N, Maurice M, 2006** -survival of parasitic nematode outside the hoside the hotse .V1 pp,1-27
- 82. Sasser, J. 1987** -A Perspective on Nematode Problems Worldwide. Workshop on Plant-Parasitic Nematodes in Cereal and Legume Crops in Temperate Semiarid Regions, Larnaka, Cyprus, 1-5 March.
- 83. SCHNEIDER J., 1965** - Le nématode des racines des céréales. *Phytoma*, défense des Cultures, pp. 17-21.
- 84. SEIFI S. and BIDE A.K., 2013** - Effect of Mineral Fertilizers on Cereal Cyst Nematode *Heterodera filipjevi* Population and Evaluation of Wheat. *World Applied Programming*, 3 (4):137-141.
- 85. SHEPHERD A. M., CLARK S. A. et KEMPTON A., 1973** - Spermatogenesis and sperm ultra-structure in some cyst-nematodes *heterodera spp.* *Nematologica*, V.19, Leiden, pp.551-560.
- 86. SIDDIQUI M.R., 2000** - *Tylenchida parasites of plants and insects*. Ed CABIPublishing. New York: 387- 413 p.
- 87. SMAHA D., MOKABLI A. and DOUMANDJI S., 2014** - Influence of *Bersim trifoliumalexandrinum l.* (fabaceae forage) on the development of *heteroderaavenae* population woll., 1924 in Algeria. *Inter. Jour. of Zool. Resea. (IJZR)*, Vol. 4, PP.: 79-86,
- 88. SMEILEY R. W., WHITTAKER G. R., GOURLIE J.A., EASLEY S. A. and INGHAM R.E., 2005** - Plant parasitic nematodes associated with reduced wheatyield in Oregon: *Heterodera avenae* *Journal of nematology*, 37:297-307.
- 89. SMILEY R.W., 2009** - Occurrence, distribution and control of *Heterodera avenae* and *H. filipjevi* in the western US. In: *Cereal Cyst Nematodes: Status, Research and Outlook*. Eds. Riley I.T., Nicol J.M. and Dababat A.A., CIMMYT, Ankara, Turkey: 35-40.
- 90. SMILEY R.W. and YAN G.P., 2010** - *Oregon State University. Cereal cyst nematodes: Biology and management in Pacific Northwest wheat barley and oat crops*. A Pacific Northwest Extension Publications, project PNW 520. Oregon State University, 9 p.
- 91. SMILEY R. W., 2016** - Cereal Cyst Nematodes. Biology and management in Pacific Northwest wheat, barley, and oat crops. A Pacific Northwest Extension Publication (PNW 620), Oreg., Univ.Idaho, Wash. Univ., 17p.
- 92. SMILEY R. W., 2017** – *cereal cyst nematodes : a complex and destructive group of pheterodera species*, university bendleton

Références bibliographiques

93. SOLTNER D, (2005)- *Les grandes productions végétales*. 20ème Edition. Collection scienceet techniques agricoles, 472p.
94. STONE A. R. and HILL A. J., 1982- Some problems posed by the *Heterodera avenae* complex. *Bulletin OEPP*, 12:317–320.
95. STURHAN D., 1982 - Species identification of European cereal and grass cyst nematodes by larval characters. *EPPPO Bulletin* 12: 335-339.
96. Talamli, 2004 - La libération du marché des céréales en Algérie. Office Algérien Interprofessionnel des Céréales OAIC. La Nouvelle République, Algérie, 14-16Pp.
97. TAYLOR A.L., 1968. *Introduction à la recherche sur les nematodesphytoparasites*. Manuel F.A.O., Rome, 135 p.
98. TAYLOR A.L., 1968. *Introduction à la recherche sur les nematodes phytoparasites*. Manuel F.A.O., Rome, 135 p.
99. Thornthwaite, C.W., (1948) - An Approach Toward a Rational Classification of
100. Vavilov N. L ., 1934 - Studies on the origin of cultivated plants . Bull. Appl; Bot and plant breed X VI : 1- 25 .
101. VOVLAS N., 1985. Morphologie and histology of the cereal cyst-nematode, *Heteroderaavenae*Woll., attacking wheat, oat and barley in Italy. *Rev. Nematol. Medit.*, V. 13, pp. 87-96.
102. Wallace, H.R. 1965. The ecology and control of the cereal root nematode. *J. Austr. Inst. Agric. Sci.*, 31: 178-186.
103. WILIAMS T. D. et SIDDIQI M.R., 1972. *Heterodera avenae*. In: descriptions of plantparasitic nematodes. *Commonwelth Institute of Helminthology* set. N°2, clows et Sons Ltd, London, 4p.
104. WIRTH F., JOSEPH E. ET ZAIDI H., 1994 – *La défense des cultures en Afrique du Nord en considérant le cas dela Tunisi* Ed .Deutsche Gesellschaft FürTechnischeZusammenarbeit (GTZ) GmmbH, . Allemagne, 372 p.
105. WOUTS W M, 1972. A version of the family *Heteroderidae* (nematode, Tylenchoidea) - The family *Heteroderidae* and its subfamilies. *Rev. Nematologica*, V. 18, Leiden, pp. 439-446
106. YAN G. P. and SMILEY R. W.2010 - Distinguishing *H. filipjevi* and *H. avenae* using polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism and cyst morphology. *Phytopathology*.100 (3): 216-224.

خلاصة

تم التنقيب عن النيماتود الكيسي الخاص بمحاصيل القمح والشعير *Heterodera sp* في مختلف المحطات الحقلية خلال عام 2018/2019 في منطقة المسيلة و هذه المناطق هي واد كسوب ونوارة و مطارفة و أولاد عدي لقبالة. وكشف التحليل النيماتولوجي على ان 75 ٪ من هذه الحقول تحتوي على هذا الصنف الا ان مستويات الإصابة به منخفضة ومتغيرة حسب المناطق. و قد لوحظ أعلى معدل إصابة في محطة نوارة في القطعة الثالثة (25.66 كيس / غرام من التربة) وأدنى معدل في مطارفة (2 كيس / كيلوغرام من التربة). كما أثبتت الدراسة ان منطقة أولاد عدي لقبالة سليمة. كشفت الدراسة المورفومترية عن وجود تباين بين المجموعات في هذا الصنف من النيماتود مع العلم ان الاختلافات معتبرة بين المناطق وليس داخل نفس المجموعة. أظهر التحليل المورفولوجي للمخروط الفرجي لهذه المجموعات وجود العديد من الأنواع التي تنتمي إلى مجموعات مختلفة. منها مجموعة *avenae* يمثلها *Heterodera sp* و *H. filipjevi* لم يتم تحديد نوع هذه الأخيرة بسبب عدم وضوح البنية داخل المخروط الفرجي و هي موزعة على المناطق (نوارة، مطارفة و واد كسوب). تكشف دراستنا الحالية ايضا عن وجود اصابة فطرية معتبرة داخل الاكياس سواء كانت جديدة أو قديمة من قبل النوع *Pythium sp* الكلمات المفتاح: الديدان الخيطية ذات الاكياس، الحبوب، *Heterodera*، الفطريات، *Pythium*، مكافحة البيولوجية.

Résumé :

Différentes stations céréalières ont été prospectées durant l'année 2018/2019 dans la région de M'sila à savoir Oued Ksob, Nouara, M'tarfa et Ouled Adi Lagbala. L'analyse nématologique a révélé que 75 % des parcelles sont infestées par le nématode à kystes des céréales *Heterodera sp*. Toutefois, les niveaux d'infestation sont faibles et variables entre les régions avec des différences significatives. Le taux le plus élevé est observé dans la station de Nouara au niveau de la troisième parcelle (25,66 kystes/g de sol) et les plus faibles sont enregistrés à M'tarfa (2kystes /kg de sol). La station d'Ouled Adi Lagbala s'est révélée indemne.

L'étude morphométrique des kystes a révélé l'existence de variabilité entre les populations avec des différences significatives entre les stations et non pas au sein de la même population.

L'analyse morphologique du cône vulvaire de ces populations a montré l'existence de plusieurs espèces appartenant aux différents groupes. Groupe *avenae* représenté par *Heterodera filipjevi* et *Heterodera sp* non identifiée par manque de clarté dans les structures du cône vulvaire, réparties sur les régions (Nouara, M'tarfa et Oued Ksob).

Notre présente étude révèle l'existence d'une attaque fongique considérable des kystes que ce soient nouveaux ou anciens par l'espèce *Pythium sp*.

Mots clé : Nématodes, Kystes, *Heterodera*, céréales, champignons, *Pythium*, lutte biologique.

Summary:

Different grains stations were prospected during the year 2018/2019 in the M'sila region namely Oued Ksob, Nouara, M'tarfa and Ouled Adi Lagbala. Nematological analysis revealed that 75% of the plots are infested with the cyst nematode of *Heterodera sp*. However, infestation levels are low and variable across regions with significant differences. The highest rate is observed in the Nouara station at the third plot (25.66 cysts / g soil) and the lowest are recorded at M'tarfa (2kys / kg soil). The station of Ouled Adi Lagbala proved unscathed.

The morphometric study of cysts revealed the existence of variability among populations with significant differences between stations and not within the same population.

The morphological analysis of the vulva cone of these populations has shown the existence of several species belonging to different groups. Group *avenae* represented by *Heterodera filipjevi* ; and *Heterodera sp* unidentified for lack of clarity in the structures of the vulvar cone, distributed over the regions (Nouara, M'tarfa and Oued Ksob).

Our present study reveals the existence of a considerable fungal attack of cysts whether new or old by the species *Pythium sp*.

Key words: Nematodes, Cysts, *Heterodera*, cereals, fungi, *Pythium*, biological control