

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



Université Ibn Khaldoun de Tiaret

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Thèse de Doctorat es Science

En Sciences de la Nature et de la Vie

Etude du nématode à kyste *Heterodera avenae*
Wollenweber, 1924 (Tylenchida, Heteroderidae)
des céréales dans la région de Tiaret.

Présentée par : LABDELLI FATIHA

Soutenue le...../...../ 2015.

Devant l'honorable jury composé de:

Président : Mr DELLAL A. PROFESSEUR Université Ibn Khaldoun Tiaret

Directeur de thèse : Mr MOKABLI A. PROFESSEUR Université de Khemis Méliana

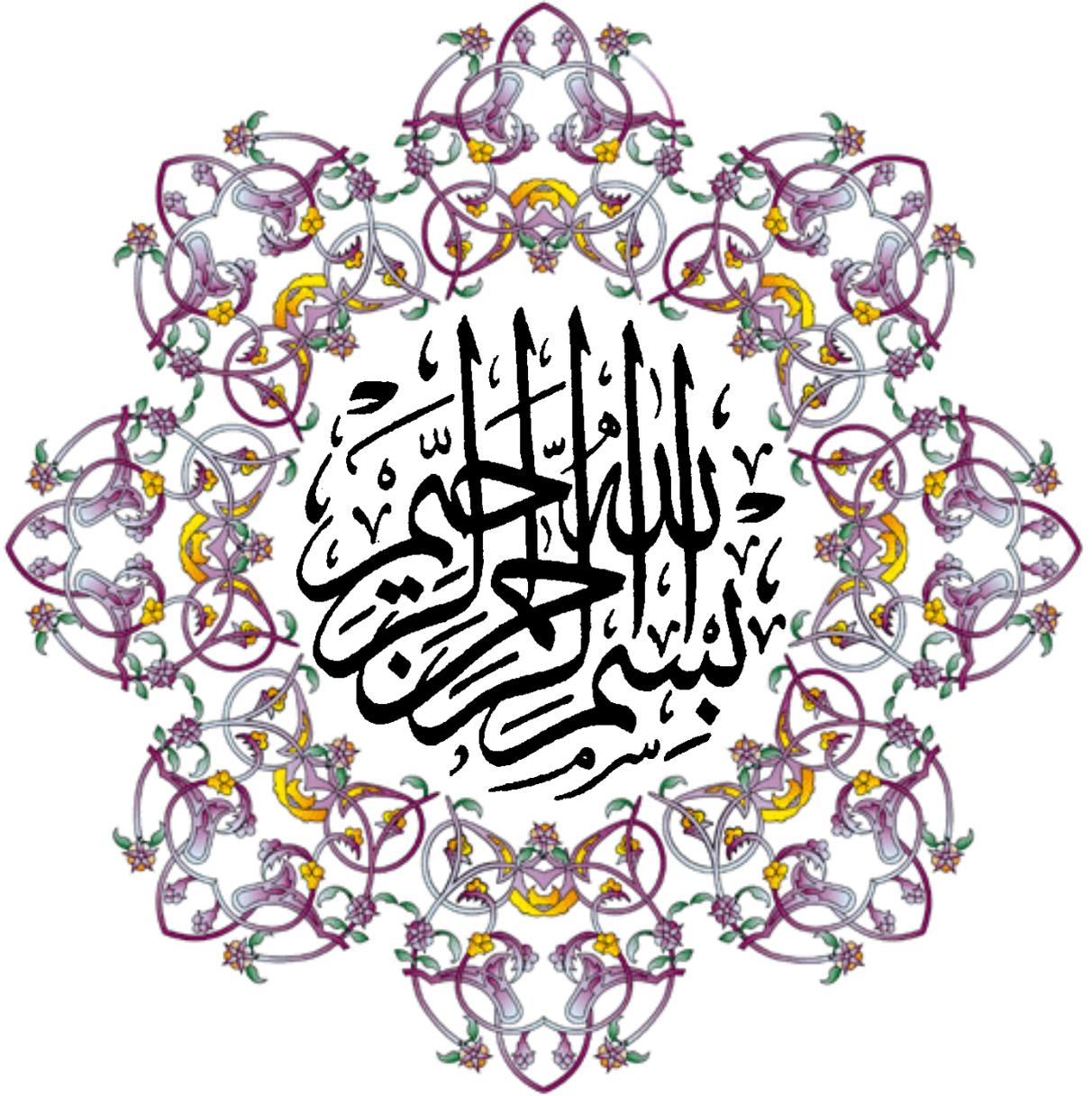
Co-directeur de thèse : M^{me} ADAMOUDJERBAOUI M.....MCA Université de Tiaret

Examineurs : Mr GHEZALI D. MCA ENSA El Harrach Alger

Mr HAMMACHE M..... MCA ENSA El Harrach Alger

M^{me} OUABED A..... MCA Université de Tiaret

Année universitaire 2014/2015



Remerciements

Avant tout je remercie DIEU le tout puissant qui m'a donné force, courage, et volonté pour entreprendre et achever ce travail et que le grand salut soit sur notre prophète MOHAMED.

C'est avec beaucoup de respect que je remercie Monsieur MOKABLI A., Professeur à l'Université de Khemis Méliana à qui j'exprime ma reconnaissance pour ces conseils, orientations et sa patience grâce auxquels j'ai pu réaliser mon travail de recherche.

Je tiens également à exprimer mes remerciements et mon respect à mon amie ADAMOUCHE DJERBAOUI M. MCA Université de Tiaret ma co-directrice, pour ses encouragements et ses qualités.

Mes remerciements et mon respect à Monsieur DELLAL A., Professeur Université Ibn Khaldoun Tiaret pour son aide au niveau du laboratoire de recherche et pour sa disponibilité à présider le jury et à juger ce travail.

Mes remerciements vont également à Monsieur GHEZALI D., MCA Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie El Harrach Alger qui a accepté d'examiner ce travail.

Aussi mes vifs remerciements à Monsieur HAMMACHE M., MCA Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie El Harrach Alger pour avoir bien voulu examiner ce travail.

Mes remerciements vont également à Madame OUABED A., MCA Université de Tiaret pour son aide et pour avoir accepté d'être membre du jury.

Ma gratitude va aussi à Monsieur MEDERBEL recteur de l'université de Tiaret pour ces encouragements.

Je remercie vivement Messieurs MAATOUCHE M., NIAR A., ADDA A., HASSANI A., REZZOUCHE O., BENBEGARA M., HOCINE L., ZEDEK M., BENAICHATA L., KOUADRIA M. et AIT HAMMOUCHE M.

Je remercie tous les membres de ma famille pour leurs encouragements et leurs patiences particulièrement ma mère, NADJET, RADJAA, NADA et ABDELKADER.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à mes proches amis et je cite principalement OULBACHIR K., BOUCHENFA N., ZOUBEIDI M., GOURCHALA F. et MEKKI N.

Mes remerciements s'adressent également à CHAIB S., ALLEL A., BOUABDELLI B., LAOUIDJ A., GOUASMI N., BENZIADI Z. et BAGHDADI.

En fin je remercie tous les enseignants du département des sciences agronomiques et biologiques de Tiaret. Aux personnels du laboratoire et de l'administratifs et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Liste des abréviations

An.....	année
ACP.....	Analyse en Composantes Principales
A.N.R.H.....	Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
ANOVA.....	Analyse de la variance
Cm.....	centimètre
DSA.....	Direction des Services Agricoles
E.....	est
Ex.....	exemple
Fig.....	figure
g.....	gramme
Gr.....	Grossissement
ha.....	hectare
H.....	Humidité
ITGC.....	Institut Technique des Grandes Cultures
L1.....	larve de premier stade
L2.....	larve de deuxième stade
L3.....	larve de troisième stade
L4.....	larve de quatrième stade
MADR.....	Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural
m ²	mètre carré
mm.....	millimètre
MO.....	matière organique
Moy.....	moyenne
N°.....	numéro
N-W.....	nord ouest
N.....	nord
P.....	pluviométrie
Qx.....	quintaux
R.....	répétition
r.....	corrélation
S.....	Seconde
SAT.....	Superficie Agricole Totale
SAU.....	Superficie Agricole Utile
S.M.B.....	Station
Météorologique de Ain Bouchekif	
T°.....	température
Tmax.....	température maximale
TMin.....	température minimale
°C.....	degré Celsius
µm.....	micromètre

LISTE DES TABLEAUX EN ANNEXE

Tableau N° 01 (en annexe) : Paramètres des rendements des blés durs.

Tableau N° 02 (en annexe) : Paramètres des rendements des blés tendres.

Tableau N° 03 (en annexe) : Paramètres des rendements des orges.

Tableau N° 04 (en annexe) : Nombre de kystes néoformés (toutes variétés confondues).

Tableau N° 05 (en annexe) : Paramètres des rendements des avoines.

LISTES DES FIGURES

Fig. 01 : La répartition géographique du nématode à kystes <i>H. avenae</i> dans le monde.....	5
Fig. 02 : Morphologie du nématode à kyste <i>H. avenae</i>	7
Fig. 03 : Œufs embryonnés d'<i>Heterodera avenae</i> (original)	7
Fig. 04 : Larve de second stade (L₂) d'<i>Heterodera avenae</i> (Gr x 40) (original)	8
Fig. 05 : Tête avec Stylet d' <i>Heterodera avenae</i> (original)	9
Fig. 06 : Larve du 3^{ème} stade (L₃) d'<i>Heterodera avenae</i> (original)	9
Fig. 07 : Larve du 4^{ème} stade (L₄) d'<i>Heterodera avenae</i> (original)	10
Fig. 08 : Femelle blanche sur racine d'<i>H. avenae</i> (original)	11
Fig. 09 : Kyste d'<i>H. avenae</i> (Original).....	12
Fig. 10 : Cycle biologiques d' <i>H. avenae</i>.....	14
Fig. 11 : Aspect hétérogène d'une parcelle de céréales	19
Fig. 12 : Aspect coralliforme sur racine de céréales.....	20
Fig. 13 : Les rendements des céréales dans la wilaya de Tiaret	31
Fig. 14 : Situation de la région d'étude	40
Fig. 15 : Climagramme du quotient pluviothermique d'Emberger.....	46
Fig. 16 : Diagramme Ombro thermique de la région de Tiaret.....	48
Fig. 17 : Répartition des terres agricoles de la wilaya.....	49
Fig. 18 : Les communes prospectées au niveau de la wilaya de Tiaret.....	50
Fig. 19 : Prélèvement aléatoire des échantillons élémentaires de sol	52
Fig. 20 : Matériel utilisé.....	53
Fig. 21 : Description de l'appareil de FENWICK.....	54
Fig. 22 : Dénombrement des kystes sous loupe binoculaire.....	55
Fig. 23 : Kystes d'<i>Heterodera avenae</i>	56
Fig. 24 : Kyste plein écrasé.....	56
Fig. 25 : Echantillonnage du sol et récolte des kystes.....	57
Fig. 26 : Degrés d'infestation en nombre de kystes /100g de sol	59
Fig. 27 : Histogramme de la corrélation entre l'infestation et les rendements.....	61
Fig. 28 : Les communes étudiées dans la wilaya de Tiaret.....	64
Fig. 29 : Pipette de ROBINSON.....	67
Fig. 30 : Calcimètre de BERNARD.....	69
Fig. 31 : Plaque chauffante.....	71

Fig. 32 : Le degré d'infestation en nombre de kystes / 100 g de sol.....	73
Fig. 33 : Histogramme comparatif des différentes fractions texturales pour la commune de Dahmouni.....	74
Fig. 34 : Histogramme comparatif des différentes fractions texturales pour la commune de Mellakou.....	75
Fig. 35 : Histogramme comparatif des différentes fractions texturales pour la commune de Frenda.....	75
Fig. 36 : Histogramme comparatif des différentes fractions texturales pour la commune de sidi Hosni.....	76
Fig. 37 : Histogramme comparatif des différentes fractions texturales pour la commune de sougueur.....	76
Fig. 38 : Histogramme comparatif des différentes fractions texturales pour la commune de Tiaret.....	77
Fig. 39 : Histogramme comparatif des différentes fractions texturales pour la commune de Mahdia.....	77
Fig. 40 : Histogramme comparatif des différentes fractions texturales pour la commune de Sebaine.....	78
Fig. 41 : Histogramme de la corrélation entre l'infestation et les paramètres édaphiques....	79
Fig. 42 : Protocol expérimental	85
Fig. 43 : Vue du dispositif général expérimental	86
Fig. 44 : ACP des blés durs.....	89
Fig. 45 : ACP des blés tendres.....	92
Fig. 46 : ACP des orges.....	95
Fig. 47 : Nombre de kystes néoformés (toutes variétés confondues).....	96
Fig. 48 : Effet d'<i>H. avenae</i> sur la hauteur des plants d'avoine.....	100
Fig. 49 : Effet d'<i>H. avenae</i> sur le nombre de grains formés des avoines.....	101
Fig. 50 : Effet d'<i>H. avenae</i> sur le poids de mille grains des avoines.....	103
Fig. 51 : Nombre de kystes néoformés des variétés d'avoine.....	104

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Sommaire

Introduction générale.....01

Partie bibliographique

Chapitre I - Généralités sur *Heterodera avenae*

I. 1. Position systématique.....	3
I.2-Répartition et importance économique d' <i>H. avenae</i>	4
I.2.1- Répartition d' <i>H. avenae</i>	4
I.2.1.1-Dans le monde	4
I.2.1.2-En Algérie.....	4
I.2.2-Importance économique d' <i>H. avenae</i>	6
I-3 –Description d' <i>H. avenae</i>	6
I.3. 1- Les œufs	7
I.3. 2- Les larves	8
I.3. 2.1-Les larves du 1 ^{er} stade (L ₁).....	8
I.3. 2.2-Les larves du 2 ^{ème} stade (L ₂).....	8
I.3. 2.3-Les larves du 3 ^{ème} stade (L ₃).....	9
I.3. 2.4-Les larves du 4 ^{ème} stade (L ₄).....	10
I.3.2. 5- Le mâle	10
I.3.2. 6 - La femelle	10
I.3.2. 7- Le kyste.....	11
I.4 -Le cycle biologique d' <i>Heterodera avenae</i>	12
I.5- Facteurs favorables au développement d' <i>H. avenae</i>	15
I.5.1-Les facteurs abiotiques.....	15
I.5.1.1-Les facteurs climatiques.....	15
I.5.1.1.1-L'humidité.....	15
I.5.1.1.2 La température.....	15
I.5.1.2-Les facteurs édaphiques	17

I.5.1.2.1 Type de sol	17
I.5.1.2.2 La porosité	17
I.5.1.2.3 L'oxygène	17
I.5.2 -Les facteurs biotiques	17
I.5.2.1- La plante hôte	17
I.6 -Les symptômes	18
I.6.1- Symptômes sur la partie aérienne	18
I.6.2- Symptômes sur la partie racinaire	19
I.7-Les méthodes de lutte contre <i>H. avenae</i>	20
I.7.1-Mesures préventives.....	20
I.7.2-Mesures curatives	21
I.7.2.1- Méthodes culturales	21
I.7.2.1.1 La jachère	21
I.7.2.1.2 Date de semi	21
I.7.2.1.3 La fertilisation et les amendements	21
I.7.2.1.4 La rotation culturale	22
I.7.2.2-Méthodes chimiques	22
I.7.2.3-Méthodes biologiques	22
I.7.2.4-Lutte intégrée	22

Chapitre II - Les propriétés physiques et chimiques du sol

II.1- Définition	24
II.2-Les principaux paramètres édaphiques.....	24
II.2.1-La texture.....	24
II.2.1.1-Classification de textures.....	25
II.2.1.1.1-Texture argileuse.....	25
II.2.1.1.2-Texture limoneuse.....	25
II.2.1.1.3-Texture sableuse.....	25
II.2.1.2 -Les constituants minéraux.....	25
II.2.1.2.1- L'argile.....	25
II.2.1.2.2-Le limon.....	25
II.2.1.2.3- Le sable.....	26
II.2.2 -La structure.....	26

II.2.2.1-Les types de structure.....	27
II.2.2.1.1-La sur structure.....	27
II.2.2.1.2-La sous structure.....	27
II.2.2.2- Classification des structures	27
II.2.2.2.1- Structures particulières	27
II.2.2.2.2 Structures fragmentaires.....	27
II.2.2.2.3-Structures continues ou compactes.....	27
II.2.2.3-Importance de la structure.....	28
II.2.2.3.1-Sur le plan pédologique.....	28
II.2.2.3.2-Sur le plan agronomique.....	28
II.2.3--L'humidité du sol.....	28
II.2.4--La matière organique.....	28
II.2.4.1- Rôle de la matière organique dans le sol.....	29
II.2.4.2-Action de la matière organique sur les propriétés physiques du sol.....	29
II.2.4.2.1-Effets favorables.....	29
II.2.4.2.2- Effets défavorables.....	29

Chapitre –III- Données sur les céréales

III.1-Historique	30
III. 2- Importance des céréales	30
III.3- Production des céréales	30
III.3.1- En Algérie.....	30
III.3.2- A Tiaret.....	30
III.4- Morphologie d'une céréale.....	32
III.4.1- Système racinaire.....	32
III .4.2- Système aérien.....	32
III.4.2.1- Tige.....	32
III.4.2.2- Feuilles.....	32
III.4.2.3- Epi	33
III.4.2.4- Fruit	33
III.5- Cycle de développement des céréales.....	33
III.5.1- Période végétative.....	33
III.5 .1.1- La phase semi levée	33

III.5.1.2- Phase levée – début tallage	33
III.5.1.3- Phase tallage – début montaison.....	34
III.5.2- Période de reproduction.....	34
III.5.2.1- Phase de montaison.....	34
III.5.2.2- Phase de l'épiaison.....	34
III.5.2.3- Phase de maturation.....	34
III.6- Exigences pédo - climatiques des céréales.....	35
III.6.1- Climat.....	35
III.6.1.1- La température.....	35
III.6.1.1.1- Les céréales et le gel.....	34
III.6.1.1.2- Les céréales et l'excès thermique.....	34
III.6.1. 2- Humidité.....	36
III.6.1.3- Lumière	36
III.6.2- Le sol.....	36
III.6.3- Fumure.....	36
III.7- Les contraintes de la céréaliculture.....	37
III.7.1- Les adventices.....	37
III.7. 2-Les maladies des céréales.....	37
III.7.2.1- La rouille noire	37
III.7.2.2-La carie	37
III.7.2.3- Le charbon.....	37
III.7.2.-3.1-Le charbon nu.....	37
III.7.2.3.2-Le charbon couvert	38
III.7.2.4- Fusarioses.....	38
III.7.2.5- Septorioses	38
III.7.3- Les insectes.....	38
III .7.3.1- La punaise des céréales	38
III.7.3.2- Le ver blanc.....	38
III.7.4- Autres ravageurs.....	38
III.7.4.1- Nématodes.....	38
III.7.4.2- Les oiseaux.....	39
III.7.4.3-Les rongeurs.....	39

Partie expérimentale

Chapitre I - Présentation de la région d'étude

I.1-Position géographique de la région d'étude.....	40
I.2-Relief	41
I.3-Hydrographie	41
I.4-Les Sols.....	41
I.5-Facteurs climatiques.....	42
I.5.1-Pluviométrie.....	42
I.5.2-Température.....	43
I.5.3-Vents dominants et sirocco.....	44
I.5.4-Neige.....	44
I.5.5-Synthèse climatique.....	45
I.5.5.1-Quotient pluviométrique d'Emberger.....	45
I.5.5.2-Indice d'aridité de De Martonne.....	47
I.5.5.3-Diagramme ombrothermique de Gaussen	47
I.6-Répartition des superficies agricoles de la région d'étude.....	48

Chapitre II - Impact de l'attaque du nématode sur les rendements des céréales

II.1 - Le but de cette étude.....	50
II.2 - Matériel et méthodes	50
II. 2.1-L'échantillonnage du sol	51
II.2.1.1-Matériel et méthodes	51
II.2.1.1.1-Matériel de l'échantillonnage	51
II.2.1.1.2-Technique d'échantillonnage du sol pour l'extraction du nématode.....	51
II.2.2 – Méthodes utilisées au laboratoire.....	52
II.2.2.1 – Matériel et méthode.....	52
II.2.2.1.1-Matériel de l'extraction des kystes	52
II.2.2.1.2-Méthode d'extraction des kystes	53
II.2.2.1.2.1-Principe de l'appareil de FENWICK	53
II.2.2.1.2.2-Description de l'appareil de FENWICK	53

II.2.2.1.2.3-Mode opératoire	55
II.2.2.1.2-Méthodes de récolte de kystes	55
II.3- Résultats.....	58
II.3.1-Impact de l'infestation du nématode sur les rendements des céréales.....	59
II.4- Discussion.....	61
II.4.1- Les rendements en blé dur.....	62
II.4.2 -Les rendements en blé tendre.....	62
II.4.3- Les rendements de l'orge.....	63
II.4.4- Les rendements de l'avoine.....	63

Chap. III Influence des facteurs édaphiques sur l'infestation du nématode

III.1- But de l'expérimentation.....	64
III.2-Matériel et méthodes d'analyse du sol.....	65
III.2.1-Matériel.....	65
<i>III.2.1.1- Matériel des analyses.....</i>	<i>65</i>
<i>III.2.1.2- Les réactifs.....</i>	<i>66</i>
III.2.2- Méthodes de travail.....	66
III.2.2.1- Caractérisation physique.....	66
III.2.2.1.1- Granulométrie.....	66
III.2.2.1.2-Humidité.....	68
III.2.2.2- Les analyses chimiques.....	68
III.2.2.2.1-Le dosage du calcaire.....	68
III.2.2.2.1.1- Calcaire total.....	68
III.2.2.2.1.2- Calcaire actif.....	70
III.2.2.3-La matière organique.....	70
III.3- Les résultats.....	71
III.3.1-Influence des paramètres édaphiques sur les taux d'infestation d' <i>Heterodera</i>	71
III.3.1.1-Répartition des stations d'étude selon le degré d'infestation.....	72
III.3.1.2- Paramètres édaphiques.....	73
III.3.1.2.1-Analyse du sol de Dahmouni.....	74
III.3.1.2.2-Analyse du sol de Mellakou.....	74
III.3.1.2.3-Analyse du sol de Frenda.....	75
III.3.1.2.4-Analyse du sol de Sidi Hosni.....	76

III.3.1.2.5- Analyse du sol de Sougueur.....	76
III.3.1.2.6-Analyse du sol de Tiaret.....	77
III.3.1.2.7-Analyse du sol de Mahdia.....	77
III.3.1.2.8- Analyse du sol de Sebaine.....	78
III.3.2- Corrélation entre l'infestation et les paramètres édaphiques.....	78
III.4-Discussion.....	79

Chap. IV Evaluation du comportement des céréales vis-à-vis d'*H. avenae*

IV.1-But de l'expérimentation.....	84
IV.2-Matériel et méthode.....	84
IV.2.1-Matériel biologique.....	84
IV.2.2-Matériel végétal.....	84
IV.2.3-Origine du substrat.....	84
IV.2.4-Méthode.....	85
IV.3-Résultats.....	86
IV.3.1-Comportement des variétés de blés durs vis-à-vis d' <i>H. avenae</i>	87
IV. 3.1.1-Evaluation de la sensibilité sur le nombre d'épis par plant.....	87
IV. 3.1.1.1-Analyse de la variance.....	87
IV.3.1.2-Evaluation de la sensibilité sur le poids de mille grains.....	88
IV. 3.1.2.1-Analyse de la variance.....	88
IV. 3.1. 3 – Analyse en composantes principales des blés durs.....	89
IV.3.2-Comportement des variétés de blé tendre vis-à-vis d' <i>H. avenae</i>	90
IV.3.2.1 – Evaluation de la sensibilité sur le nombre d'épis par plant.....	90
IV.3.2.1 .1 - Analyse de la variance.....	90
IV.3.2.2- Evaluation de la sensibilité sur le poids de mille grains.....	91
IV. 3.2.2.1-Analyse de la variance.....	91
IV.3.2.3-Analyse en composantes principales des blés tendres.....	91
IV.3.3-Comportement des variétés d'orge vis-à-vis d' <i>H. avenae</i>	92
IV. 3.3.1-Evaluation de la sensibilité sur le nombre d'épis par plant des orges.....	92
IV.3.3.1.1- Analyse de la variance.....	93
IV.3.3.1.2-Test de Newman-keuls.....	93
IV. 3.3.2-Evaluation de la sensibilité sur le poids de mille grains des orges.....	94
IV.3.3.2.1-Analyse de la variance.....	94

IV.3.3.2-Test de Newman-keuls.....	94
IV.3.3.3- Analyse en composantes principales des orges.....	95
IV.3.4-Dénombrement des kystes néoformés des trois espèces de céréales.....	96
IV.3.5-Comportement des variétés d'avoine vis-à-vis d'<i>H. avenae</i>	98
IV.3.5.1-L'évaluation de la sensibilité sur la hauteur de la plante.....	98
IV.3.5.1.1- Analyse de la variance.....	98
IV.3.5.1.2-Test de Newman-keuls.....	99
IV.3.5.2-L'évaluation de la sensibilité sur le nombre de grains formés/plante.....	100
IV.3.5.2.1- Analyse de la variance.....	100
IV. 3.5.2.2-Test de Newman-keuls.....	101
IV.3.5.3-L'évaluation de la sensibilité sur le poids de mille grains.....	102
IV. 3.5.3.1- Analyse de la variance.....	102
IV.3.5.3.2-Test de Newman-keuls.....	102
IV.3.5.4-Dénombrement de kystes néoformés.....	103
IV.4-Discussion.....	105
Conclusion.....	108
Références bibliographiques	
Annexes	

Introduction Générale

Introduction

Les principales cultures en Algérie sont les céréales. Leur importance se justifie à travers une large utilisation de leurs produits qui sont les plus consommés. Avec une population en perpétuelle croissance, les rendements faibles ne peuvent satisfaire les besoins nationaux malgré les subventions de l'état.

Au niveau des hauts plateaux, la céréaliculture est la plus pratiquée notamment dans la région de Tiaret jadis appelée le grenier de l'Algérie. Parmi les obstacles qui entravent la culture des céréales, il est à citer les aléas climatiques (la variation de la température et la faible pluviométrie).

A cela, s'ajoutent les bio-agresseurs qui affaiblissent les productions des céréales, notamment les nématodes phytoparasites. Les pertes des productions agricoles dues aux nématodes ont été estimées à 10% de la production mondiale (WHITEHEAD, 1998).

Les nématodes des plantes peuvent être endoparasites, ectoparasites ou semi-endoparasites. Le nématode à kyste *Heterodera avenae* Wollenweber, 1924 est un endoparasite obligatoire des graminées. C'est le nématode la plus étudié et le plus dommageable connu depuis plus d'un siècle (RIVOAL et al., 1985).

MEAGHER en 1977 a signalé qu' *H. avenae* est endémique en Europe, dans le bassin méditerranéen, en Inde et en Australie. Les pertes dues à *H. avenae* sont considérables en Italie, elles ont été estimées à 2,6 Milliards de lire italienne pour le blé (GRECO et al., 1993) et en Arabie Saoudite AL HAZMI et al. (1999) mentionnent une perte de 80 pour cent de grains de blé. Les pertes sont de 32% de la production des céréales en Inde (SINGH et al., 1980), 30 à 40 % en Angleterre (REDDY, 1983) et 5 à 10% au sud de la France (RIVOAL et al., 1990). En Tunisie les pertes de rendement varient de 19 à 86% pour l'orge et 26 à 96% pour le blé (NAMOUCHI-KACHOURI et al., 2008).

En Algérie *H. avenae* a été signalée depuis 1961 par SCOTTO LA MASSESE, MOKABLI et al. en 2001 l'a identifiée en Mitidja, dans les hauts plateaux et dans les plaines intérieures.

Sa biologie a été développée par MOKABLI (2002) et SMAHA et *al.* (2009). Sa virulence a été étudiée par HADDADI et *al.* (2013).

En Algérie, les pertes causées par ce nématode ne sont pas bien connues. En effet, l'insuffisance de données sur cette espèce et ses pertes justifient le choix du sujet qui porte sur l'étude du nématode à kyste *H. avenae* dans la région de Tiaret.

Le présent travail s'articule autour de trois volets. La première partie est consacrée à l'étude de la répartition du nématode à kystes *H. avenae* sur quelques parcelles de certaines communes à vocation céréalière de la région de Tiaret pour évaluer les degrés d'infestation des parcelles afin d'étudier l'impact de l'infestation du nématode sur les rendements des céréales.

La fluctuation des degrés d'infestation est probablement due à la nature du sol (paramètres édaphiques) ; ce qui nous a poussé à traiter dans la deuxième partie l'influence des paramètres édaphiques sur les degrés d'infestation du nématode dans quelques communes de la wilaya de Tiaret. Les paramètres édaphiques étudiés sont la texture, l'humidité, la matière organique, le calcaire total et le calcaire actif.

Le comportement de quelques variétés de céréales vis-à-vis d'*H. avenae* est abordé dans le troisième volet. Les variétés sont testées pour rechercher la tolérance ou la résistance à l'attaque du nématode.

PARTIE

BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre - I -

Analyse bibliographique

sur Heterodera avenae

Chapitre I - Généralités sur *Heterodera avenae*

Les nématodes font partie des vers ronds non segmentés, cylindriques ou filiformes revêtus d'une cuticule. Ils comportent des formes libres et des formes parasites. Les formes libres sont présentes dans les mers et dans les eaux douces ainsi que dans les sols. Les formes parasites se rencontrent chez les végétaux, les animaux et l'homme (RIDET *et al.*, 1996), avec un million d'espèces se sont les métazoaires les plus abondants (HUGOT, 2001), seul 17% des espèces sont parasites de plantes (MATEILLE, 2012).

Les nématodes phytoparasites sont soit, endoparasites soit, ectoparasites soit, encore des semi-endoparasites. *Heterodera avenae* est un endoparasite sédentaire des céréales à paille et du maïs (DE GUIRAN, 1983).

I. 1. Position systématique

La classification des nématodes est basée essentiellement sur les critères morphologiques, biométriques des kystes : forme générale couleur, taille (RIVOAL et COOK, 1993), surtout le cône vulvaire (WILLIAMS et SIDDIQI, 1972) et le stylet de la larve de deuxième stade (STONE, 1977).

Selon REDDY (1983), *H. avenae* occupe la position systématique suivante :

Règne :..... Animal
Sous Règne :..... Métazoaires
Embranchement :..... Némathelminthes
Sous Embranchement :..... Nématodes
Classe :..... Nematoda
Sous Classe :..... Secernentea
Ordre :..... Tylenchida
Sous Ordre :..... Tylenchida
Super Famille :..... Heteroderoïdea
Famille :..... Heteroderidae
Sous Famille :..... Heteroderinae
Genre :..... Heterodera
Espèce : *Heterodera avenae* (WOLLENWEBER, 1924).

I.2-Répartition et importance économique d'*H. avenae*

I.2.1- Répartition d'*H. avenae*

I.2.1.1-Dans le monde

Le nématode à kyste *H. avenae* Woll. a été identifié pour la première fois en Allemagne en 1874 comme parasite obligatoire des graminées.

Sa biologie et ses dégâts ont été signalés par des nématologistes dans le monde entier tel qu'en Suède par ANDERSSON (1961) in RIVOAL (1983), en Australie par BROWN (1969), en France par RIVOAL (1973), en Suisse par VALLOTTON et VEZ (1981), en Grande Bretagne par COOK (1982), en Allemagne par STURHAN (1982), en Belgique par CLAMOT (1982), en Espagne par ROMERO (1982), en Inde par SHARMA et SWARUP (1984) en Italie par GRECO et *al.* (1993), en Chine par ZHANG et *al.* (1994), en URSS par SUBBOTIN et *al.* (1996), en Arabie saoudite par IBRAHIM et *al.* (1999), en Turquie et en Syrie par ABIDOU et *al.* (2002), en Iran par TANHA MAAFI et *al.* (2003) en Slovaquie par RENCO (2005) et aux Etats unis par SMILEY et *al.* (2005) (**Fig. 01**).

En Afrique, *H. avenae* a été retrouvée en Algérie depuis 1961 par SCOTTO LA MASSESSE, mais sa biologie a été décrite par MOKABLI et *al.* (2002), au Maroc par RAMMAH (1994), en Tunisie par NAMOUCHI et B'CHIR (2004) et en Lybie par SIDDIQI et KHAN (1986).

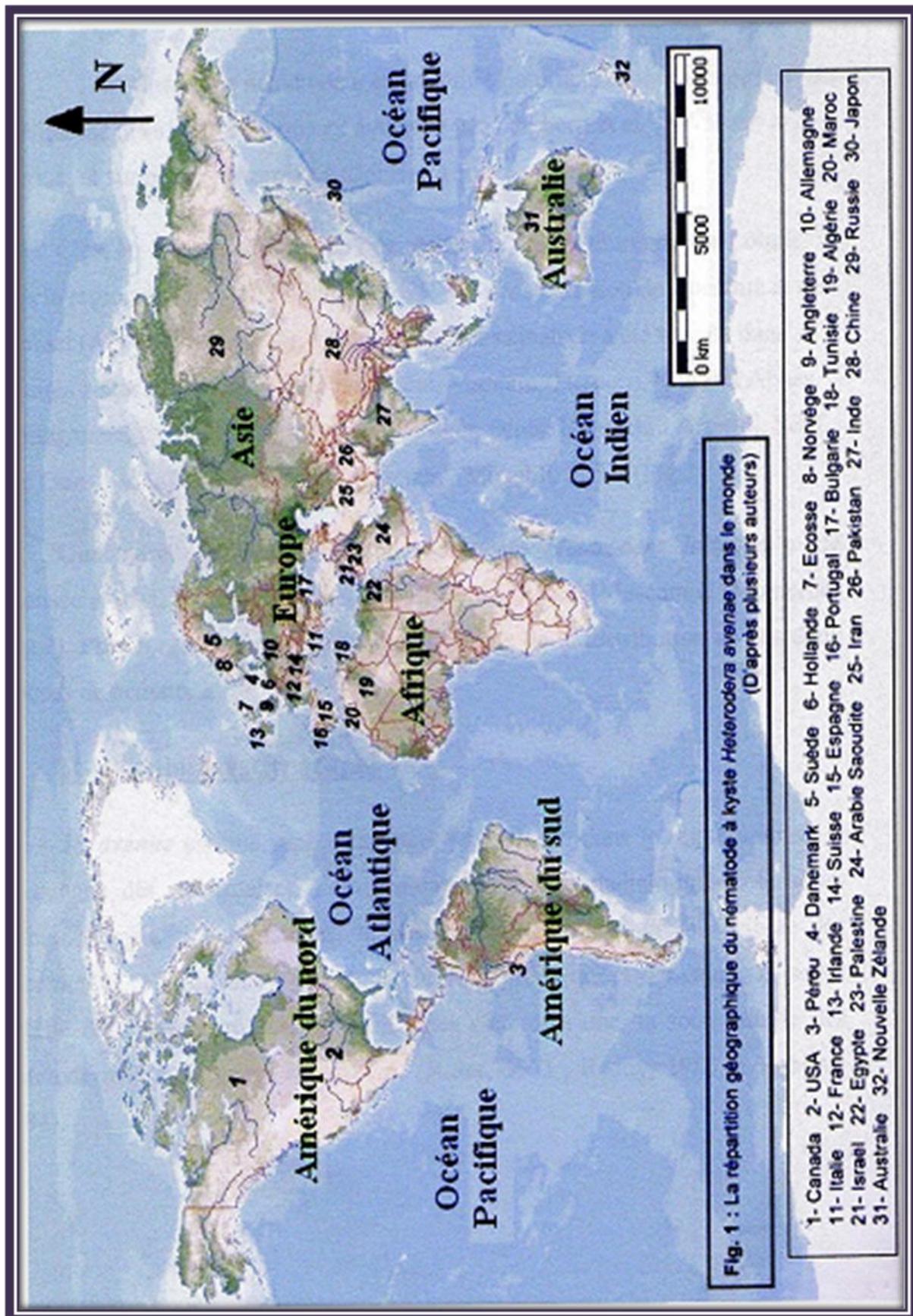
I.2.1.2-En Algérie

En Algérie, ce nématode a été signalé pour la première fois par SCOTTO LA MASSESSE (1961). Il a été mis en évidence par LAMBERTI et *al.* (1975) sur orge à Birtouta et sur blé à Sidi Bel Abbès.

C'est en 1992 que les travaux de recherche ont été entrepris par LOUNIS (1992) dans la région de Djendel et par FERHAOUI (1993) dans la wilaya d'Ain Defla.

D'après AZZIZI (1993), sa présence fut signalée dans plusieurs régions (Oued Smar, Birtouta, Baba Ali, Boufarik, Mouzaia, Hadjout et Bourkika), en 1995, dans plusieurs communes de la wilaya de Tiaret par LABDELLI et dans la wilaya de Sétif par BENNOUI (1996).

Sa biologie a été développée par MOKABLI (2002) et SMAHA et al. (2009). Sa virulence a été étudiée par HADDADI et al. (2013).



I.2.2-Importance économique d'*H. avenae*

Les pertes des productions agricoles dues aux nématodes sont estimées à 10% de la production mondiale (WHITHEAD, 1998).

H. avenae a engendré des baisses de rendement de 5 à 10% pour le blé et l'orge de printemps au sud de la France (CAUBEL *et al.*, 1980), alors qu'en Angleterre les diminutions de production peuvent atteindre 30 à 40% (REDDY, 1983). Selon SMILEY *et al.* (1994), les pertes sont de 50% de la production aux Etats Unis, de 40 à 50% au Maroc (RAMMAH, 1994), 40 à 92 % en Arabie Saoudite (IBRAHIM *et al.*, 1999) et de 20 à 30 % de pertes en Chine (PENG *et al.*, 2009).

I.3 –Description d'*H. avenae*

H. avenae présente un dimorphisme sexuel très prononcé à l'état adulte (RIVOAL, 1978). Il se caractérise essentiellement par la formation des kystes (CHOPPIN De JANVRY, 1971). Les stades les plus décrits sont les larves de deuxième stade et les kystes, car ils constituent les stades apparents les plus utilisés en systématique (**Fig. 02**).

La taxonomie est basée sur les caractéristiques morphologiques du kyste mur, telles que la forme générale, la taille et la couleur (ROMERO, 1982; RIVOAL et COOK, 1993) et essentiellement sur les observations microscopiques du cône vulvaire (WILLIAMS et SIDDIQI, 1972).

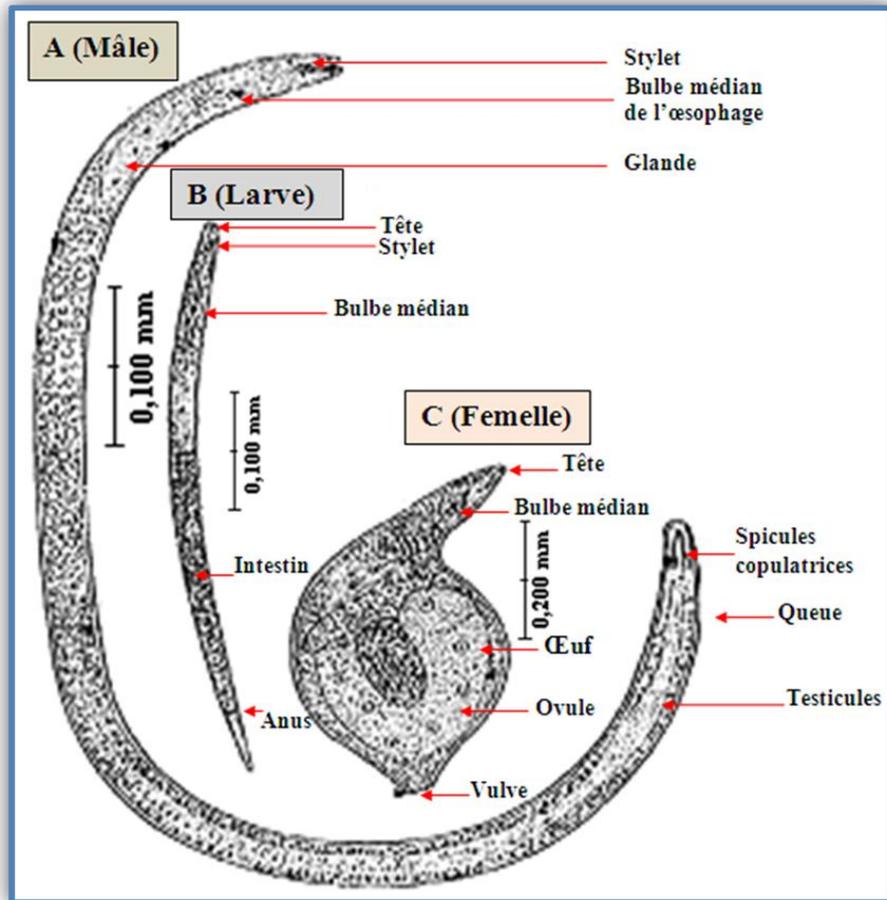


Fig. 02 : Morphologie du nématode à kyste *H. avenae* (TAYLOR, 1968)

I.3. 1- Les œufs

Les œufs (Fig. 03) sont renfermés dans le corps de la femelle adulte transformée en kyste. Ils sont hyalins, lisses et de forme ovale (VOLVAS, 1985). Leur longueur est de 126 μm et leur largeur est de 56 μm (WILLIAMS et SIDDIQI, 1972).

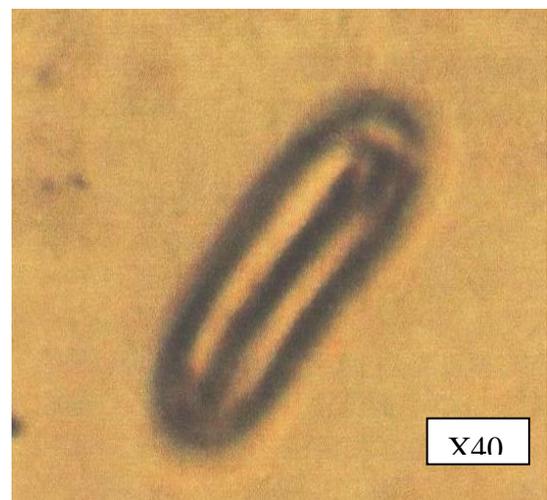
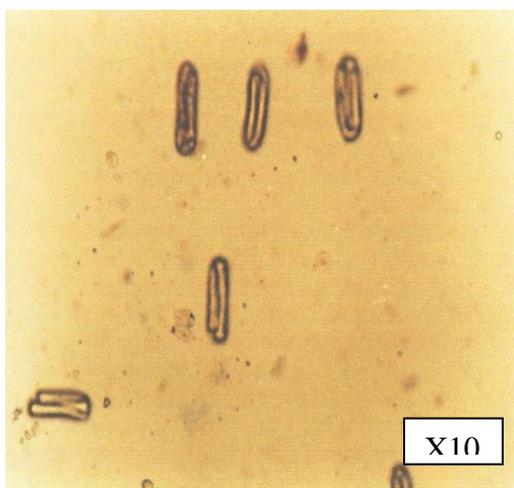


Fig. 03 : Œufs embryonnés d'*Heterouera avenae* (original)

I.3. 2- Les larves

I.3. 2.1- Les larves du 1^{er} stade (L₁)

Les larves du premier stade (L₁) sont contenues dans l'œuf. Elles sont pliées en quatre (WILLIAMS et SIDDIQI, 1972).

I.3. 2.2- Les larves du 2^{ème} stade (L₂)

Les larves du second stade (L₂) représentent le stade infestant (PERSON-DEDRYVER, 1989 ; RIVOAL et *al.*, 1990). Elles sont vermiformes avec une queue très effilée, comportant une portion terminale hyaline de 35 à 45 µm de long à leur partie postérieure, (**Fig. 04**). Elles sont munies à leur partie antérieure d'un stylet buccal très puissant (WILLIAMS et SIDDIQI, 1972) (**Fig. 05**).



Fig. 04 : Larve de second stade (L₂) d'*Heterodera avenae* (Gr x 40) (original)

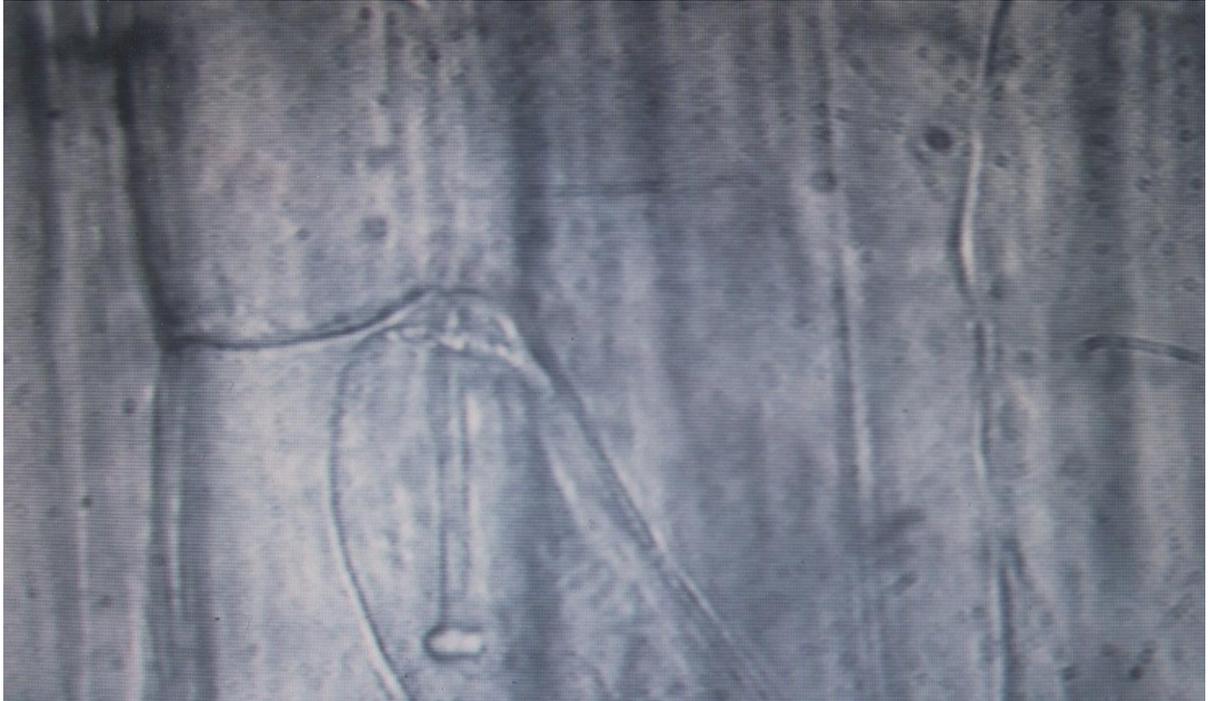


Fig. 05 : Tête avec stylet d' *Heterodera avenae* (original)

I.3. 2.3-Les larves du 3^{ème} stade (L₃)

Les larves du troisième stade (L₃) sont gonflées et sédentaires avec une queue courte à la partie postérieure et un stylet buccal à la partie antérieure (**Fig. 06**).



Fig. 06 : Larve du 3^{ème} stade (L₃) d' *Heterodera avenae* (original)

I.3. 2.4- Les larves du 4^{ème} stade (L₄)

Les larves du quatrième stade (L₄) ont les mêmes caractéristiques que les larves du troisième stade, avec un anus terminal (WILLIAMS et SIDDIQI ,1972) (**Fig. 07**).



Fig. 07 : Larve du 4^{ème} stade (L₄) d'*Heterodera avenae* (original)

I.3.2. 5- Le mâle

Le mâle est filiforme, mobile et migrateur. Il mesure 1,5 mm (RIVOAL, 1978) et possède une paire de spicules, d'une longueur de 35 à 36 µm, qui jouent un rôle lors de la copulation (SHEPHERD et *al.*, 1973).

I.3.2. 6 - La femelle

La femelle est sédentaire, globuleuse, sphérique ou citriforme d'environ 0,5 mm à 0.8 mm de longueur et 0.4 à 0.6 mm de largeur de diamètre (WILLIAMS et SIDDIQI, 1972 ; RIVOAL, 1978 ; RIVOAL et COOK, 1993) (**Fig. 08**).

Elle est de couleur blanchâtre puis elle devient sombre à la maturité (DE GUIRAN, 1983). Sa tête présente un cou proéminent et sa partie postérieure présente un cône vulvaire (WILLIAMS et SIDDIQI, 1972).

La femelle meurt après la fécondation et la ponte, puis se transforme en un kyste brun bourré d'œufs (SCHNEIDER, 1965).



Fig. 08: Femelle blanche sur racine d'*H. avenae* (original)

I.3.2. 7- Le kyste

Le kyste est le corps de la femelle adulte dont la cuticule subit un tannage quelques semaines après sa mort, puis durcit (DE GUIRAN, 1983). Le kyste est citriforme, de couleur brun foncé. (CHOPPIN DE JANVRY, 1971) (**Fig. 09**).

La forme, la taille et la couleur du kyste varient d'une population à l'autre (MOKABLI, 2002). Il est généralement citriforme, sa largeur s'étale de 412 à 555 μm et sa longueur varie de 618 μm jusqu'à 823 μm , de couleur brun foncé (RIVOAL, 1973 ; REDDY, 1983 ; RIVOAL et SARR, 1983 ; VOLVAS, 1985 ; MOKABLI, 2002).

Le kyste contient en moyenne 200 à 250 œufs, mais les kystes les plus larges peuvent contenir plus de 600 œufs (WILLIAMS et SIDDIQI, 1972).

Du point de vue biochimique, l'enkystement est une oxydation des polyphénols de la cuticule de la femelle adulte, sous l'action d'une enzyme appelée polyphénoloxydase. Cette oxydation est nécessaire à la stabilisation du collagène souple durant la croissance de l'organisme afin qu'il puisse persister très longtemps dans le sol, (SHEPHERD et *al.*, 1972) en l'absence de la plante hôte. Cette longévité peut aller de 5 à 10 ans (SACRISTAN et *al.*, 1983).

Le kyste ainsi formé est couvert par une couche subcristalline, de nature cireuse mais perméable qui lui permet de supporter les conditions adverses (BROWN et *al.*, 1971).

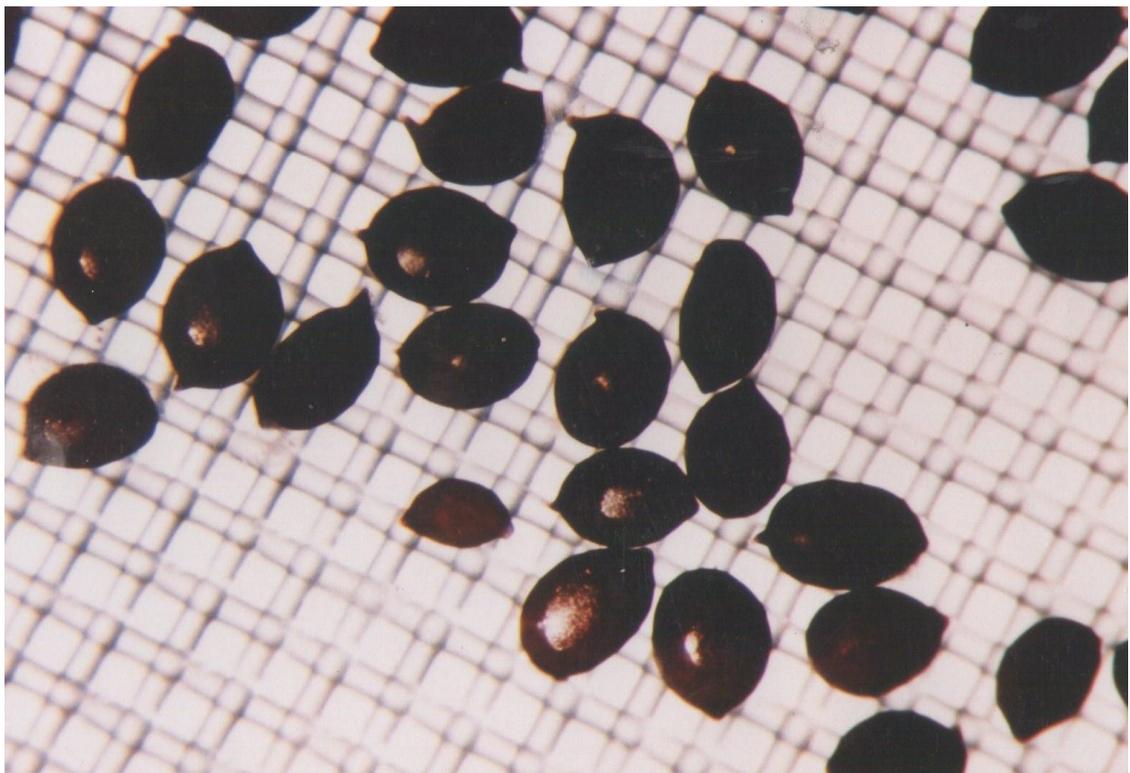


Fig. 09 : Kyste d'*H. avenae* (Original)

I.4 -Le cycle biologique d'*Heterodera avenae*

Le cycle de développement d' *H. avenae* comporte cinq stades (**Tab. 01**).

**Tableau N° 01 : La durée du cycle de développement d' *H. avenae* Woll.
(SOSAMOSS ,1966)**

	Stade de développement	Durée de stade
Intervalle commun	Zygote → Gastrulation	7 à 8 jours
	Gastrulation → 1 ^{er} mue	6 à 7 jours
	1 ^{er} mue → diapause	Temps indéterminé (plusieurs mois ou moins)
	2 ^{eme} stade → 2 ^{eme} mue	5 à 7 jours
Mâle	2 ^{eme} à la 3 ^{eme} mue	6 à 9 jours
	Métamorphose (stade pré adulte)	10 jours
	Mâle adulte	7 à 10 jours
Femelle	2 ^{eme} à la 3 ^{eme} mue	13 à 16 jours
	3 ^{eme} à la 4 ^{eme} mue	6 à 8 jours
	De la jeune femelle au kyste	45 à 60 jours

H. avenae est caractérisé par la formation de kystes qui sont le corps de la femelle adulte bourré d'œufs. Après la mort, celle -ci se transforme en coque protectrice brune extrêmement résistante aux agents de destruction. Les kystes contiennent des œufs pouvant rester viables pendant de nombreuses années (5 à 10 ans) (SOSA MOSS, 1966 ; TAUPIN, 1987).

Ce kyste contient plusieurs centaines de larves (juvéniles) qui y sont protégées. Leurs sorties dépendent de l'humidité du sol et de la température (RIVOAL et BOURDON, 2005). Ces juvéniles au deuxième stade de leurs développement envahissent les céréales au niveau de l'apex des racines puis migrent et se fixent près du cylindre central pour s'alimenter (**Fig. 10**).

Là, elles vont subir trois mues pour aboutir soit à un mâle filiforme de 2mm de long soit à une femelle blanche en forme de citron de 0,5 mm de diamètre, la fécondation est obligatoire.

Selon BERGE et *al.* (1981), *H. avenae* est une espèce « amphimixique », dont les mâles fécondent les femelles. Une larve peut donner une femelle mais celle-ci demeure vide d'œufs si elle n'est pas fécondée.

Dans les conditions naturelles, une femelle peut être fécondée par plusieurs mâles, de même un mâle peut féconder plusieurs femelles (DALMASSO et *al.*, 1982). Les accouplements se font en général de manière aléatoire avec un faible risque de consanguinité (BOSSIS et RIVOAL, 1989).

La femelle blanche quitte les cellules végétales, sa paroi durcit et bruni pour donner le kyste brun contenant la descendance en larves qui se détachent des racines. A l'intérieur des œufs, les larves se développent jusqu'au deuxième stade et quelques-unes éclosent de sorte que les kystes d'*H. avenae* contiennent presque toujours, à la fois des œufs et quelques larves. Ces kystes peuvent contenir de 200 à 600 œufs dans les cas extrêmes (VALLOTTON, 1976). Cette espèce produit une seule génération par an.

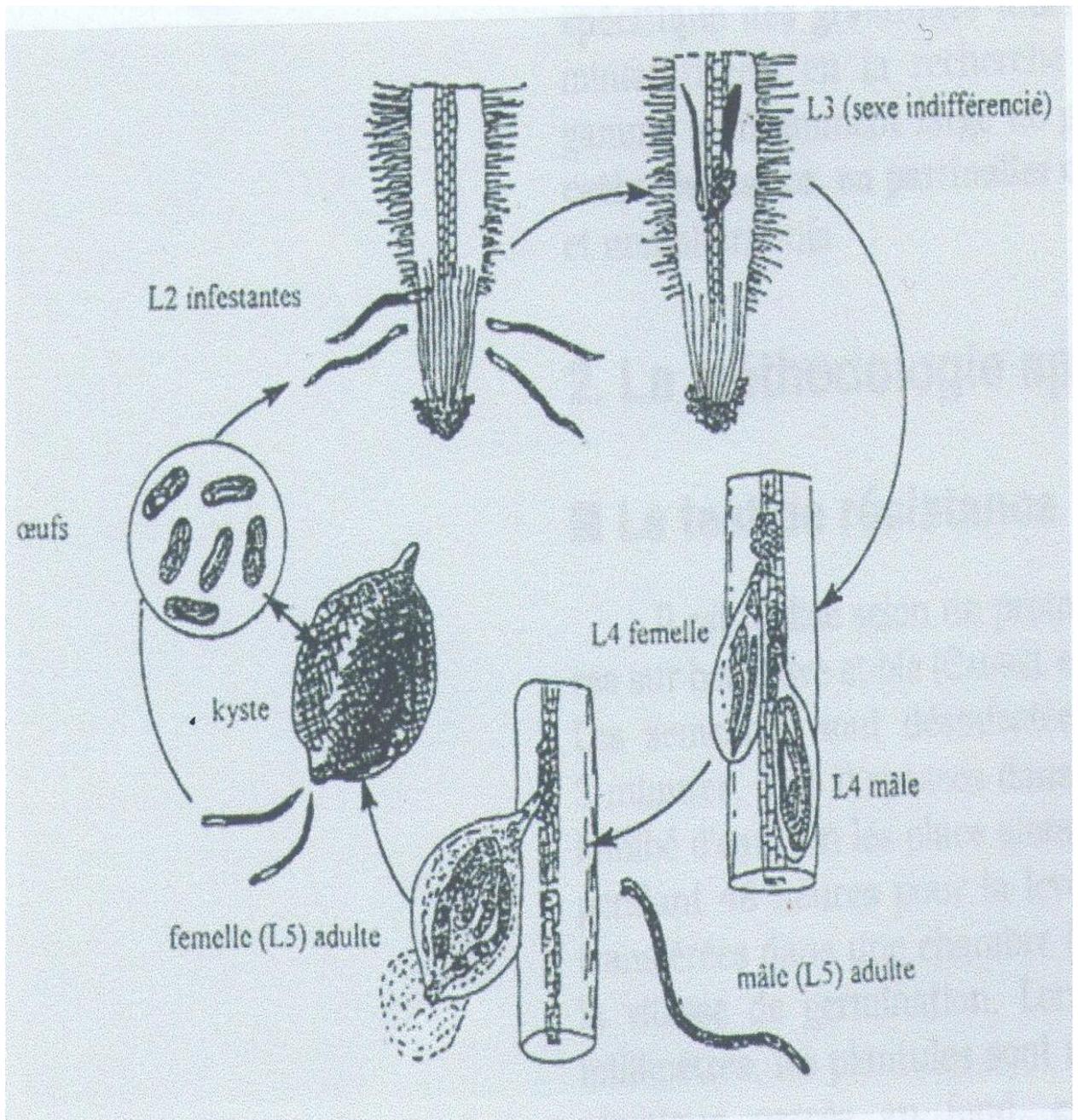


Fig. 10 : Cycle biologiques d' *H. avenae* (Rivoal et Bourdon, 2005)

I.5- Facteurs favorables au développement d'*H. avenae*

Des facteurs abiotiques et biotiques peuvent influencer le développement d'*H. avenae*.

I.5.1-Les facteurs abiotiques

I.5.1.1-Les facteurs climatiques

I.5.1.1.1-L'humidité

Les successions des périodes humides favorisent les pénétrations des larves de ces ravageurs. Les attaques d'*H. avenae* coïncident avec les périodes pluvieuses. Ces dernières présentent les périodes printanières et automnales (SCOTTO LA MASSESE, 1986). 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).

I.5.1.1.2 La température

La température a un rôle prédominant dans le développement d'*H. avenae*. Ce dernier a des exigences thermiques très variables, (FUSHTEY et JOHNSON, 1966 ; BANYER et FISHER, 1971).

D'après RIVOAL et IREHOLM (1990) ; SMAHA (1998) et MOKABLI et *al.* (2001), les basses températures stimulent l'éclosion et le développement des larves, alors que les hautes températures les inhibent.

En Algérie, d'après MOKABLI et *al.* (2001), HAMROUN (2006) et SMAHA et *al.* (2009), la température optimale pour l'évolution de ce parasite s'étale de 7 à 25°C.

Deux écotypes sont détectés selon les intensités d'éclosion (RIVOAL et IREHOLM, 1990). D'après CAUBEL et *al.* (1980), la différence observée au niveau des taux annuel de sorties larvaires, les kystes des populations méridionales ne libèrent que 30% du contenu larvaire, alors que les kystes de populations septentrionales les sorties larvaires sont très élevées, 60% du contenu larvaire.

Ces deux écotypes sont différents également au niveau du nombre du cycle annuel d'éclosion, quatre cycles de sorties larvaires sont possibles pour l'écotype méridional, et deux cycles chez l'écotype septentrional (RIVOAL et *al.*, 1985).

Selon RIVOAL et IREHOLM (1990), les pourcentages d'éclosion des larves d'*Heterodera avenae* sont échelonnés dans le temps et peuvent durer plusieurs années.

Un écotype traduit l'adaptation de certaines races à des écosystèmes particuliers (CAUBEL et *al.*, 1980). Cette adaptation se caractérise par un décalage dans le cycle d'éclosion, consécutif à une différence de diapause (RIVOAL et *al.*, 1985 ; ZANCADA et SANCHEZ, 1989).

Actuellement, il existe deux écotypes : un écotype inféodé aux régions à climat méditerranéen (écotype méridional) et un autre sévit dans les régions à climat océanique plus ou moins tempéré (écotype septentrional) (VALDEOLIVAS et *al.*, 1991).

L'écotype méridional présente une activité hivernale par suite de la levée d'une diapause estivale.

Cet écotype est présent chez les populations du sud de la France (RIVOAL et *al.*, 1985). Ainsi, cet écotype est présent chez les populations de l'Espagne (VALDEOLIVAS et *al.*, 1991), également au sud de l'Australie, (MEAGHER, 1970 in ZANCADA et SANCHEZ, 1989), et les populations algériennes (SMAHA, 1998; MOKABLI, 2002 et HAMROUN, 2006).

Des larves de second stade (L₂) d'*H. avenae* et leur émergence ont fait l'objet de plusieurs travaux, aussi bien au laboratoire qu'en conditions naturelles (plein champ).

Au Canada et dans les pays de l'Europe du nord, l'émergence de juvéniles commence lorsque les températures atteignent 15 à 20 °C (FUSHTEY et JOHNSON, 1966).

En France RIVOAL (1986 a) a montré que l'optimum thermique de l'éclosion se situe entre 10 et 15°C pour l'écotype septentrional et 5°C pour l'écotype méridional.

D'après RIVOAL et IREHOLM (1990), l'éclosion des populations *H. avenae* coïncident avec les basses températures.

I.5.1.2-Les facteurs édaphiques

I.5.1.2.1 Type de sol

D'après CAUBEL et *al.* (1980), *H. avenae* se rencontre sur tous les types de sol, mais les sols légers sont les plus favorables (STURHAN, 1982), tandis que les sols lourds permettraient aux cultures de mieux supporter les attaques d'*H. avenae* (CHOPPIN DE JANVRY, 1971).

D'après TRIGIANO et *al.* (2004), la texture et la structure du sol sont d'importance primaire en déterminant le nombre et le type de nématode.

I.5.1.2.2-La porosité

Selon RIVOAL et RIVIERE (1989), la porosité favorise le déplacement d'*H. avenae* vers les horizons profonds où ils constituent un potentiel infectieux assurant ainsi la pérennité du parasite.

I.5.1.2.3- L'oxygène

L'absence d'air dans les sols inondés et dans les sols lourds limite le développement d'*H. avenae* (CAYROL, 1975).

I.5.2 -Les facteurs biotiques

I.5.2.1- La plante hôte

La pullulation d'*H. avenae* est souvent favorisée par les cultures céréalières intensives qui favorisent le retour des céréales sur la même parcelle (CAUBEL et *al.*, 1980 ; RIVOAL et *al.*, 1985).

Les graminées maintiennent en permanence les populations du nématode, notamment dans les zones où la céréaliculture est la plus dominante (MOKABLI, 2002).

La confrontation de populations à divers génotypes ou gènes chez les céréales (orge, avoine et blé) a mis des différences dans leur capacité à se développer. Il existe une différence entre les pathotypes par leur aptitude à contourner des gènes de résistance connus.

Dans le cas d'*H. avenae*, les pathotypes sont définis par leur possibilité de se multiplier ou non sur les plantes d'une gamme d'hôtes constituée d'orge, de blé, d'avoine ou de seigle (ANDERSSON, 1982).

COOK et RIVOAL (1997), ont montré une extrême variabilité dans les relations génétiques entre les populations d'*H. avenae* et les hôtes potentiels.

Les pathotypes sont numérotés de Ha₁ à Ha_n en utilisant des termes correspondant pour les gènes de résistance dans les plantes. En Algérie, HADDADI et *al.* en (2013), ont identifié le pathotype de deux populations (Tiaret et Oued Smar) non distinct des pathotypes Ha21, Ha31, Ha81.

Le polymorphisme d'*H. avenae* a pour conséquence de varier sa nuisibilité d'une céréale à une autre, voire d'un cultivar à un autre (RIVOAL et *al.*, 1985).

Ainsi, les races méridionales s'avèrent plus nuisibles sur les céréales d'hiver (LACOMBE et GARCIN, 1988 ; RIVOAL et COOK, 1993), alors que les races septentrionales le sont sur céréales de printemps (LACOMBE et GARCIN, 1988).

I.6 -Les symptômes

L'examen et la constatation des racines coralliformes facilitent le diagnostic d'une attaque par *H. avenae* (ESMENJAUD et *al.*, 1987).

I.6.1- Symptômes sur la partie aérienne

Une parcelle infestée par *H. avenae* présente des taches claires ou poussent des plants chétifs et rabougris (WILLIAMS et SIDDIQI, 1972 ; REDDY, 1983) (**Fig. 11**). Ces taches confèrent à la culture un aspect hétérogène et sont aussitôt envahies par les mauvaises herbes (SACRISTAN et *al.*, 1983).

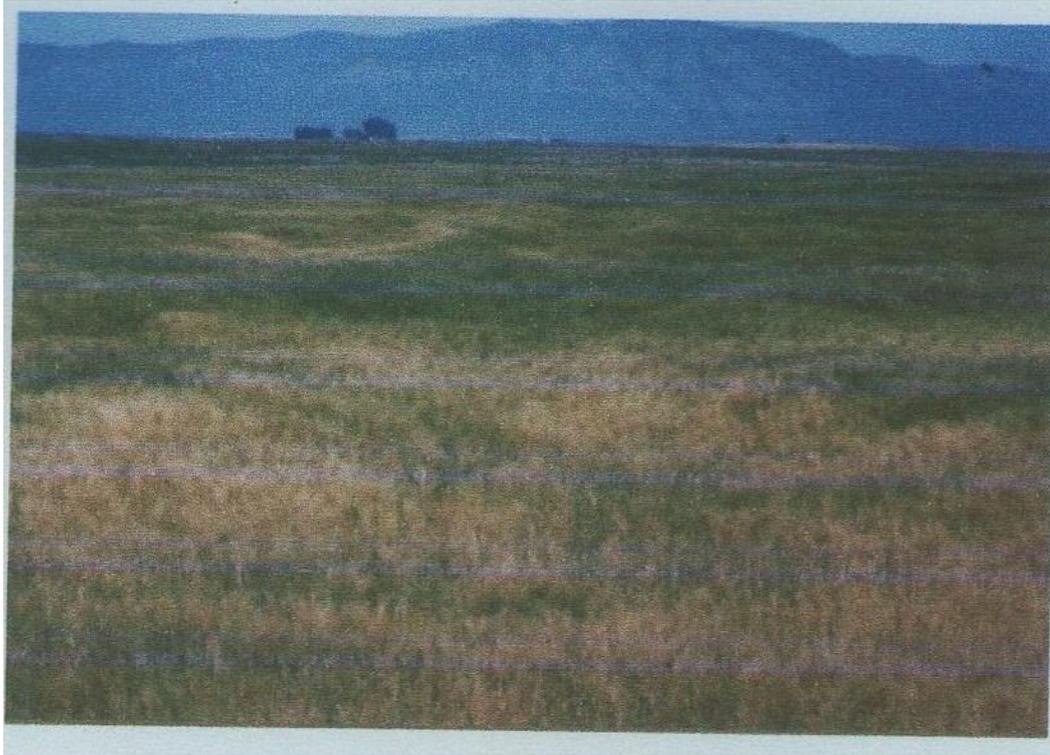


Fig. 11 : Aspect hétérogène d'une parcelle de céréales (SMILEY et NICOL, 2009)

Ceux-ci ne sont pas spécifiques et résultent d'un mauvais fonctionnement du système racinaire, rendu inapte à nourrir convenablement la plante. On peut y noter :

Un rabougrissement : la céréale attaquée reste naine (REDDY, 1983), suite à un ralentissement de la croissance au niveau de la tige (RIVOAL et *al.*, 1990).

Une décoloration du feuillage : les feuilles des plants attaqués se décolorent puis prennent une couleur rougeâtre caractéristique (WILLIAMS et SIDDIQI, 1972 ; SACRISTAN et *al.*, 1983 et RIVOAL et COOK, 1993).

I.6.2- Symptômes sur la partie racinaire

C'est à ce niveau que le symptôme le plus typique est observé. La pénétration des larves infestantes du second stade (L_2) se fait en arrière du point végétatif (WILLIAMS et SIDDIQI, 1972).

D'après CAUBEL et RIVOAL (1972), le système racinaire de la plante ainsi attaquée est généralement peu profond et qualifié de coralliforme, à cause d'un nombre anormalement abondant de radicelles (**Fig. 12**).

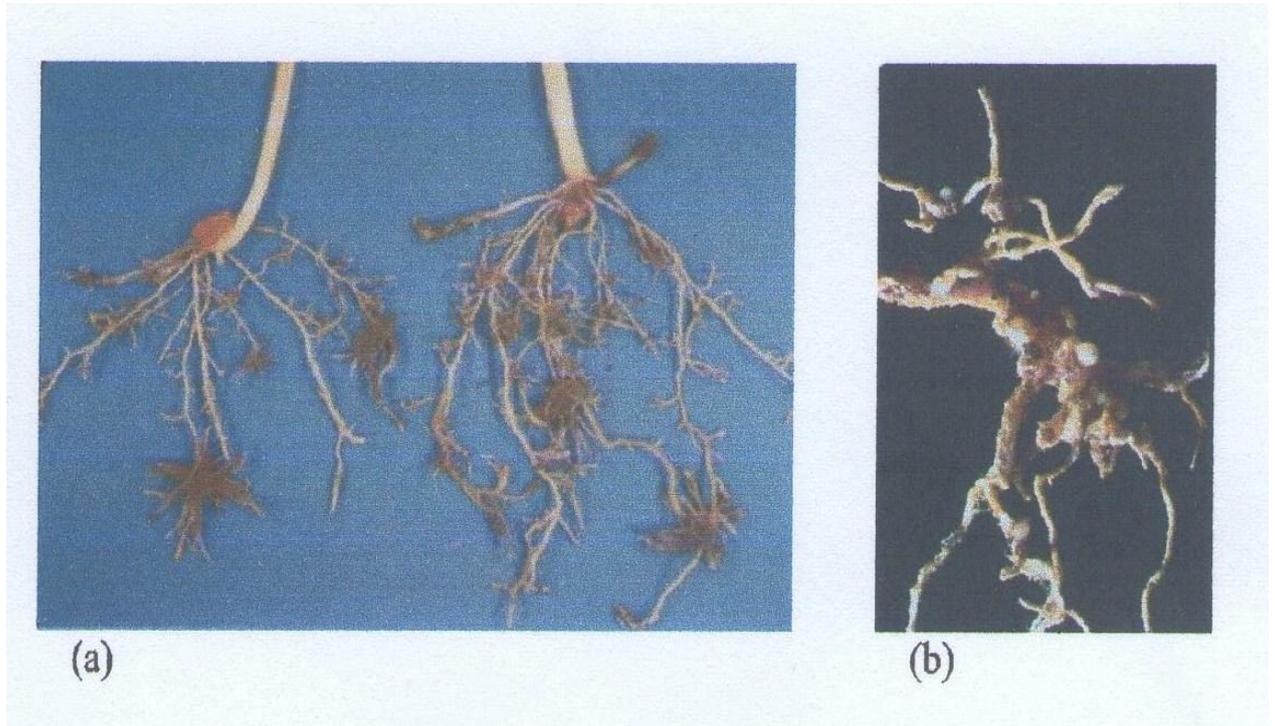


Fig. 12 : Aspect coralliforme sur racine de céréale (SMILEY et NICOL, 2009)

I.7-Les méthodes de lutte contre *H. avenae*

D'après SACRISTAN et *al.* (1983), la lutte contre *H. avenae* est difficile vu la longue durée de vie des kystes dans le sol, même en absence des plantes hôtes.

La mise au point d'un programme de lutte contre ce parasite doit mettre en oeuvre un ensemble de mesures préventives et curatives pour mieux protéger les cultures de céréales.

I.7.1-Mesures préventives

La lutte contre le nematode doit commencer avant son installation dans le champ, en maintenant les parcelles indemnes et propres, en prévenant la dissémination par les outils de travail et les eaux d'irrigation (REDDY, 1983).

Les instruments de travail du sol utilisés doivent être soigneusement nettoyés avant leur usage dans d'autres parcelles non infestées. Ces mesures ne sont pas suffisantes en elles-mêmes, mais elles constituent un complément indispensable de moyens plus efficaces (DE GUIRAN, 1983).

I.7.2-Mesures curatives

Ce sont essentiellement des méthodes culturales, chimiques et biologiques.

I.7.2.1- Méthodes culturales

I.7.2.1.1- La jachère

D'après TAYLOR (1968), les labours réalisés pendant la saison sèche (été) permettent la destruction des nématodes par leur exposition à la chaleur.

La jachère consiste à priver le nématode de ses plantes hôtes (graminées) (REDDY, 1983). La jachère totale semble être un procédé très efficace (RIVOAL et COOK, 1993). Elle occasionne en une année une réduction de 40% dans certaines situations où le parasite présente une plus forte activité d'éclosion (RIVOAL, 1986 b).

I.7.2.1.2- Date de semis

Les dates et les conditions de semis influencent le développement d'*H. avenae*. Il est généralement admis que les céréales semées en automne tolèrent mieux les attaques d'*H. avenae* que celles de printemps, parce que le système racinaire des premières est beaucoup plus développé au moment de la pénétration du parasite (CAUBEL *et al.*, 1980 ; BROWN *et al.*, 1982 ; MEAGHER, 1982).

I.7.2.1.3- La fertilisation et les amendements

Les amendements organiques, tels que les engrais verts accroissent l'activité biologique du sol et favorisent le développement des antagonistes du nématode (CAUBEL *et al.*, 1980 et REDDY, 1983).

De même, une fertilisation minérale est bénéfique au développement de la plante (SCHNEIDER, 1965). Alors que CAUBEL *et al.* (1980), ont montré qu'un apport de potasse inhibe l'éclosion larvaire du parasite.

I.7.2.1.4 -La rotation culturale

La rotation culturale consiste à introduire la culture des plantes non hôtes appartenant à d'autres familles botaniques (autres que les graminées). Celles-ci réduisent considérablement les populations annuelles d'*H. avenae* (SCHNEIDER, 1965 ; WILLIAMS et SIDDIQI, 1972 ; CAUBEL *et al.*, 1980 ; RIVOAL et BESSE, 1982). Toutefois, le taux de réduction varie considérablement selon le taux d'éclosion des larves à partir des kystes, qui diffère selon l'écotype (CAUBEL *et al.*, 1980 ; RIVOAL *et al.*, 1985) et le pathotypes (SANCHEZ et ZANCADA, 1985).

Certaines cultures protéagineuses, telles que le pois chiche (REDDY, 1983) et la féverole (PERSON -DEDRYVER, 1989) limitent largement la multiplication d'*H. avenae* et améliorent la teneur du sol en azote (BROWN *et al.*, 1982). Le maïs occasionne une réduction annuelle des effectifs d'environ 60% mais sa présence dans la rotation doit être protégée par des traitements nématicides localisés (SCHNEIDER, 1965 et PERSON-DEDRYVER, 1989). RIVOAL et BESSE (1982), rapportent que trois années consécutives de sorgho occasionnent une destruction quasi-totale des populations d'*H. avenae*.

La résistance au nématode à kystes *H. avenae* est une opposition au développement des larves infestantes (L₂) en femelles dans les racines (RIVOAL *et al.*, 1991). La tolérance traduit la capacité d'une variété à supporter une attaque du nématode sans perte de rendement (DOUSSINAULT *et al.*, 1986).

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 (RIVOAL, 1988).

D'après DOSBA et RIVOAL (1981), la résistance d'une variété peut être contournée par la sélection des races agressives préexistantes ou obtenues à la suite d'une mutation.

L'utilisation des variétés résistantes représente un outil avantageux, car elle évite de perturber l'organisation technique et économique de la production. Leur utilisation doit se faire avec beaucoup de précautions (RIVOAL et *al.*, 1985).

I.7.2.2-Méthodes chimiques

L'emploi de nématocides est peu fréquent en cultures céréalières en raison du coût élevé des produits disponibles et des conséquences environnementales (risque de toxicité à l'emploi des résidus) (RIVOAL et SARR, 1983).

I.7.2.3-Méthodes biologiques

La régulation des populations de nématodes dans le sol peut être envisagée aussi par l'utilisation d'antagonistes biologiques constituant de très sérieux auxiliaires dont il faut approfondir la connaissance des caractéristiques, pour permettre la mise au point des méthodes de production en masse.

Parmi les champignons parasites d'oeufs, le plus fréquent est *Verticillium chlamydosporum* qui semble avoir une large répartition géographique (CAYROL et *al.*, 1982 ; KERRY, 1988). Le principal parasite des femelles est le *Nematophthora gynophila* qui agit en empêchant la formation des kystes et en diminuant la fécondité, ainsi que la bactérie *Pasteuria penetrans* (KERRY et *al.*, 1980 ; KERRY et *al.*, 1982).

I.7.2.4-Lutte intégrée

C'est une approche de planification et de gestion des cultures et alors de décision dans laquelle on doit combiner différents moyens de lutte : culturaux, chimiques et biologiques, de manière raisonnable, efficace, durable et économique, avec la préservation de l'environnement.

Compte tenu de la complexité des problèmes posés par *H. avenae*, et pour les bien gérer, il est indispensable d'appliquer une stratégie fondée principalement sur l'intégration des méthodes de lutte citées préalablement.

Chapitre - I I-

Les propriétés physiques

et chimiques du sol

II - Les propriétés physiques et chimiques du sol

II.1-Définition

Le sol est un milieu complexe constitué de trois phases, solide, liquide et gazeuse à la différence de la roche, le sol est un milieu vivant et dynamique en perpétuelle évolution.

Représentant un réservoir de matières organiques et minérales, le sol renferme de très nombreux êtres vivants microflores, mésofaune et macrofaune, le sol est également le support des activités humaines .C'est le lieu de production agricole et forestière. (CALVET, 2003).

Le sol est non seulement un réservoir d'activité, mais également un réservoir d'espèces. C'est un milieu complexe, organisé et hétérogène. Il est receleur d'une biodiversité microbienne lui permettant d'assurer tous les processus de métabolisme ce qui implique la coexistence de niches écologiques avec des caractéristiques, physico-chimiques différentes (GOBAT et *al.*, 2003).

Les principales espèces appartiennent à différents taxons : protozoaires, nématodes, annélides, gastéropodes, isopodes, myriapodes, arachnides et les insectes.

La masse microbienne est aussi nécessaire au processus lié à la dynamique de la structure qui est définie selon la taille, la forme et l'arrangement des particules (OULBACHIR, 2010).

II.2-Les principaux paramètres édaphiques

II-2.1-La texture

La texture du sol est définie par le pourcentage d'éléments minéraux présents dans le sol qui sont classés par ordre de taille croissant (GOUROU, 1982).

La texture du sol est une expression synthétique du résultat de l'analyse granulométrique. Elle rend compte, la composition granulométrique de l'horizon considéré, elle s'exprime par la teneur relative des différentes fractions granulométriques dont le diamètre moyen est inférieur à 2 mm (BAIZE, 1988).

La texture est définie par les proportions dominantes des sables, limons et argiles sa connaissance est utile pour prévoir les comportements du sol (réserve en eau ; battance).

II.2.1.1-Classification de textures

Selon les proportions des éléments physiques du sol on retrouve :

II.2.1.1.1-Texture argileuse

Sol imperméable et mal aéré, formant des obstacles à la pénétration des racines, travail du sol difficile en raison de la forte plasticité à l'état humide ou de la compacité à l'état sec.

II.2.1.1.2-Texture limoneuse

Ce type de texture est caractérisé par la dominance de (silt) et l'insuffisance d'argile, ceci peut provoquer la formation de structure massive accompagnée de mauvaises propriétés physiques, cette tendance est corrigée par une teneur suffisante en humus.

II.2.1.1.3-Texture sableuse

Sol bien aéré, facile à travailler, pauvre en réserve d'eau vu sa faible capacité de rétention, pauvre en éléments nutritifs, à faible capacité d'échange cationique (BAUCHAMP, 1989).

II.2.1.2 -Les constituants minéraux

II.2.1.2.1- L'argile

Les argiles sont des structures semi cristallines de silicate formant des couches bidimensionnelles tenue par des liaisons hydrogènes ou ioniques, elles se dissolvent dans l'eau, leur forme dépend de la composition des matériaux originaux, bien que les ions métalliques présents à la surface des argiles puissent catalyser différentes réactions chimiques et qu'elles permettent la concentration de certains composés organiques (DUCHAUFOR, 1979).Du point vu granulométrie les argiles constituent les particules inférieures à 2 microns.

II.2.1.2.2-Le limon

C'est l'ensemble des éléments minéraux dont le diamètre est compris entre 20 et 50 microns. Le terme limon est un mélange à dominance silteuse, d'argile de silt et de sable (**tab. 02**).

II.2.1.2.3- Le sable

Sont les particules les plus résistantes à l'altération, le minéral dominant étant le quartz. Selon le diamètre, cette fraction peut se diviser en deux catégories :

- sables fins, leurs diamètres varient entre 0,05 et 0,2 mm.
- sables grossiers, leurs diamètres varient entre 0,2 et 2 mm.

Tableau N°02 : Les différents systèmes de classification des sols

Le système international D'ETTERBEG	
Argile	< 0,002mm
Limon	0,002 à 0,02mm
Sable fin	0,02 à 0,20mm
Sable grossier	0,20 à 2mm
Le système USDA	
Argile	< 0,002mm
Limon	0,002 à 0,05mm
Sable très fin	0,05 à 0,25mm
Sable fin	0,25 à 0,5mm
Sable grossier	0,5 à 1mm
Sable très grossier	1 à 2mm

BONNEAU et SOUCHIER (1979)

II.2.2 -La structure

La structure est la manière dont les éléments constituants du sol s'assemblent entre eux, cette structure est liée à l'état des colloïdes du sol qui peuvent être soit floкулés à l'état agrégats élémentaires plus ou moins stables, ou au contraire dispersés, ce qui est le cas de la structure particulaire dans la quelle les grains sont à l'état isolé quelque soit leur taille. Par ailleurs la stabilité structurale est l'aptitude d'un sol à résister à la dégradation de son état structural par l'eau (CEDRA, 1993)

II.2.2.1-Les types de structure

II.2.2.1.1-La sur structure

C'est l'ensemble des orientations ou fissure ou assemblage régulier qui sont distingués à l'œil, autour de l'élément structural principal.

II.2.2.1.2-La sous structure

C'est une subdivision de l'élément structural, par exemple une structure prismatique peut avoir une sous structure à l'élément cubique ou en plaque (BONNEAU et SOUCHIER, 1979).

II.2.2.2- Classification des structures

II.2.2.2.1- Structure particulaire

Se caractérise par l'absence d'éléments fins formant le plasma. Elles sont peu cohérentes lorsque les particules sont très fines, on parle de type cendreuse et dans le cas contraire, on parle de type sableux. Pour les sols riches en matière organique, la structure particulaire présente deux types : fibreux (tourbes) et feuilleté (litière forestière). (DUCHAUFFOUR, 1995).

II.2.2.2.2- Structure fragmentaire

Constituée d'éléments associés par les liens visibles, elle comprend un grand nombre de subdivision qui se regroupent en deux catégories : le groupe argileux (types prismatiques, cubiques, polyédriques) et le groupe arrondi (type grenue, grumeleux, unciforme) (BONNEAU et SOUCHIER, 1979).

II.2.2.2.3-Structure continue ou compacte

Le sol semble former un seul bloc dépourvu de fissures, de forte cohésion, si tous les éléments sont fins, on parle de type ciment, de type grés pour les particules de sable soudé par le ciment et de type pouding lorsque le plasma contient les cailloux (DUCHAUFFOUR, 1995).

II.2.2.3-Importance de la structure

II.2.2.3.1-Sur le plan pédologique

Sur le plan pédologique la structure conditionne les principales propriétés du sol telle que l'aération (macroporosité), la rétention de l'eau (microporosité), par conséquent la perméabilité du sol. La structure compacte rend le travail du sol difficile.

II.2.2.3.2-Sur le plan agronomique

Les structures les plus favorables semblent être les structures grumeleuses ou polyédrique les plus fines. Elles facilitent la pénétration des racines et leur mise au contact avec la masse du sol. (DUCHAUFFOUR, 1995).

II.2.3--L'humidité du sol

L'humidité du sol a une influence sur la conductivité et la capacité thermique et donc sur les variations de température en fonction de la profondeur et du temps. Pour la pédofaune, l'eau est un facteur primordial et vital, l'excès comme l'insuffisance lui sont néfaste. En fonction de son affinité envers l'eau, on distingue la faune hydrobionte (avide d'eau), la faune hygrobionte (avide d'humidité) et la faune xérophile qui supporte la sécheresse. (GOBAT et *al.*, 2003).

II.2.4--La matière organique

Un sol prend naissance dès que la moindre vie végétale ou animale vient s'installer dans les premiers débris de décomposition d'une roche. A la mort de ces êtres vivants, leur substance s'incorpore au sol, en se mélangeant aux substances, ils représentent les « constituants organiques » ou ce qu'on appelle « la matière organique ».

Selon DUCHAUFOR (2001) la matière organique est définie comme étant le flux de l'activité biologique tant animale vivante ou morte, fraîche ou décomposée, simple ou complexe. La matière organique fraîche constitue donc la matière première de l'humus. (DUCHAUFOR, 1995).

II.2.4.1- Rôle de la matière organique dans le sol

La matière organique est une réserve en éléments minéraux, particulièrement en azote, ces éléments sont restitués au sol, sous forme disponible pour les plantes, à une vitesse très variable ; c'est la minéralisation (BAIZE ,1988).

II.2.4.2-Action de la matière organique sur les propriétés physique du sol

II.2.4.2.1-Effets favorables

La matière organique est d'un rôle principal dans l'amélioration des propriétés physiques du sol et joue un rôle bénéfique sur l'aération du sol et l'infiltration de l'eau. Elle favorise ensuite le maintien de l'humidité grâce à son pouvoir d'imbibition élevée et tend à réduire l'évapotranspiration. La matière organique augmente la résistance du sol au processus d'érosion par son effet d'agrégation et cimentation (DUCHAUFOR, 1995).

II.2.4.2.2- Effets défavorables

Bien que les potentialités d'action de la matière organique s'avèrent principalement positives, les conditions du milieu (tassement, excès d'eau) risquent de provoquer des effets défavorables. Le mode d'enfouissement et la hauteur de décomposition des produits organiques peuvent créer des obstacles et limiter le développement des racines, gêner la circulation de l'eau et engendrer des irrégularités dans le semis .Des effets dépressifs tels que le blocage de l'azote, peuvent se manifester au premier stade de l'humification (BONNEAU et SOUCHIER, 1979).

Des substances organiques toxiques peuvent être libérées quand les conditions sont réductrices ou l'activité microbienne est lente. Dans un milieu réducteur humide, les matières organiques contribuent à la dispersion du complexe argilo-humique.

Selon DUCHAUFOR (1980) dans les sols hydromorphes ayant une structure fragile, la matière organique provoque la formation des pseudogleys, qui limitent l'enracinement des végétaux et entraînent l'asphyxie et la nécrose des racines, la conjugaison de ces deux phénomènes induit des diminutions de rendements.

Chapitre - III -

Données sur

les céréales

III.1-Historique

La culture des céréales est forte ancienne puisqu'on trouve du blé, du seigle, de l'avoine et de l'orge dès le néolithique. La plus part des civilisations se sont développées autour de la culture d'une céréale : le riz pour les civilisations asiatiques, le maïs pour la civilisation précolombienne, le blé dur ou blé tendre pour les civilisations babyloniennes égyptiennes et grecques.

III.2- Importance des céréales

En Algérie, la céréaliculture a une grande valeur socio-économique et agro-alimentaire. Le blé occupe la première place dans la production végétale et constitue l'aliment de base, bien que la céréaliculture et surtout le blé dur soit cultivé dans diverses régions du monde (BOULAL *et al.*, 2007).

Les céréales sont, en effet, très riches en calories, facilement transportables et conservables ; elles constituent un aliment concentré.

III.3- Production des céréales

III.3.1- En Algérie

La production nationale a doublé depuis la campagne 2004/2005 de 35.250.000 Qx à 74.512.000 Qx pendant la campagne 2009/2010 suite à l'amélioration des techniques culturales et aux investissements de l'état (**tableau N° 03**).

Tableau N° 03: Production des céréales en Algérie (Qx)

Année	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010
Production	35.250.000	40.177.500	36.020.000	45.780.000	61.200.000	74.512.000

(MADR, 2011).

III.3.2- A Tiaret

Durant les huit dernières campagnes, les superficies emblavées ont évolué de 266.500 ha à 335.000 ha ; les productions fluctuent entre 3 et 4 millions de quintaux mis à part les années de sécheresse (campagne 2006/2007 et 2007/2008), (**tab. 04**).

Tableau N°04: Production des céréales à Tiaret

Année	Superficie emblavée ha	Superficie moissonnée ha	Production Obtenue (qx)	Rendement qx /ha
2002/2003	266.500	266.500	3.419.360	13
2003/2004	280.000	182.000	3516.392	13.2
2004/2005	285.000	266.032	2.525.500	13.4
2005/2006	280.000	260.098	2.572.421	9.8
2006/2007	269.300	96.915	1.109.428	10.9
2007/2008	306.000	94.470	492.815	5
2008/2009	315.000	309.057	4.753.174	15.38
2009/2010	335.000	315.070,50	4.573.591	14.52

(DSA Tiaret, 2011).

Les rendements varient entre 5 Qx/ha et 15,38 Qx/ha (Fig. 13)

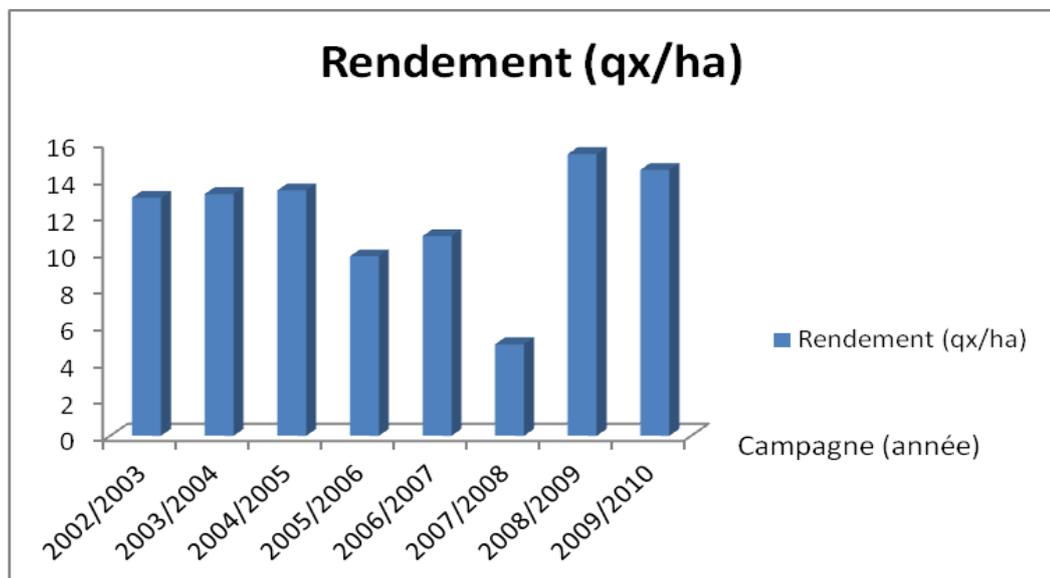


Fig. N° 13. Les rendements des céréales dans la wilaya de Tiaret

III.4- Morphologie d'une céréale

Céréale, est un nom donné à certaines plantes cultivées principalement pour leurs grains, ainsi que pour leurs pailles et le fourrage qu'elles procurent après une récolte à l'état vert.

Les céréales fournissent les éléments indispensables à la nourriture, soit directement par leurs grains, leurs apports caloriques, soit indirectement par les espèces fourragères apportant, par le biais de l'animal, les protéines dont nous avons besoin (GUIGNARD et DUPONT, 2004).

III.4.1- Système racinaire

Il est de type fasciculé assez développé, qui peut atteindre 1.5 à 2 m de profondeur (CLEMENT et PRATS, 1971).

Toute céréale dispose au cours de son développement de deux systèmes racinaires.

Le système de racines primaires ou séminales est fonctionnel dès la germination tandis que le système de racines secondaires apparaît au tallage et se substitut progressivement au précédent (MOULE, 1980).

III .4.2- Système aérien

Il est formé d'un certain nombre de talles. Chaque talle est formé de :

III.4.2.1- Tige

Tige creuse ou chaume, dont les entrenœuds ne s'allongent qu'à la montaison (SOLTNER, 1990) et porte 7 à 8 feuilles rubanées engainantes sur toute la longueur (CLEMENT et PRATS, 1971).

III.4.2.2- Feuilles

Les feuilles ont des nervures parallèles et sont terminées en pointe (MOULE, 1980).

III.4.2.3- Epi

L'épi apparaît enveloppé dans la dernière feuille, comporte une tige pleine ou rachis coudée et étranglée à intervalle régulier et portant alternativement à droite et à gauche un épillet (CLEMENT et PRATS, 1971).

III.4.2.4- Fruit

Le fruit est un caryopse, il est indéhiscent dont les glumes sont soudés à la paroi de l'ovaire (SOLTNER, 1990).

III.5- Cycle de développement des céréales

Quelles soient vivaces ou annuelles, toutes les graminées ont un rythme de végétation et de fructification annuel. Dans ce cycle une série d'étapes séparées par des stades repères, permettent de diviser en deux périodes la vie des céréales (SOLTNER, 2005).

III.5.1- Période végétative

Selon CLEMENT et PRATS (1971), elle s'étend du semis au début de la montaison. Elle comprend trois phases :

III.5.1.1- La phase levée

La levée est définie par l'apparition de la première feuille qui traverse le coléoptile et par la sortie des racines séminales (primaires) (GATE, 1995).

La réalisation de cette phase est sous la dépendance d'un certain nombre de facteurs qui sont, la température, la faculté germinative de la graine ainsi que l'humidité (MOULE, 1980).

III.5.1.2- Phase levée – début tallage

Le début du tallage est marqué par l'apparition de l'extrémité de la première feuille de la talle latérale puis d'autres talles naissent successivement, formant un plateau du tallage situé juste au niveau du sol.

III.5.1.3- Phase tallage – début montaison

Pendant cette phase, les talles apparaissent d'une façon synchrone. Le tallage se caractérise par l'entrée en croissance de bourgeons différenciés à l'aisselle des feuilles (MOULE, 1980).

La puissance de tallage est un caractère variétal, mais en dehors de la variété, le tallage dépend de l'importance de la fumure azotée, la température et la date de semis (CLEMENT et PRATS, 1971).

III.5.2- Période de reproduction

Cette phase s'étend de la montaison à la fécondation. Elle est subdivisée en plusieurs phases (GATE, 1995).

III.5.2-1- Phase de montaison

Ce stade est repérable une fois l'ébauche de l'épi du brin maître, atteint 1cm de hauteur. Cette phase s'achève une fois l'épi prend sa forme définitive à l'intérieur de la gaine de la feuille étendard qui gonfle (stade gonflement) (GATE, 1995; GIBAN *et al.*, 2003).

Elle se caractérise par la différenciation et l'élongation des ébauches d'épillets, les nœuds et les entre nœuds (MOULE, 1980).

La durée de cette phase est très peu variable, elle s'étale entre 20 à 30 jours (CLEMENT et PRATS, 1971).

III.5.2.2- Phase de l'épiaison

D'après MOULE (1980), l'épiaison est la sortie de l'inflorescence. Cette phase est caractérisée par l'appariation de l'épillet terminal du premier épi (SIMON et *al.*, 1989).

III.5.2.3- Phase de maturation

C'est la dernière phase, elle correspond à l'accumulation de l'amidon dans les grains (CLEMMENT et PRATS, 1971). Cette période s'étale en moyenne de 50 jours (SIMON et *al.*, 1989).

Le grain passe du stade laiteux au stade pâteux. Il marque la fin de migration de réserve, avec 45% d'humidité puis le stade cassant sous la dent avec 15 à 16 % d'humidité (SOLTNER, 1990).

Le stade laiteux où le grain vert clair, d'un contenu laiteux atteint sa dimension définitive; le stockage des protéines touche à sa fin.

Le stade pâteux où le grain, d'un vert jaune, s'écrase facilement (le grain a perdu son humidité et l'amidon a été constitué).

La maturité complète: la teneur en humidité atteint environ 20%; le grain est mûr et prêt à être récolté, c'est alors la période des moissons (SOLTNER, 1990).

III.6- Exigences pédo - climatiques des céréales

III.6.1- Climat

III.6.1.1- La température

Une température de 0°C est exigée pour la germination des céréales (SOLTNER, 1990).

Le zéro de germination, c'est la température à partir de laquelle une céréale germe et pousse (SIMON et *al.*, 1989).

III.6.1.1.1- Les céréales et le gel

Le gel provoque la nécrose des tissus et brise le rhizome par soulèvement du sol (SOLTNER, 1990).

III.6.1.1.2- Les céréales et l'excès thermique

D'après GATE (1995), la méiose et la floraison sont les deux stades, chez les céréales qui apparaissent particulièrement sensibles aux températures élevées,.

III.6.1. 2- Humidité

La quantité d'eau influe sur l'élaboration de la matière sèche. La quantité d'eau évaporée par la plante pour l'élaboration d'1 g de matière sèche (Coefficient de transpiration) varie de 450 à 550 g. Dans la région méditerranéenne telle que l'Afrique du nord par exemple, la culture du blé n'est parfois possible qu'une année sur 2 (dry-farming) : l'année de jachère cultivée permet au sol de reconstituer ses réserves d'eau (SOLTNER, 2005).

III.6.1.3-Lumière

On désigne par photopériode l'influence de la durée d'éclairement journalier sur le développement de la plante. Les céréales sont adaptées au jour long, la floraison s'effectue plus rapidement en jour long, il faut douze jours environ d'éclairement pour que l'épi commence à monter (GATE, 1995).

III.6.2- Le sol

Dans l'ensemble, les céréales s'accommodent à tous les sols, cependant, chacune d'elles à ses préférences (MOULE, 1980).

Les meilleures terres à blé sont des terres de limons, argilo calcaire et argilo siliceuse, en raison de leurs structure, de leurs profondeurs, de leurs bon pouvoir absorbant et de leurs réaction voisine de la neutralité (MOULE, 1980).

Les bonnes terres pour la culture du blé doivent présenter une texture fine limono argileuse qui assure aux racines fasciculées du blé une grande surface de contact, donc une bonne nutrition. Concernant la structure elle doit être stable, résistante à la dégradation par les pluies d'hiver.

Une bonne profondeur et une richesse suffisante en colloïdes et en humus, permettent d'assurer la bonne nutrition nécessaire aux forts rendements (SOLTNER, 2005).

III.6.3- Fumure

L'azote est un facteur déterminant de la croissance des organes végétatifs ainsi que leur composition, il est apporté sous forme de solution azotée d'ammonitrates.

Le phosphore favorise le développement des racines sa présence dans le sol est un signe d'augmentation des rendements. Il faut 1,7 Kg de phosphore et 2,2 Kg de potassium pour produire un quintal de blé.

III.7- Les contraintes de la céréaliculture

III.7.1- Les adventices

Les mauvaises herbes rentrent en compétition concurrence (nutritions, lumière, l'espace) avec les cultures et constituent un foyer de refuge et de prolifération des ennemis des céréales. (PETERS et SALAMBIER, 1994). Les mauvaises herbes entraînent une diminution des rendements de 20 à 50 % (BELAID, 1996).

Parmi les monocotylédones rencontrées dans un champ de céréale : la Folle –avoine, le Chiendent, Phalaris, Brome et le Ray-Grass.

Tandis que dans un champ de céréale les dicotylédones signalé par plusieurs auteurs sont : la Moutarde des champs, le Coquelicot, la Carotte sauvage, Liseron des champs, Faux fenouil.

III.7.2-Les maladies des céréales

III.7.2.1- La rouille noire *Puccinia graminis* Pers., 1794.

Sur les feuilles apparition des taches de couleur rousse avec des pustules noire en fin de saison qu'affectent les céréales pendant le remplissage du grain (BOVEY ,1979).

III.7.2.2-La carie *Tilletia caries* (D.C) Tul. et C. Tull., 1847.

L'épi carié se reconnaît d'abord au stade de la floraison par un port dressé, une teinte vert bleuté qui persiste plus longtemps sur épis contaminés que sur les épis normaux, et l'absence d'anthères. A la maturité, l'épi est dressé car il est léger (CLEMENT et PRATS, 1971).

III.7.2.3- Le charbon

III.7.2.3.1-Le charbon nu *Ustilago tritici* (Person) Rostrup, 1890 sur blé,

Ustilago nuda (C.N. Jensen) Rostr., 1889 sur orge.

Les épis recouverts d'une masse purulente noire et à leur maturité seules les rachis souvent déformés persistent. Les enveloppes florales sont détruites (DUBOIS et FLODROPS, 1987).

III.7.2.3.2-Le charbon couvert *Ustilago hordei* (Pers.) Lagerh, sur l'orge,

Ustilago avenae (Pers.) Rostr., 1890 sur avoine.

L'épi atteint est gris – verdâtre, ébouriffé contient des masse sporifères à la place du grain. Les épis malades restent fréquemment bloqués dans la gaine, pendant l'épiaison les grains sont remplacés par des amas noirâtres de spores (BOVEY ,1979).

III.7.2.4- Fusarioses *Fusarium roseum* Link, 1809.

Les plantes attaquées présentent une coloration violacée à noire au dessus du nœud, avec ultérieurement un noircissement du nœud et un brunissement des tissus attaqués (LAFFONT, 1985).

III.7.2.5- Septorioses *Phaeosphaeria nodorum* (E.Müll.) Hedjar., 1969.

Sur les feuilles et les grains il y a apparition de taches en losange nécrosées au centre et bordées d'une marge chlorotique jaune plus ou moins importante selon les variétés (LAFFONT, 1985).

III.7.3- Les insectes

III .7.3-1- La punaise des céréales *Aelia germari* Küster, 1852.

Elle cause des dommages sur les tiges et sur les feuilles. Les piqûres des punaises déterminent de petites lésions qui se présentent comme des points sombres entourés d'une zone décolorée (BOVEY, 1979).

III.7.3.2- Le ver blanc *Géotrogus deserticola* (Blanck).

C'est un coléoptère dont la larve vermiforme ronge les racines des céréales laissant apparaître des plages vides visibles dans un champ de céréale (MILAT-BISSAAD et *al.*, 2012).

III.7.4- Autre ravageurs

III.7.4.1- Les nématodes

Le nématode à kyste *H. avenae* spécifique des graminées, attaque les racines des céréales dès l'automne et provoque un fort affaiblissement des plantes. Sa forme de résistance, le kyste, lui permet de se conserver plus de 20 ans dans le sol (MOKABLI, com. pers.).

En Algérie, les nématodes à kyste du genre *Heterodera* et les nématodes des lésions racinaires *Pratylenchus sp.* peuvent provoquer des baisses importantes de rendement (MOKABLI, 2002).

III.7.4.2- Les oiseaux

Des études montrent que parmi les espèces d'oiseaux phytophages, le moineau domestique *Passer domesticus*, le moineau espagnol *Passer espaniolensis* et le moineau hybride *Passer domesticus x Passer espaniolensis* consomment les graminées et causent des pertes économiques

très importantes sur les cultures céréalières (DOUMANDJI et DOUMANDJI-MITICHE, 1994; DOUMANDJI et al., 2010).

III.7.4.3-Les rongeurs

En Algérie, les rongeurs et plus particulièrement *Meriones shawi* (Duvernoy, 1842) peut provoquer des pertes allant de 10 à 50% des récoltes céréalières, soit l'équivalent de quatre quintaux à l'hectare (ADAMOU DJERBAOUI, 2010).

PARTIE

EXPERIMENTALE

Chapitre - I -

Présentation de

la région d'étude

I-Présentation de la région d'étude

Les aspects du milieu naturel qui compose le territoire de la wilaya du point de vue position géographique, relief et climatologie ainsi que l'occupation des sols sont traités dans ce chapitre.

1.1-Position géographique de la région d'étude

La wilaya de Tiaret est située à l'ouest du pays, son territoire couvre une superficie d'environ 2.005.005 hectares. Elle constitue un relais entre les régions du nord ouest et celles du sud. Toutefois, sur le plan administratif, elle reste délimitée par Tissemsilt et Relizane au Nord; Laghouat et El Bayadh au Sud; Mascara et Saida à l'Ouest et Djelfa à l'Est (**Fig. 14**).

Les coordonnées géographiques sont comme suit :

- Nord, x: 2° 40' 19" E y: 35° 43' 09"N
- Centre, x: 1° 35' 1.7" E y: 34° 53' 41"N
- Sud, x: 0° 31' 4, 34" E y: 34° 03' 37"N

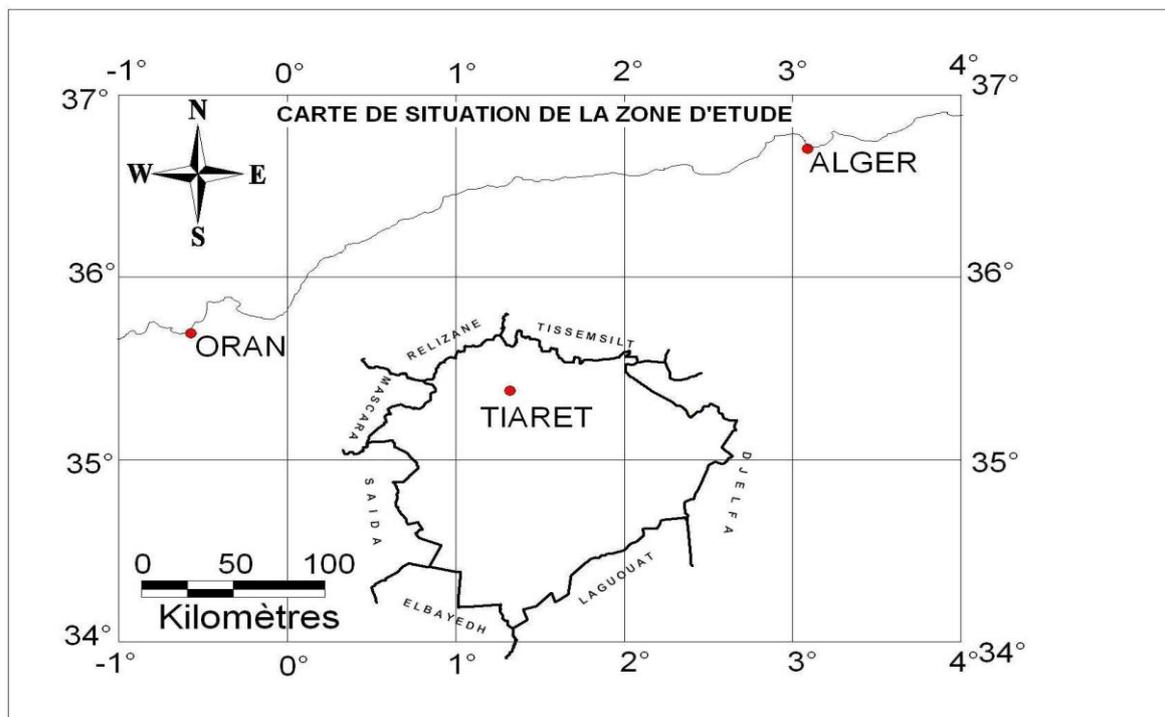


Fig. 14 : Situation de la région d'étude (DSA de Tiaret, 2011)

I.2-Relief

D'une manière globale, le relief est caractérisé par le versant méridional du chaînon de l'Atlas tellien (Ouarsenis) qui constitue sa limite septentrionale au sud ouest par les monts de Frenda.

Par ailleurs, les zones steppiques faisant partie des hautes plaines algéro – oranaises se dressent le massif du Nador relié au sud-est aux monts de Chellala. Cet ensemble constitue les zones arides pré atlasiques.

I.3-Hydrographie

Le territoire de la wilaya de Tiaret est couvert d'un réseau hydrographique fait d'un chevelu dense notamment dans sa partie nord où l'on assiste à une zone montagneuse qui s'étend du Djebel Nador jusqu'au versant sud de Frenda et comprenant d'importants massifs caractérisés par une altitude moyenne de 1000 mètres donnant naissance à des oueds dont les principaux sont : OUED TOUIL, OUED MINA, OUED EL ABED, OUED EL TAHT, OUED RHIOU, OUED TIGUIGUEST et NAHR OUASSEL.

La longueur du réseau hydrographique de la wilaya s'élève à 1.938 Km dont 889 Km pour les oueds permanents et 1.049 km pour les oueds intermittents.

I.4-Les Sols

D'après MOUMENE, (1993), les sols calcimagnésiques carbonatés sont les plus répandus dans le plateau du Sersou. L'abondance des matériaux calcaires justifie la grande extension de ces sols dans cette région. Les sols fersialitiques rouges méditerranéens se prolongent dans la partie Sud des collines de Tiaret, là où la lithologie est dominée par le calcaire conglomératique. Les sols fersialitiques rouges méditerranéens peu lessivés sont rencontrés sur les rebords Nord et Nord Ouest du plateau du Sersou et même le long de la vallée du Nahr Ouassel.

I.5-Facteurs climatiques

En période normale, la wilaya de Tiaret reçoit 300 à 400 mm de pluie par an ; avec une fluctuation saisonnière de la pluviométrie allant de 136 mm en hiver à 35 mm en été.

Le climat est caractérisé par deux périodes principales qui expriment le contraste important qui sévit durant l'année à savoir :

- Un hiver rigoureux, accompagné souvent par des chutes de neige, la température moyenne enregistrée est de 7,2°C.

-Un été chaud et sec avec une température moyenne de 24°C. Avec une telle variation de pluviométrie, la ressource en eau représente un enjeu déterminant pour le développement de la région.

Les principales caractéristiques climatiques de la région sont liées à l'influence du relief, de l'altitude et de l'exposition. Parmi les principaux facteurs climatiques, la température et la pluviométrie sont détaillées dans ce paragraphe. Par ailleurs, le vent et la neige seront pris en considération.

I.5.1-Pluviométrie

Les précipitations caractérisent la balance climatique d'une région, par leur intensité, leur fréquence et leur irrégularité. Les pluies ont une influence importante sur le modèle de la région. Le **tableau n°05** montre la pluviométrie mensuelle de la station de Bouchekif sur une période de 10 ans. Les mois les plus pluvieux étant Février 2010 avec une pluviométrie de 136,1 mm.

Tableau N° 05 : Pluviométrie mensuelles exprimée en millimètres

Année	Mois											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2003	56,7	59,7	6,3	50	12,6	22	2,1	26,4	24	85,2	68	69,9
2004	11,7	38,9	17,3	39,1	66,6	19	5,8	10,5	34	35,8	17,5	64,6
2005	16,4	29,4	41,2	7,1	1,6	18	5,4	0	25,6	49,4	54,5	23,3
2006	39,6	74,4	16,7	41,1	76,9	3,5	4,07	7,62	213,1	11,9	6,6	39,1
2007	19,1	43,2	28,2	101	16	0,5	5,33	8,1	23,63	122,2	37,3	5,8
2008	18,6	20,8	24,4	16,7	60,4	15	1,02	1,8	31,74	66,8	56,4	68,1
2009	99,1	29,2	78,8	80,2	22,2	6,1	1,02	5,1	81,28	22,6	26,16	89,67
2010	52,34	136,1	67,56	13,71	41,66	5,84	0	35,05	7,11	38,6	46,75	28,19
2011	14,34	29,82	34,1	101,6	46,42	6,39	1,04	5,8	20,5	71,9	79,31	61,8
2012	19,61	46,07	39,37	108,7	32,24	4,6	0,53	3,47	15,4	62,57	88,9	58,64

(A.N.R.H., 2012)

I.5.2-Température

Le régime des températures est fortement influencé par l'altitude. Celle-ci renforce les gelées en hiver mais aussi elle adoucit les températures en été. Les moyennes mensuelles de la température sont consignées dans le **tableau n°06**.

Tableau N° 06 : Moyennes mensuelles de la température de la période 2003 à 2012

Année	Mois											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2003	5,7	6	10,6	11,9	16,4	25,2	28,5	26,8	21,2	17,1	10,8	6,6
2004	6,9	8,6	9,7	11,1	13	22	25,9	26,7	21,9	18,6	9,1	6,2
2005	3,8	3,3	10,4	12,7	20,3	23	27,5	25,1	20,4	17,5	9,8	6,1
2006	4,0	5,3	9,9	15,0	19,4	24,0	27,4	25,0	21,2	18,7	12,3	6,9
2007	6,6	8,8	7,9	11,2	16,1	22	27	26,2	22,1	15	8,9	5,8
2008	5,6	8,5	9,2	13,4	16,1	22,2	27,6	27,1	21,5	15,3	7,8	5
2009	5,5	6	9,9	9,4	17,9	23,9	28,7	26,2	19,2	16,3	11,7	8,9
2010	7,3	8,8	10,2	12,9	14,7	20,4	27,5	20,4	21,4	16,5	10,4	8,7
2011	5,1	5,9	10,2	7,5	16,8	22,4	26,4	24,5	20	16,3	8,5	7,2
2012	4,9	2,4	9,5	5,3	17,9	23,5	26,5	28,4	25,2	18,1	11,4	9,6

(A.N.R.H., 2012)

La température moyenne la plus élevée 28,7°est notée en juillet 2009. En revanche en Janvier 2006, on note la température moyenne la plus basse avec 4 °C.

Le climat de la région est caractérisé par deux périodes principales. La première concerne le printemps et l'été durant lesquels les températures sont élevées et la seconde qui regroupe l'automne et l'hiver qui sont caractérisés par de basses températures (**Tab. 07**).

Tableau N° 07 : Températures moyennes mensuelles des maxima et des minima en 2008

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
M°C	13,7	15,5	16,3	21,4	23,1	30,2	36,2	35,8	28,3	20,5	12,9	9,5
m °C	0,4	1,9	2,5	4,5	9,5	12,9	18,2	17,9	14,8	10,6	3,2	0,5
(M+m)/2	6,5	8,5	9,2	13,4	16,1	22,2	27,6	27,1	21,5	15,3	7,8	5

([S.M.B., 2009](#))

M: Moyenne mensuelle des températures maxima

m : Moyenne mensuelle des températures minima

(M+m)/2 - Moyenne mensuelle des températures

I.5.3-Vents dominants et sirocco

Comme partout dans les régions arides, les vents jouent un rôle primordial dans la formation des reliefs et des sols, dans les dégradations de la végétation et la destruction des sols. Leurs directions, leurs fréquences et leurs vitesses sont très variables au cours de l'année dans la région d'étude. Les vents les plus forts peuvent atteindre une vitesse de 25,6 m/s.

Cependant, en hiver les vents dominants sont ceux du secteur sud, du sud-ouest et de l'ouest. En été, ce sont d'abord les vents du nord qui soufflent ensuite, ce sont ceux du nord-ouest, de l'ouest et du nord-est qui interviennent.

I.5.4-Neige

L'utilité de la neige réside dans le fait qu'elle assure un rôle de régulation des écoulements superficiels et qu'elle alimente les nappes souterraines. Les chutes de neige sont

assez fréquentes avec des épaisseurs inférieures à 15 cm avec une moyenne de 5 jours de neige par an. C'est une ressource d'eau à ne pas négliger pour le sol et pour les végétaux.

I.5.5-Synthèse climatique

Les différents éléments du climat n'agissent jamais indépendamment les uns des autres. A cet effet, les climatologues, phytogéographes et écologistes ont adapté des formules pour établir une classification et d'en donner une représentation cartographique pour éventuellement représenter le climat d'un pays ou d'un continent. Les indices les plus employés font intervenir la température et la pluviosité qui sont les facteurs les plus importants et les mieux connus.

I.5.5.1-Quotient pluviométrique d'Emberger

Le système d'Emberger permet la classification des différents types de climats méditerranéens. Ceux-ci sont caractérisés par des saisons thermiques nettement tranchées et à pluviosité concentrée sur la période froide de l'année. L'été est la saison sèche. Ce quotient est défini par la formule suivante :

$$Q = 2000 P / (M^2 - m^2)$$

M est la moyenne des températures maxima du mois le plus chaud et *m* celle des minima du mois le plus froid. La valeur Q est d'autant plus élevée que le climat est plus humide. Notons que M et m sont exprimés en degré Kelvin.

Ce quotient a été modifié par STEWART en 1969 pour donner la nouvelle formule :

$$Q_2 = 3,43 P / (M - m)$$

L'application de cette formule dans la région de Tiaret donne : **Q₂ = 57,43**, ce qui nous permet de la classer dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais selon le climagramme d'Emberger (**Fig.15**).

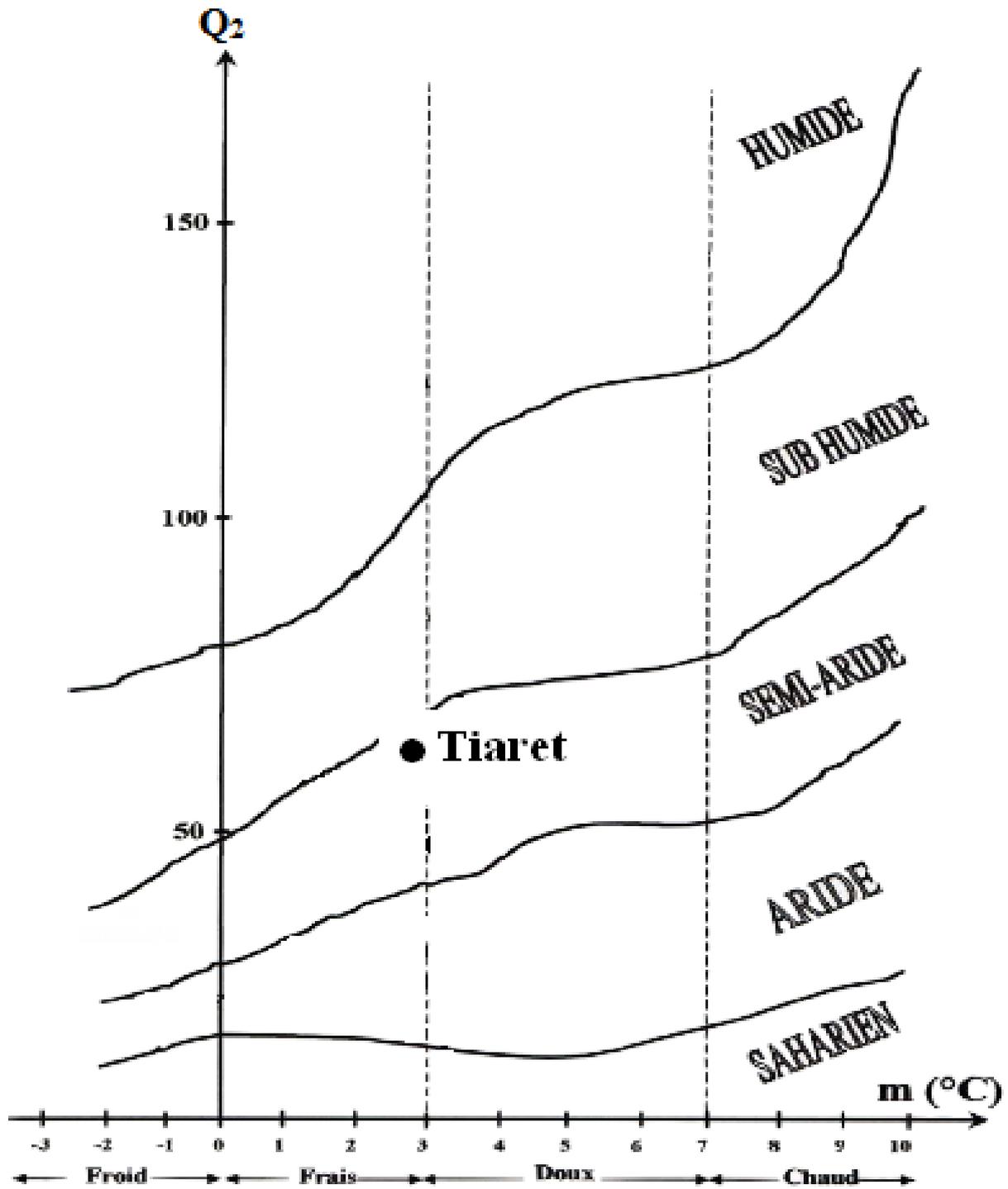


Fig. 15 : Climogramme du quotient pluviothermique d'Emberger

I.5.5.2-Indice d'aridité de DE MARTONNE

Le facteur de pluie de Lang a été modifié par De Martonne en 1923, de manière à éviter d'avoir des valeurs négatives lorsque la température moyenne de l'air est inférieure à 0°C. Cet indice permet de caractériser le pouvoir évaporant de l'air à partir de la température (DE MARTONNE cité par DAJOZ, 1970) :

$$I_{DM} = \frac{P}{T+10}$$

T: Température moyenne

P: Pluviométrie moyenne

I_{DM}: Indice d'aridité de DE MARTONNE

La zone de Tiaret est comprise entre les isohyètes 500 – 600 mm / an. Ce niveau de précipitations annuelles classe Tiaret dans l'étage bio-climatique subhumide.

Or actuellement avec les changements climatiques la région de Tiaret se retrouve dans l'étage bioclimatique semi-aride.

I.5.5.3-Diagramme ombrothermique de Gaussen

Il continue à être utilisé à cause de sa simplicité et de son efficacité. Pour GAUSSEN, (1952) un mois est 'sec' si le rapport des précipitations mensuelles P exprimées en mm, à la température moyenne T exprimée en °C, est inférieur à 2, ($P = 2T$) ; (DAJOZ, 1970).

La représentation sur un même graphique des températures et des précipitations moyennes mensuelles avec en abscisse les mois, permet d'obtenir des diagrammes ombrothermiques qui mettent immédiatement en évidence les périodes sèches et les périodes pluvieuses (**Fig.16**). Le diagramme ombrothermique fait apparaître dans la région de Tiaret deux périodes, l'une sèche qui s'étale sur cinq mois, de la fin de mai jusqu'à la fin d'octobre et l'autre, humide, qui va de la fin d'octobre jusqu'à la fin de mai.

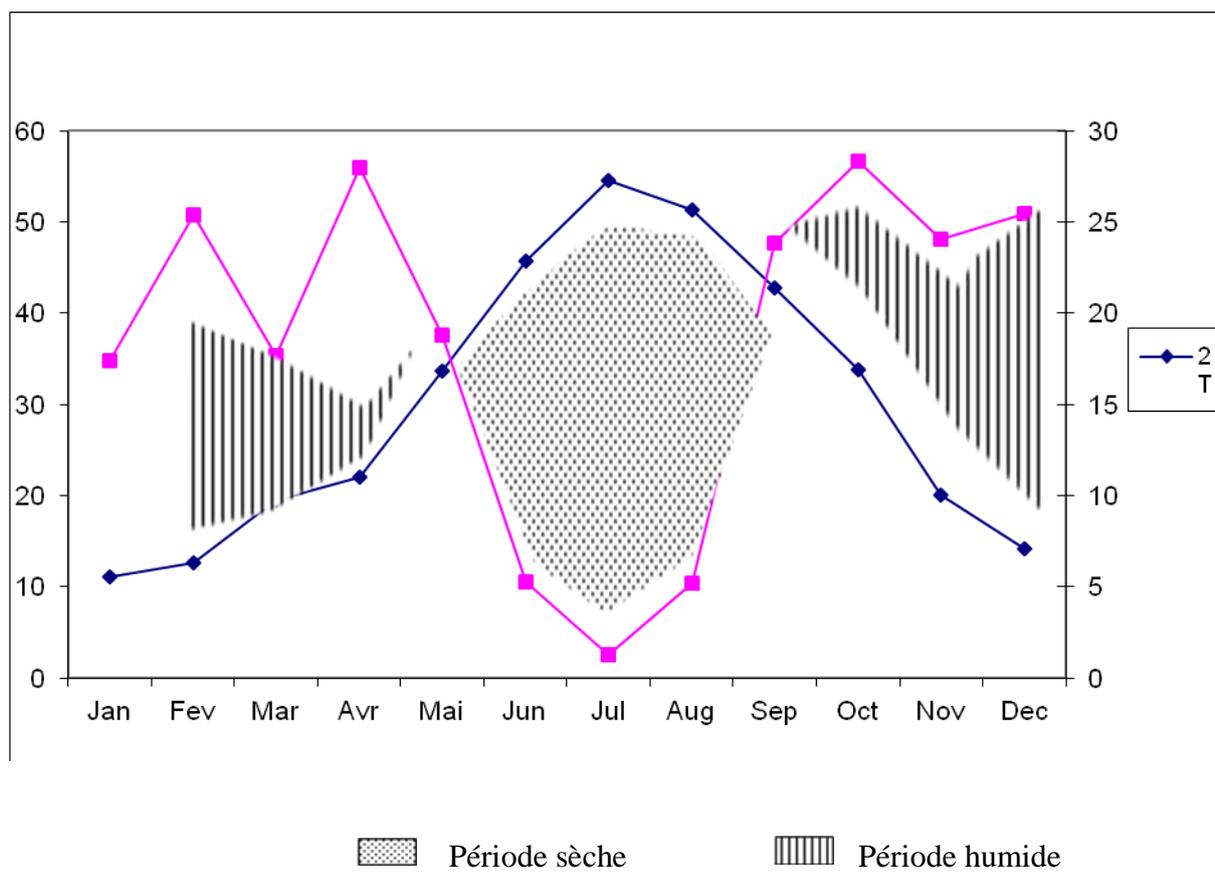


Fig.16 : Diagramme Ombrothermique de la région de Tiaret

I.6-Répartition des superficies agricoles de la région d'étude

Sur les 2.005.005 hectares la superficie agricole totale ne représente que 56,55%. Sur son aspect agricole, la superficie de la wilaya se répartit comme suit (**Fig.17**) :

-S.A.T (superficie agricole totale)	1.133.996 ha
-S.A.U (superficie agricole utile)	705.650 ha
-Superficie irriguée	24.332 ha
- Terres improductives	38.926 ha
- Forêts	154.200 ha
- Alfa	219.890 ha
- Parcours et steppe	886.384 ha

(DSA de Tiaret, 2011)

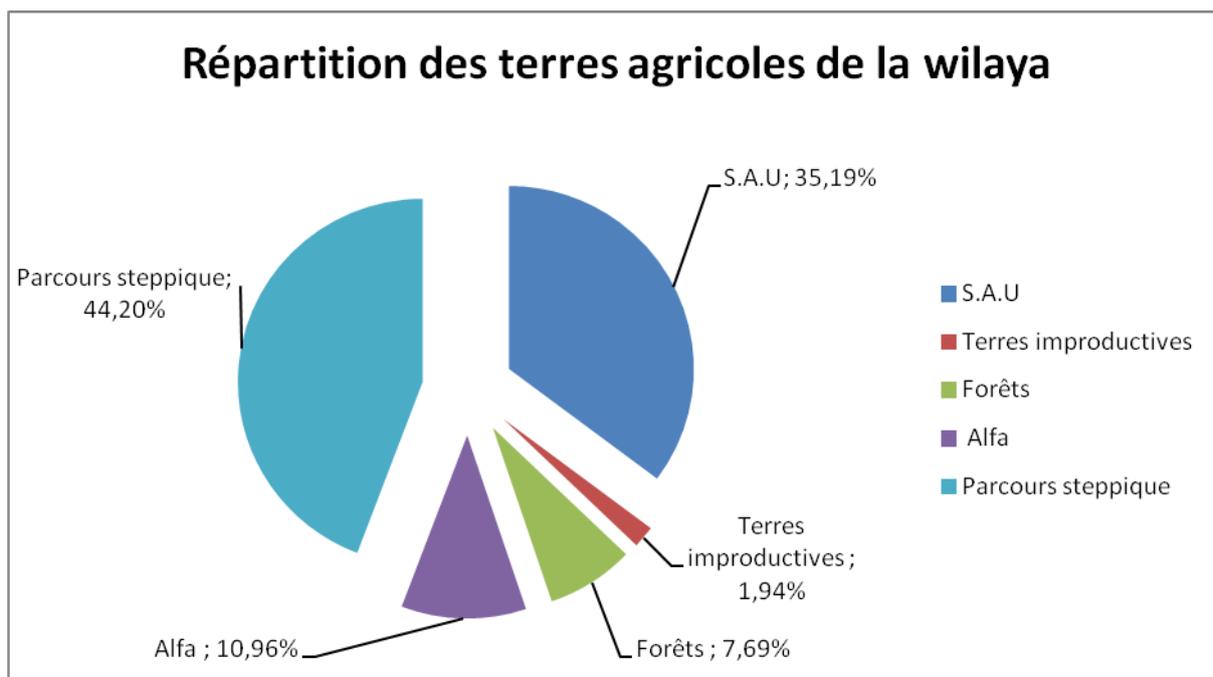


Fig.17 : Répartition des terres agricoles de la wilaya

Tiaret est une région à vocation céréalière. La superficie agricole utile quant à elle se répartit sur 03 grandes zones agro – climatiques (DSA de Tiaret, 2011).

La zone 1 hautement potentielle dont les caractéristiques pédoclimatiques sont favorables à la pratique du blé dur avec 108.000 ha ;

La zone 2 qualifiée de moyennement potentielle favorable à la culture du blé tendre et des céréales secondaires avec 155.982 ha.

La zone 3 agro –pastorale faiblement potentielle caractérisée par un milieu steppique avec 441.668 ha.

Chapitre - II -

Impact de l'attaque

du nématode sur

les rendements

des céréales

II.1- Le but de cette étude

L'objectif de ce travail est d'étudier la répartition du nématode à kystes *H. avenae* sur quelques parcelles de certaines communes à vocation céréalière de la région de Tiaret (**Fig.18**) pour évaluer les degrés d'infestation des parcelles afin d'étudier l'impact de l'infestation du nématode sur les rendements des céréales.

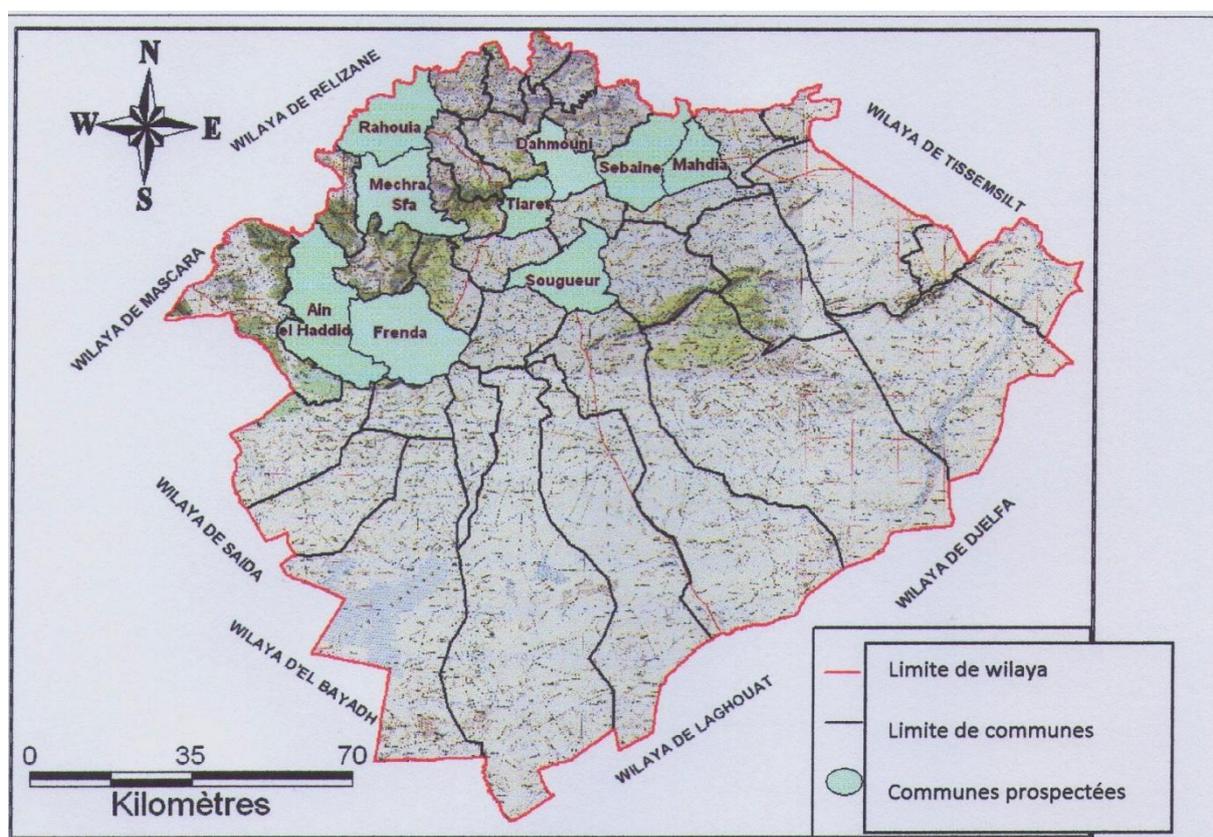


Fig.18 : Les communes prospectées au niveau de la wilaya de Tiaret

II.2- Matériel et méthodes

La présence du nématode à kyste des céréales a été signalée par LABDELLI en 1995 dans la région de Tiaret ainsi que sa répartition au niveau des différentes communes de la région.

Des études ultérieures ont été effectuées par HADDADI, 1997 ; SMAHA, 1998 ; HAMROUNE, 2006 ; OUIDENE, 2010. Sa biologie a été développée par MOKABLI et *al.* en 2001, MOKABLI et *al.* en 2002 et MOKABLI en 2002.

II.2.1-L'échantillonnage du sol

II.2.1.1-Matériel et méthodes

II.2.1.1.1-Matériel de l'échantillonnage

Pour échantillonner le sol, le matériel nécessaire à son prélèvement est le suivant : une tarière, pour prélever le sol à partir des parcelles ayant été cultivées en céréales. Le sol prélevé est mis dans des sachets en plastiques munis d'étiquettes sur lesquelles sont mentionnés la date du prélèvement, le nom de la zone et le précédent cultural.

II.2.1.1.2-Technique d'échantillonnage du sol pour l'extraction du nématode

L'échantillonnage consiste à prélever des quantités de sol à des profondeurs allant de 35 cm à 40 cm sur des parcelles emblavées en céréales. Les prélèvements sont effectués à la tarière. L'échantillonnage exige pour être utilisé convenablement, de prendre en considération la profondeur de la couche arable travaillée. En effet, un prélèvement superficiel ou trop profond risque de fausser les résultats (MUGNIERY et ZAOUCHI, 1976). Il est préférable de collecter assez d'échantillons afin d'assurer une représentativité suffisante de la distribution des nématodes dans le champ. Chaque échantillon est constitué de 25 sous échantillons effectués au niveau d'un rectangle de 12m² de surface (2.40x5m) (RIVOAL et *al.*, 1986) (**Fig.19**).

La combinaison de ces échantillons élémentaires conduit à un échantillon global représentatif de la surface du champ échantillonné.

Ces échantillons sont amenés au laboratoire pour l'extraction du nématode (cette étude est réalisée au niveau du laboratoire de protection des végétaux de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université d'Ibn Khaldoun de Tiaret).

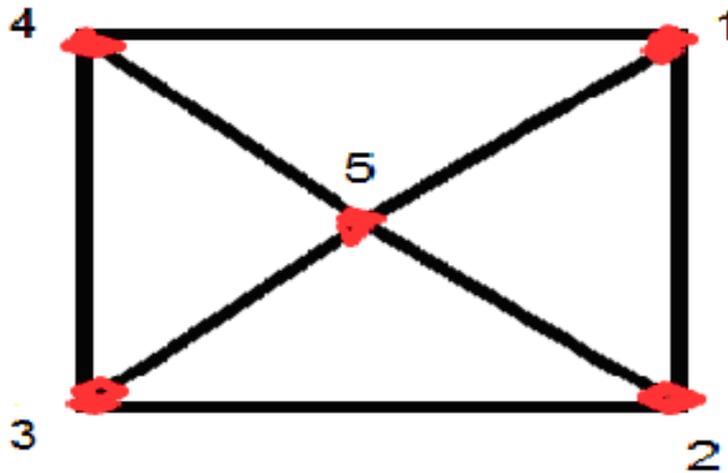


Fig. 19 : Prélèvement aléatoire des échantillons élémentaires de sol

II.2.2-Méthodes utilisées au laboratoire

II.2.2.1-Matériel et méthode

Au laboratoire, les échantillons sont desséchés à l'air libre avant de procéder à leur analyse nématologique.

II.2.2.1.1-Matériel de l'extraction des kystes

Un ensemble de matériel est utilisé pour l'extraction des kystes (**Fig.20**). L'appareil de FENWICK permet l'extraction du kyste sec. La passoire de 1mm de mailles est utilisée pour éliminer les petits cailloux alors que le tamis de 250 μm élimine les particules fines du sol (limon, argile et sable). Le papier buvard est utilisé pour l'adhésion du kyste du nématode. Ce dernier est prélevé à l'aide d'un pinceau fin sous loupe binoculaire. Le microscope est utilisé pour le comptage des œufs et des larves juvéniles après écrasement des kystes.



Fig. 20 : Matériel utilisé au laboratoire

II.2.2.1.2-Méthode d'extraction des kystes

II.2.2.1.2.1-Principe de l'appareil de FENWICK

Le principe du fonctionnement de l'appareil de FENWICK est basé sur la densité des kystes par rapport à celle de l'eau. Le kyste plein et humide d'une femelle d' *H. avenae* a une densité supérieure à 1,08. En revanche, un kyste sec, quelque soit son contenu, a une densité inférieure à 1. Ainsi, le kyste plein et humide sédimente très vite alors que le kyste sec flotte à la surface de l'eau, ce qui permet de le récupérer facilement. C'est pourquoi, l'opération nécessite un dessèchement préalable du sol contenant les kystes.

Kyste sec	<	eau	<	nématode	<	kyste humide	<	solution haute densité	<	Matière minérale
		1		1,08-1,09				1,18-1,22		

II.2.2.1.2.2-Description de l'appareil de FENWICK

Cet appareil est constitué par un corps mesurant 30 cm (tronc conique) de hauteur, 15 cm de diamètre à la base et environ 9 cm au sommet. Le fond de l'appareil est constitué par un plan oblique incliné vers un orifice permettant le vidange. Il est surmonté d'un entonnoir

supportant une passoire ménagère à 1mm de mailles. Le haut du corps de l'appareil est entouré d'une gouttière inclinée pour permettre à l'eau contenant les nématodes de s'écouler. Un tamis de 250 µm recueille par la suite les kystes et certains débris organiques (**Fig. 21**).

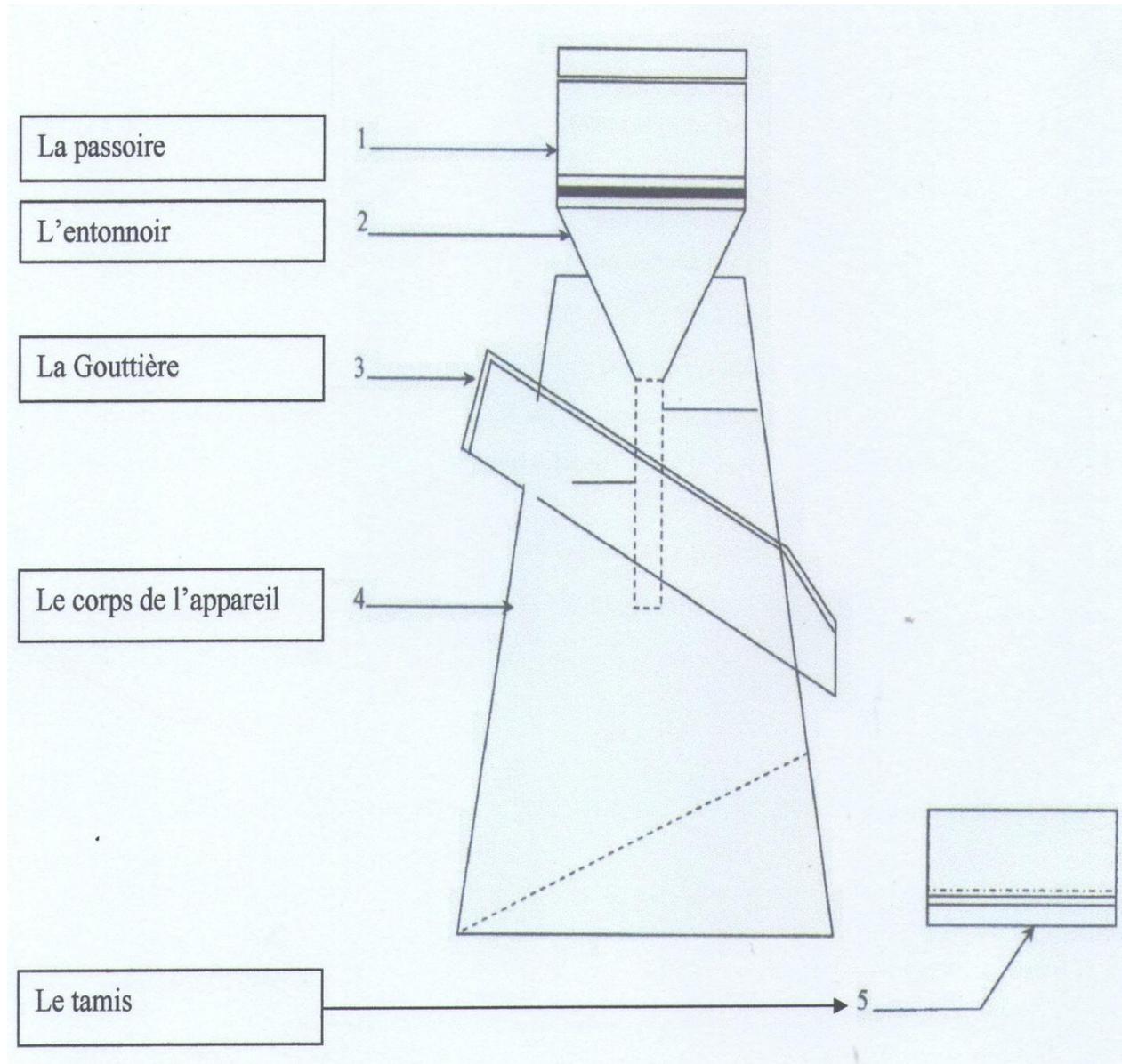


Fig. 21 : Description de l'appareil de FENWICK

II.2.2.1.2.3-Mode opératoire

Le récipient est rempli préalablement d'eau. Le sol séché est mis dans une passoire à maille de 1mm qui retient les gros éléments, tandis que les particules fines et les kystes sont chassés par le jet d'eau.

Les argiles, les débris organiques fins et les kystes flottent sous l'impulsion du courant d'eau ascendant et sont entraînés dans la gouttière par le débordement de la suspension qui s'écoule sur un tamis de 250 μm entre les mailles. Ce dernier recueille seulement les kystes et certains débris.

La partie de la suspension retenue sur le tamis de 250 μm est rassemblée dans un récipient (cristallisoir) dont les parois sont tapissées par un papier buvard.

II.2.2.1.2-Méthode de récolte de kystes

Les kystes en mélange avec la matière organique, sont isolés à l'aide d'une épingle et récoltés par un pinceau très fin imbibé d'eau, sous la loupe binoculaire (Gr10x1, 6) (**Fig. 22**). Les kystes d'*H. avenae* récoltés ont la forme d'un citron et d'une couleur brune ou marron. Les kystes sont ensuite écrasés afin de dénombrer les L2 qui représentent les larves infestantes (**Fig. 22**).

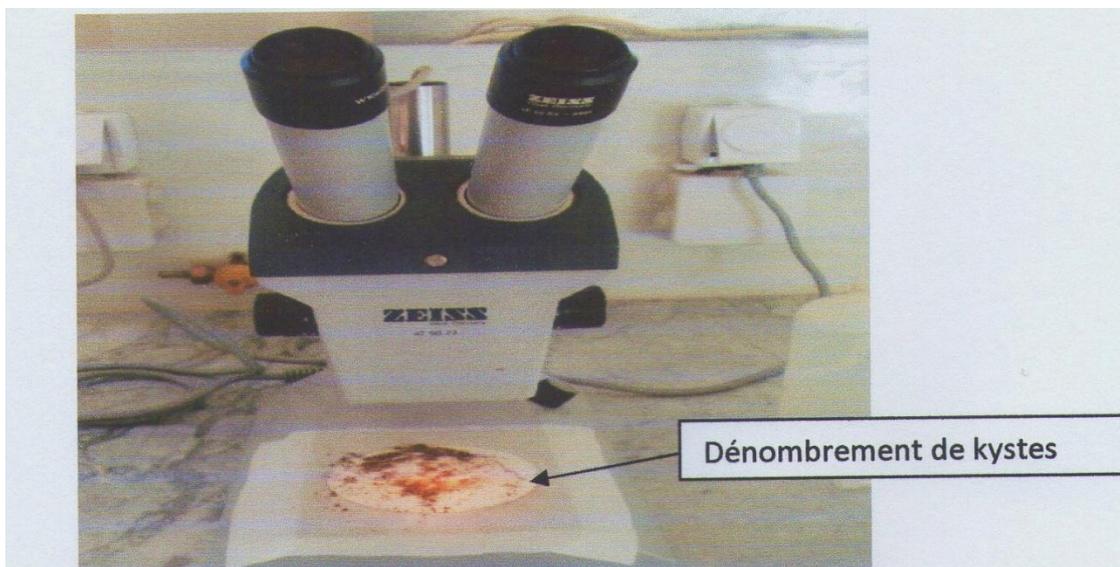


Fig. 22 : Dénombrement des kystes sous loupe binoculaire

La densité du nématode est estimée en kystes /100g de sol (**Fig. 23**).

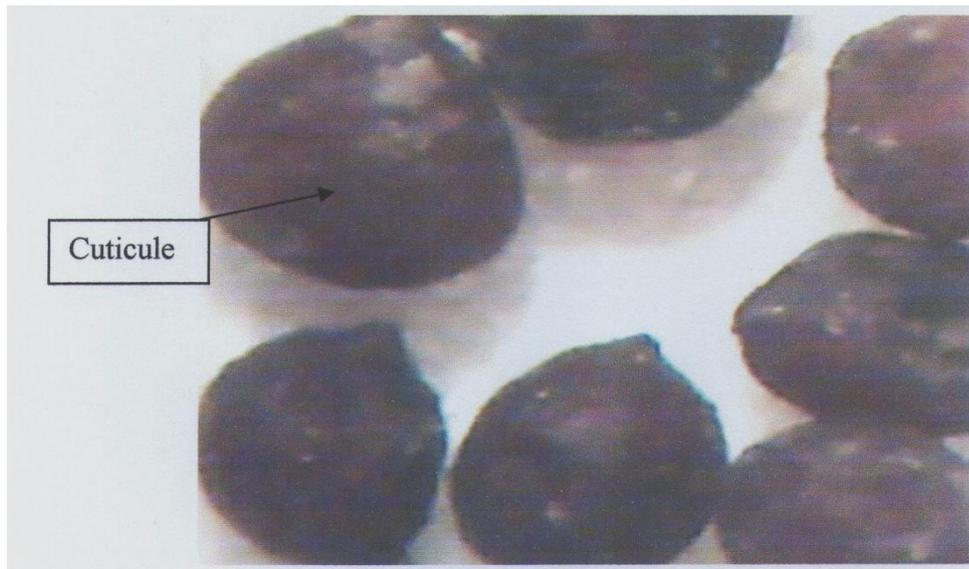


Fig. 23 : Kystes d'*Heterodera avenae* (ORIGINAL)

Les kystes pleins sont reconnus grâce à leur aspect turgescent et leur couleur foncée (**Fig. 24**), alors que les kystes vides sont identifiés par leur couleur claire et l'aspect ridé de la cuticule.

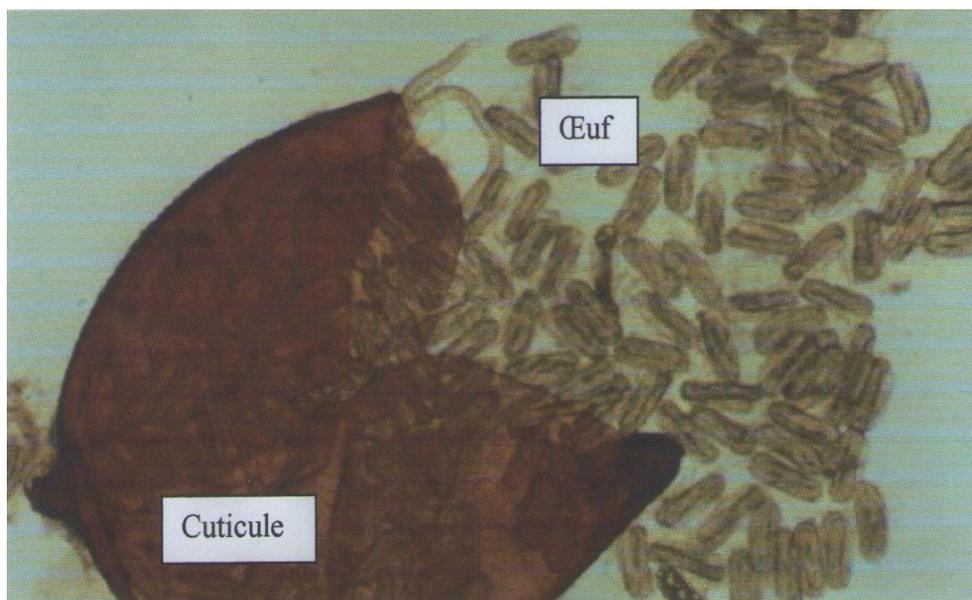
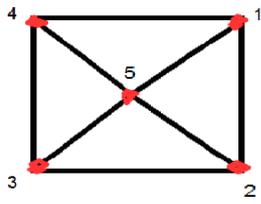


Fig. 24 : Kyste plein écrasé

Toutes les étapes de la méthodologie du travail sont résumées dans la **Figure n°25**.



Echantillonnage
diagonal



en

Echantillon



Séchage de sol à l'air libre



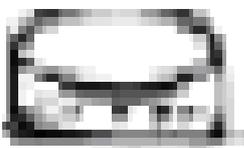
La pesée de 100g de sol



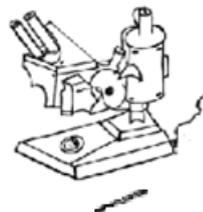
Appareil de Fenwick



Récupération du contenu
du tamis



Papier buvard contenant des kystes



Récolte des kystes sous
loupe binoculaire



Dénombrement des
kystes

Fig. 25 : Echantillonnage du sol et récolte des kystes

II.3- RESULTATS

L'étude menée au niveau de quelques communes de la région de Tiaret révèle des degrés d'infestation variables allant de l'absence totale du nématode à des infestations qui dépassent largement le seuil de nuisibilité (Tab n° 08).

**Tableau N° 08 : Répartition des communes prospectées selon le degré d'infestation
(Nombre de kystes/100g et nombre de L2/g de sol)**

Communes	Degré d'infestation nombre kyste /100g de sol	Degré d'infestation nombre de L2 /1g de sol	Répartition (RIVOAL et al., 1980)
Dahmouni	15	39.39	Fortement infestée >10L2/ g de sol
Frenda	13	29.72	Fortement infestée >10 L2/ g de sol
Ain El Heddid	10	21.93	Fortement infestée >10L2/ g de sol
Mechraa sfa	8	11.41	Fortement infestée >10L2/ g de sol
Sougueur	6	8.41	Moyennement infestée 10 L2 /g de sol
Tiaret	3	6.41	Moyennement infestée < 10 L2 /g de sol
Rahouia	3	4.41	Moyennement infestée <10 L2 /g de sol
Mahdia	0	0	Indemne absence des L2 /1 g de sol
Sebaine	0	0	Indemne absence des L2 /1 g de sol

Le classement des communes céréalières prospectées en fonction du degré d'infestation par *H. avenae* est illustré dans la **figure n° 26**.

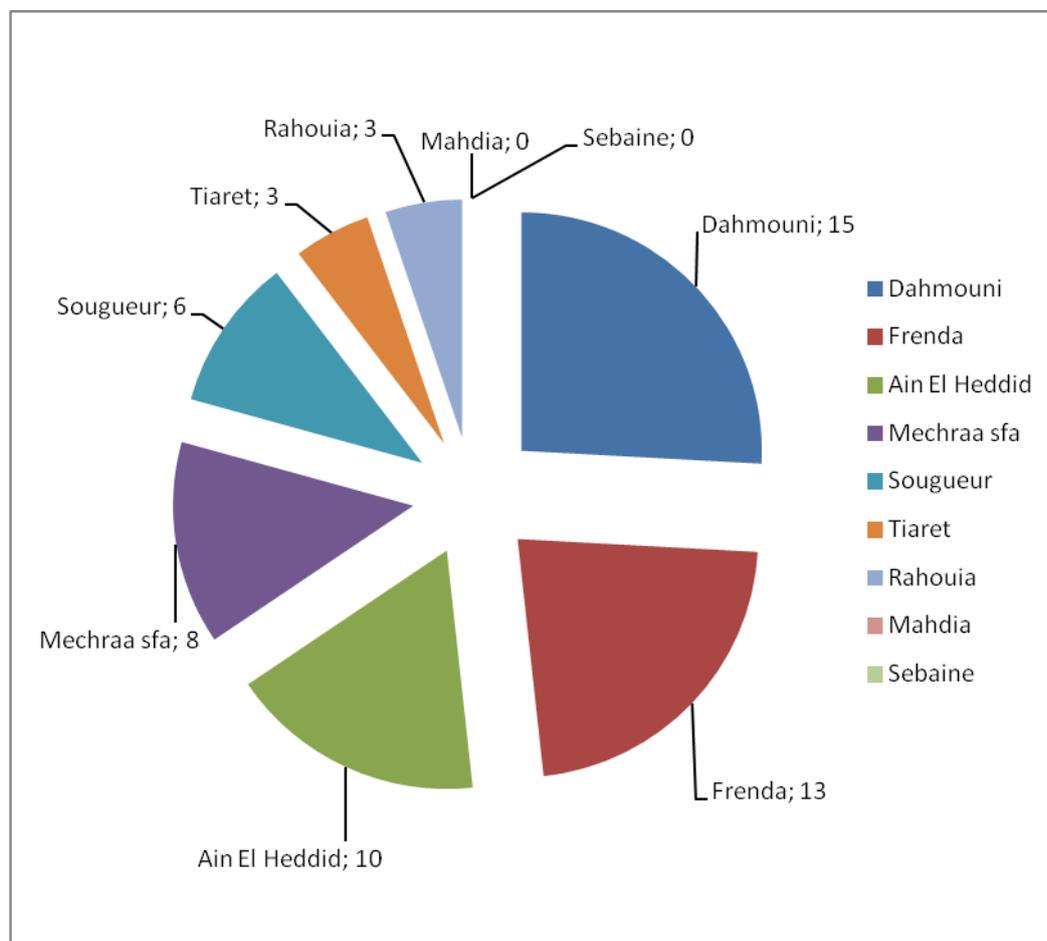


Fig. 26 : Degrés d'infestation en nombre de kystes /100g de sol

II.3.1-Impact de l'infestation du nématode sur les rendements des céréales

L'attaque du nématode influe sur la cytologie et la physiologie de la plante. Ceci à un impact direct sur le développement de la plante voire sur les rendements.

Les rendements enregistrés sont présentés dans le **tableau n° 09** ci-dessous :

Tableau N°09 : Rendements enregistrés durant la campagne 2010/2011 au niveau des communes étudiées

Communes	Rendement qx/ha				Rendement moyen qx/ha
	Blé dur	Blé tendre	Orge	Avoine	
Dahmouni	15.75	13.69	15.00	12.00	14.97
Frenda	13.85	14.67	15.00	13.00	14.42
Ain El Heddid	13.33	13.65	14.32	13.00	13.64
Mechraa Sfa	23.20	19.33	20.00	21.00	23.43
Sougueur	12.86	14.01	15.63	8.00	13.44
Tiaret	16.84	16.30	16.00	12.00	16.30
Rahouia	23.18	18.00	22.00	13.00	22.87
Mahdia	11.67	14.83	15.79	10.00	13.58
Sebaine	12.89	14.44	14.87	10.00	13.46

DSA de Tiaret, 2011.

Pour pouvoir connaître l'impact de l'attaque du nématode sur les rendements des céréales nous avons utilisé le test de Spearman (**tab.10**).

Tableau N° 10: Corrélation entre l'infestation et le rendement

Espèce	Blé dur	Blé tendre	Orge	Avoine	Moyen
Corrélation	-0,06	-0,26	-0,27	0,18	-0,16

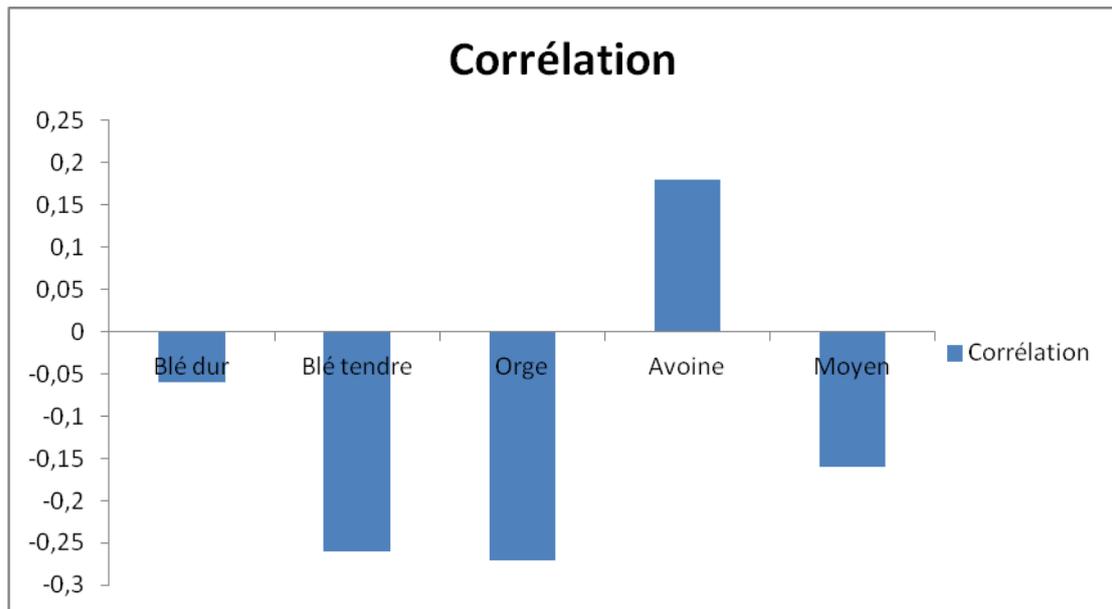


Fig. N° 27 : Histogramme de la corrélation entre l'infestation et les rendements.

II.4- Discussion

Les degrés d'infestation des parcelles étudiées sont hétérogènes et varient considérablement d'une commune à une autre. Au niveau des communes prospectées, les degrés d'infestations se répartissent en trois niveaux :

Premier niveau : commune où l'infestation est nulle : Sebaine et Mahdia suite à l'absence totale du nématode à kyste *H. avenae*.

Deuxième niveau : communes où l'infestation est faible, elle ne dépasse pas le seuil de nuisibilité : Rahouia et Tiaret,

Troisième niveau : communes où l'infestation est forte, dépassant largement le seuil de nuisibilité : Dahmouni, Frenda, Ain El Heddid, Mechraa Sfa et Sougueur.

Le test de Spearman qui nous a permis d'étudier la corrélation entre le degré d'infestation et les rendements enregistrés des différentes céréales nous montre que :

Les parcelles des communes prospectées sont toutes infestées par *H. avenae* avec des degrés d'infestation différents à l'exception des parcelles de la commune de Sebaine et Mahdia où l'infestation est pratiquement inexistante (0 kystes /100 g de sol).

II.4.1- Les rendements en blé dur

La corrélation est négative entre le degré d'infestation et le rendement ($r = -0.06$), les rendements sont faibles quand le degré d'infestation est élevé (**Fig. 27**).

La commune de Dahmouni est la plus infestée avec un degré d'infestation de 15 kystes / 100g de sol, le rendement en blé dur est de 15 .75 qx/ha. Ce degré a été signalé par d'autres auteurs comme : LABDELLI (1995) et SMAHA (1998). Tandis que, la commune de Rahouia présente un rendement plus élevé avec 23.18 qx/ha puisque le degré d'infestation est faible : 3kystes /100 g de sol.

Ceci pourrait être dû à la sensibilité du blé dur envers l'attaque du nématode *H. avenae*. Donc le blé dur s'est montré hôte favorable pour ce redoutable ravageur, cette sensibilité a été étudiée et confirmée par SANCHEZ et *al.* en 1985.

II.4.2-Les rendements en blé tendre

Les rendements en blé tendre et les degrés d'infestation sont corrélés négativement ($r = -0.26$). Le rendement diminue lorsque le degré d'infestation augmente, donc les fortes infestations influent considérablement sur les rendements de ce type de culture.

Pour la commune de Tiaret, une faible infestation (3 kystes /100 g de sol) a été enregistrée avec un rendement de 16.30 qx/ ha.

Les rendements diminuent si l'infestation est plus élevée ce qui a été signalé dans les communes de Frenda : la forte infestation (13kystes/100g de sol) engendre une diminution du rendement (14,67 Qx/ha)

II.4.3- Les rendements de l'orge

La corrélation est négative ($r = -0.27$) entre le degré d'infestation et le rendement. Donc, les fortes infestations entraînent une diminution de rendement.

Pour la commune de Rahouia, avec un degré d'infestation de 3 kystes / 100g de sol, le rendement de l'orge atteint 22qx/ha, par contre, la commune de Ain El Heddid, avec un degré d'infestation de 10kystes /100 g de sol, le rendement devient plus faible avec 14.32 qx/ha.

On peut dire que l'orge est une espèce sensible à l'attaque d'*H. avenae*.

II.4.4- Les rendements de l'avoine

A la différence des autres espèces de céréales, la corrélation est positive avec le degré d'infestation($r = 0.18$), donc l'infestation du nématode n'a pas trop influencé les rendements de l'avoine.

Les rendements dans les différentes communes se rapprochent même si les infestations deviennent plus élevées par exemple : la commune de Dahmouni avec un degré d'infestation de 15 kystes /100 g de sol, le rendement est de 12 qx /ha. De même, pour les communes de Tiaret, Rahouia, le degré d'infestation est de 3 kystes /100g de sol pour chaque commune; les rendements avoisinent les 12 qx/ha de la commune de Dahmouni qui est fortement infestée avec respectivement 12 et 13 qx /ha.

En Europe septentrionale, l'avoine est considérée comme hôte favorable pour le développement du nématode, alors qu'en Europe méridionale se sont les blés qui sont les plus endommagés suite à la coïncidence du cycle de développement des blés avec l'activité hivernale du nématode dans ces régions (RIVOAL et RIVIERE, 1989).

Donc on peut dire que l'avoine avec corrélation positive est une espèce tolérante à l'attaque du nématode par rapport aux blés et l'orge qui ont enregistré des baisses de rendements.

Contrairement aux trois types de cultures précédentes, l'avoine se démarque par sa tolérance à ce parasite.

Chapitre - I I I -

Influence des paramètres

édaphiques sur l'infestation

du nématode

III.1- But de l'expérimentation

Suite à l'étude de l'impact du nématode sur les rendements de céréales au niveau des différentes communes de la région de Tiaret, la fluctuation des degrés d'infestation est probablement due également à la nature du sol (paramètres édaphiques).

Le but de cette expérimentation est d'étudier l'influence des paramètres édaphiques sur les degrés d'infestation du nématode au niveau de quelques communes de la wilaya de Tiaret (**Fig. 28**). L'intensité des dégâts n'est pas due seulement à l'influence de la population initiale du nématode mais à d'autres facteurs tels que les types de sol (BONFIL *et al.*, 2004), Puisque les nématodes habitent tous les environnements (RAMADE, 2003), la texture et la structure du sol sont d'importances primaires dans le nombre et le genre de nématode (TRIGIANO *et al.*, 2004).

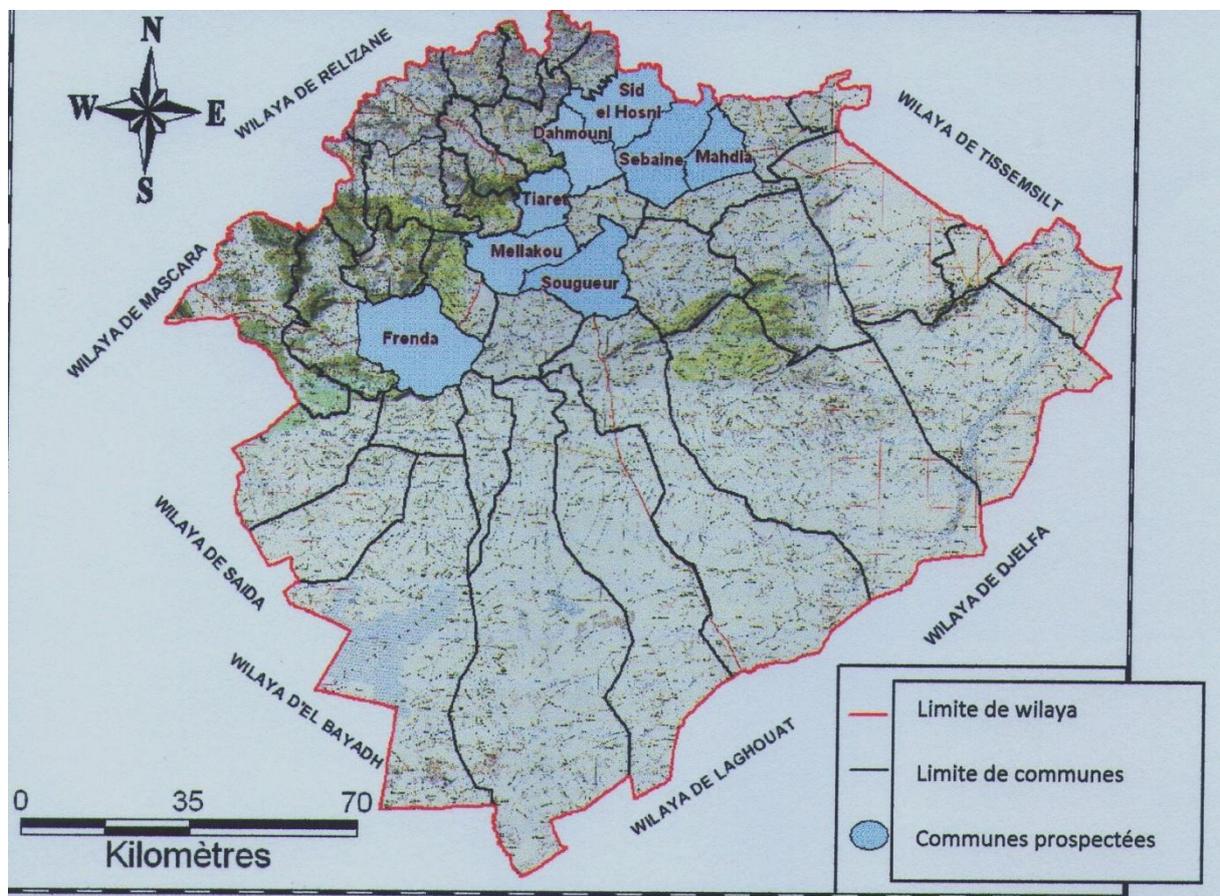


Fig. 28: Les communes étudiées dans la wilaya de Tiaret

III.2-Matériel et méthodes d'analyse du sol

Afin de préciser le degré d'infestation dans chaque commune étudiée, nous avons utilisés la même technique d'échantillonnage décrite pour l'étude de l'impact de l'infestation du nématode sur les rendements.

Chaque échantillon est constitué de 25 sous échantillons effectués au niveau d'un rectangle de 12m² de surface (2.40x5m) (RIVOAL et *al.*, 1986).

Ces échantillons sont amenés au laboratoire pour l'extraction du nématode et l'étude des caractéristiques édaphiques du sol (cette étude est réalisée au niveau du laboratoire de recherche d'Agrobiotechnologie et de nutrition en zone semi arides de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université d'Ibn Khaldoun de Tiaret).

Au niveau du laboratoire de pédologie les échantillons de sol sont séchés à l'air libre puis tamisés manuellement à l'aide d'un tamis ayant des mailles de 2 mm pour l'étude des caractères physico - chimiques des sols.

III.2.1-Matériel

III.2.1.1- Matériels des analyses

- Tamis (2mm) ;(0.2mm) ;(0.1mm) et (0.050 mm) ;
- Bain de sable ;
- Agitateur ;
- Le percolât d'acétate d'ammonium ;
- Plaque chauffante ;
- Pipette de ROBINSON ;
- Calcimètre de BERNARD.

III.2.1.2- Les réactifs

- Eau oxygénée ;
- Hexamétaphosphate de sodium à 40 g/l ;
- Solution d'acétate d'ammonium normal et neutre ;
- Alcool ;
- Eau distillée ;
- Bicarbonate de potassium ;
- Acide sulfurique ;
- Sel de Mohr ;
- Carbonate de calcium (Ca CO₃) ;
- Acide chlorhydrique (H Cl).

III.2.2- Méthodes de travail

III.2.2.1- Caractérisation physique

III.2.2.1.1- Granulométrie

L'analyse granulométrique permet de connaître les pourcentages de différentes fractions de particules. Elle consiste à la destruction de la matière organique par l'eau oxygénée, puis par la dispersion du sol à l'hexamétaphosphate de sodium. La texture est appréciée par la détermination de la granulométrie en cinq (5) fractions correspondantes à des catégories de sols comme les sables grossiers (Sg) et fins (Sf), les limons grossiers (Lg) et fins (Lf) et les argiles (A). Les fractions d'argiles (>2 µm) et les limons (2 - 20 µm et 20 - 50 µm).

La granulométrie a été déterminée selon la méthode internationale, à l'aide de la pipette de Robinson (**Fig. 29**). Les fractions supérieures à 50 µm, qui correspondent aux sables fins et grossiers (50 - 200 µm, 200 µm - 2 mm), sont obtenues par tamisage.

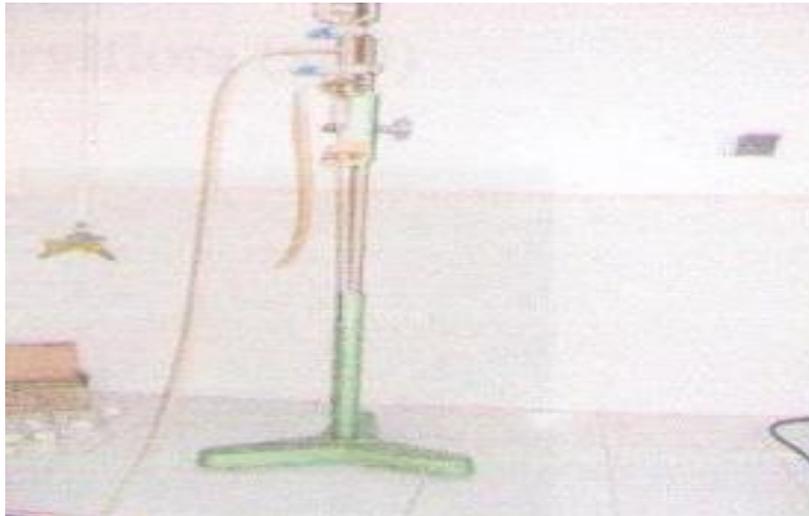


Fig. 29 : Pipette de ROBINSON

Après les prélèvements, les capsules remplies d'argile, de limon et de sable sont placées dans l'étuve à 105 °C pendant 24h. Le poids est calculé pour évaluer les pourcentages de l'argile, du limon et du sable (P_A ; P_L ; P_S).

Le pourcentage de l'argile et limon est calculé par la formule suivant :

$$P (A \text{ ou } L)\% = P (A \text{ ou } L) \cdot \frac{V}{v} \cdot \frac{100}{p-p/100 (MO+H\%+ Ca CO_3)}$$

Le pourcentage du sable est calculé par une autre formule:

$$P s\% = P s \cdot \frac{100}{p-p/100 (MO+H \%+ Ca CO_3)}$$

V : le volume total de la suspension (1000 ml)

v : le volume de la pipette de robinson (20 ml)

P : le poids de la prise d'essai

III.2.2.1.2-Humidité

L'humidité du sol est exprimée en pourcentage, c'est la perte de poids après séchage à 105°C exprimée en pourcent. L'humidité d'un échantillon est déterminée par différence de poids, une prise de 10g (p₁) est prélevée et passée à l'étuve pendant 24 h à 105 °C.

Après 24 h, l'eau contenue dans l'échantillon s'évapore, l'échantillon est pesé à nouveau on aura le poids (p₂).

Le taux d'humidité est calculé par la formule suivante :

$$H\% = \frac{P_1 - p_2}{P_1} \times 100$$

P₁ : poids de la prise d'essai (10g) (le poids frais)

p₂ : poids après séchage à 105 °C (le poids sec)

III.2.2.2- Les analyses chimiques

III.2.2.2.1-Le dosage du calcaire

III.2.2.2.1.1- Calcaire total

La teneur en calcaire total est obtenue par calcimétrie grâce au calcimètre de Bernard. Dès que le taux de calcaire atteint 5 %, il devient nécessaire de calculer son activité (calcaire actif). Le dosage du calcaire total est fondé sur la réaction caractéristique du carbonate de calcium au contact de l'acide chlorhydrique.



A l'aide du calcimètre de BERNARD (**Fig. 30**), il s'agit de comparer le volume de CO₂ dégagé par le contact d'HCl avec certain poids connu de terre. Le volume de CO₂ dégagé est proportionnel à la teneur en carbonate de calcium.



Fig. 30: Calcimètre de BERNARD

$$\text{Taux de Ca CO}_3 \text{ en } \% = \frac{\mathbf{P' . v}}{\mathbf{P . V}} \times 100$$

P' : poids de Ca CO₃

P : poids de prise d'essai de l'échantillon

V : volume de CO₂ dégagé par l'échantillon

v : volume de CO₂ dégagé par Ca CO₃

Selon le pourcentage de Ca CO₃ on distingue :

De 0 à 5% → sol peu calcaire

De 5 à 15% → sols moyennement calcaires

De 15 à 30% → sols calcaires

De + 30% → sol très calcaire

III.2.2.2.1.2- Calcaire actif

Le calcaire actif est une partie du calcaire total qui se trouve dans le sol en dimensions très fines. Il peut être déterminé par la méthode Drouineau.

Le dosage du calcaire actif est basé sur la propriété du calcaire à se combiner aux oxalates pour précipiter sous forme d'oxalate de calcium.



III.2.2.3-La matière organique

La matière organique est déterminée par le biais du carbone organique selon la méthode d'ANNE 1945.

La matière organique est oxydée à chaud par le bichromate de potassium (**Fig. 31**) en présence d'acide sulfurique concentré (méthode de Walkley et Black citée par MATHIEU et PIELTIN, 2003). Le bichromate restant en solution est titré à l'aide d'une solution de sulfate double de fer et d'ammonium 0,2 N. La teneur en matière organique est déduite en multipliant le taux du carbone par le coefficient 1,72 (sachant que le carbone organique représente 58% de la matière organique) (MATHIEU et PIELTAIN, 2003). Ce coefficient est largement utilisé par les différents laboratoires de pédologie pour estimer la teneur en matières organiques. (**Tab.11**).

Les bichromates vont être fixés avec les molécules de carbone, ce qui reste des bichromates va être oxydé par le sel de Mohr.

$$\text{C \%} = (\text{Y}-\text{X}) \cdot \frac{0,615}{\text{P}}$$

Y : la quantité de sel de Mohr qui a oxydé tous les bichromates dans l'essai à blanc.

X : la quantité de sel de Mohr qui a oxydé tous les bichromates dans l'échantillon du sol.

P : la prise d'essai.



Fig. 31 : Plaque chauffante

Tableau N° 11: La matière organique dans le sol (BAIZE, 1988)

MO%	SOL
0,5	Très pauvres en MO
0,5 à 1,5	pauvres en MO
1,5 à 2,5	Moyennement pauvres en MO
2,5 à 6,0	Riche en MO
6,0 à 15	Très riche en MO

III.3- Les résultats

III.3.1-Influence des paramètres édaphiques sur les degrés d'infestation d'*Heterodera*

Les résultats concernant la répartition sont d'abord présentés suivis par les résultats des analyses du sol et enfin une corrélation entre les niveaux d'infestation du nématode et les paramètres édaphiques est établie.

III.3.1.1-Répartition des stations d'étude selon le degré d'infestation

Le **tableau n°12** regroupe les degrés d'infestation retrouvés dans les différentes communes étudiées.

Tableau N° 12 : Degrés d'infestation des communes prospectées

Station	Degré d'infestation		Classification des stations degré d'infestation (RIVOAL et <i>al.</i> , 1980)
	Nombre de kyste /100g de sol	Nombre de larves /g de sol	
Dahmouni	16	>10 L2 /g de sol	Fortement infestée
Mellakou	15	>10 L2 /g de sol	Fortement infestée
Frenda	11	>10 L2 /g de sol	Fortement Infestée
Sidi Hosni	7	>10 L2 /g de sol	Fortement Infestée
Sougueur	6	>10 L2 /g de sol	Fortement infestées
Tiaret	3	<10 L2 /g de sol	Faiblement infestées
Mahdia	0	Absence de L2	Non infestées (indemne)
Sebaine	0	Absence de L2	Non infestées (indemne)

Le classement des communes céréalières prospectées en fonction du degré d'infestation par *H. avenae* est illustré dans la **figure n° 32**.

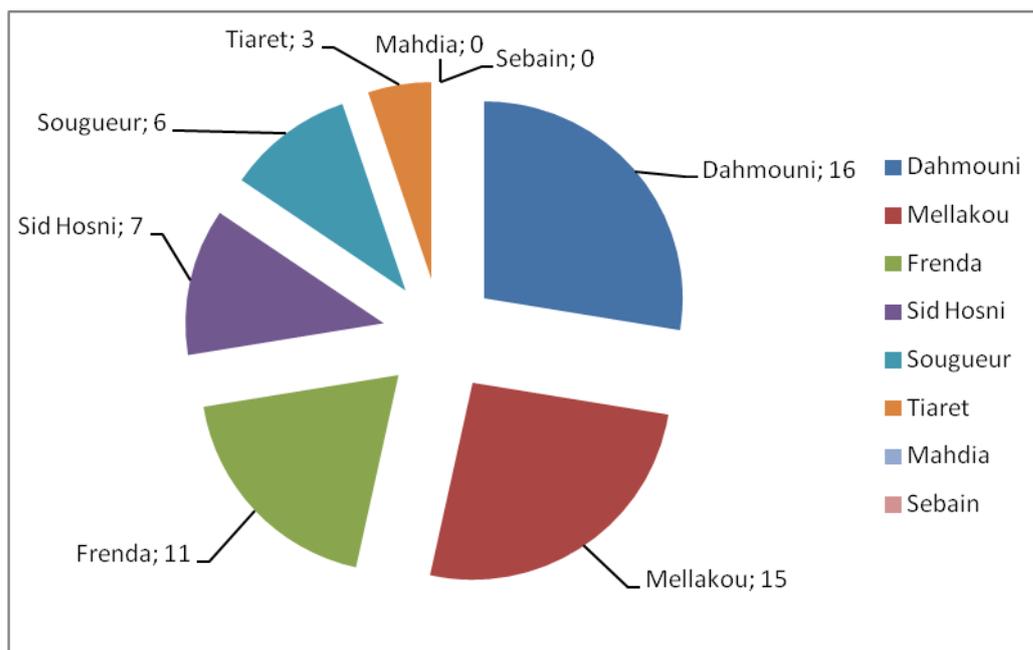


Fig. 32 : Degrés d'infestation en nombre de kystes /100g de sol

III.3.1.2- Paramètres édaphiques

Les pourcentages des différents paramètres du sol pour chaque commune sont regroupés dans le **tableau n°13**.

Tableau N° 13 : Degrés d'infestations et paramètres édaphiques

Zone	Argiles %	Limons %	Sables	MO	H%	Calcaire Totale	Calcaire Actif	Degrés d'infestation
Dahmouni	15,63	5,43	75,24	3,87	13,7	07	2,5	16
Mellakou	30	7,26	62,26	4,64	14,1	28,18	17,5	15
Frenda	29,22	39,27	31,49	3,70	16,8	17,47	12,68	11
Sidi Hosni	17,23	67	15,47	4,12	12,7	02	-	07
Sougueur	26,11	16,08	57,76	4,38	15,1	16,5	05	06
Tiaret	27,03	7,22	65,15	3,35	12,9	3,5	-	03
Mahdia	50,91	30	19,07	0,42	16	5,94	4,60	0
Sebaine	65	30,55	4,30	2,11	14,3	9,34	5,37	0

III.3.1.2.1-Analyse du sol de Dahmouni

La **Figure n°33** montre que le sol de la commune de Dahmouni est un sol à texture sableuse. Le degré d'infestation révèle une forte abondance d'*H. avenae* dans les sols de cette région; le degré d'infestation est élevée (16 kystes / 100g de sol). *H. avenae* à été déjà signalé dans cette commune par LABDELLI, 1995 et SMAHA, 1998.

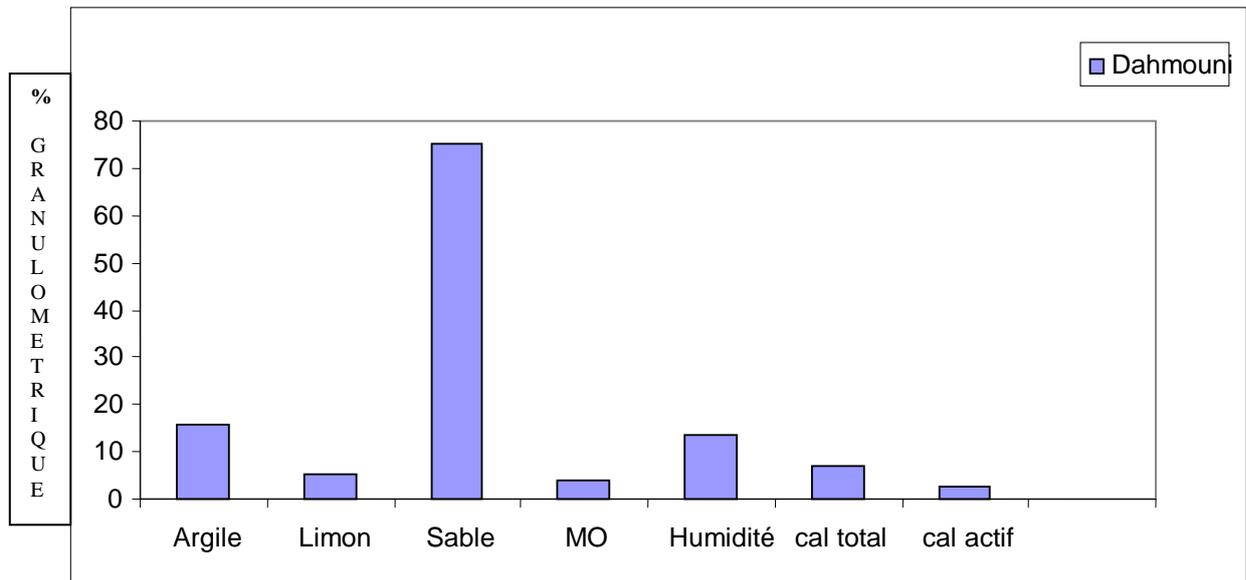


Fig. 33 : Histogramme comparatif des différentes fractions texturales pour la commune de Dahmouni

III.3.1.2.2-Analyse du sol de Mellakou

Le sol de la commune de Mellakou est de texture sableuse ; cette région est fortement infestée par ce redoutable nématode (*H. avenae*) avec 15 kystes / 100 g de sol

(**Fig. 34**).

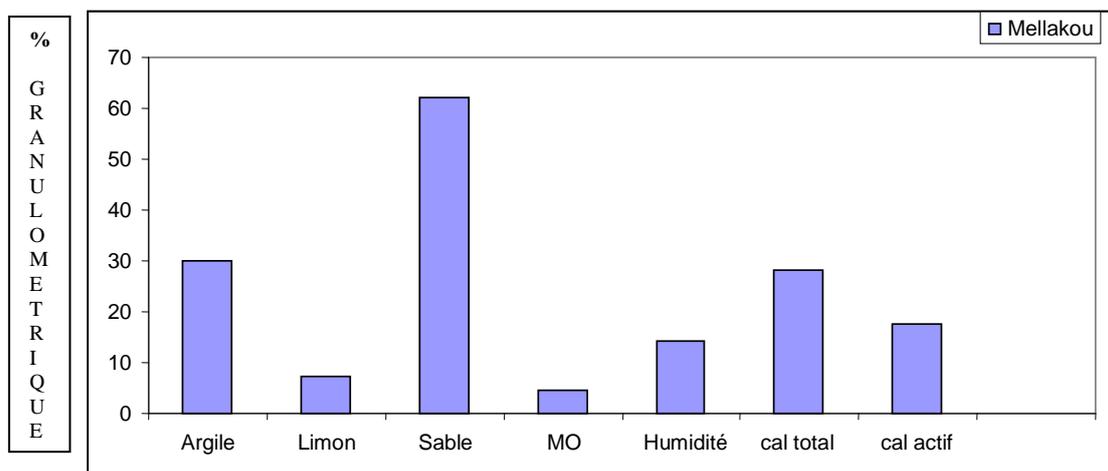


Fig. 34: Histogramme comparatif des différentes fractions texturales pour la commune de Mellakou

III.3.1.2.3-Analyse du sol de Frenda

Cette région est caractérisée par une texture limono-sableuse. L'analyse nématologique du sol montre la présence de ce nématode (*H. avenae*) avec un nombre de 11 kystes / 100 g de sol. Ce degré dépasse le seuil de nuisibilité (**Fig. 35**).

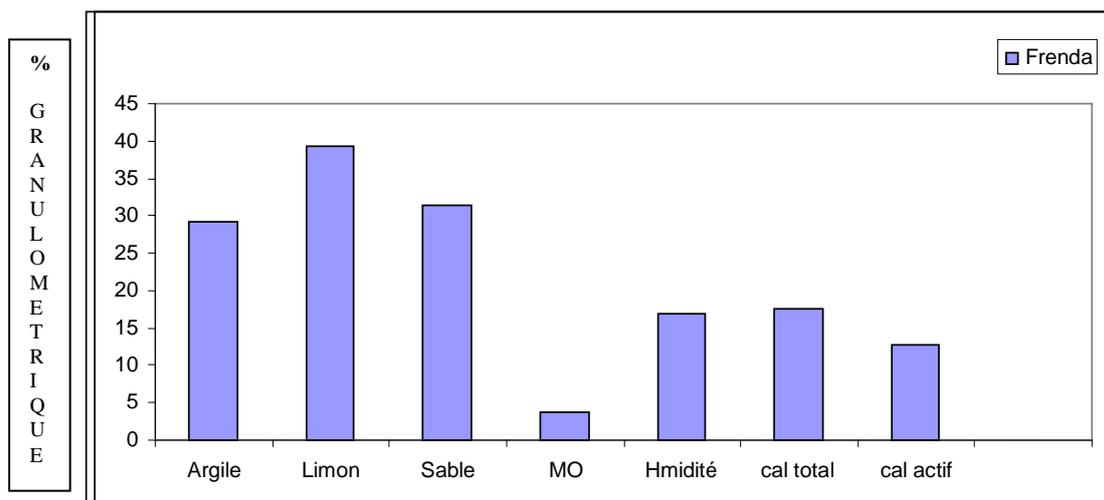


Fig. 35 : Histogramme comparatif des différentes fractions texturales pour la commune de Frenda

III.3.1.2.4-Analyse du sol de Sidi Hosni

Le sol de la commune de Sidi Hosni est de texture limoneuse. Le nombre des kystes d'*H. avenae* collectés à partir de l'échantillon du sol est de 7 kystes / 100 g de sol. La texture légère d'un sol favorise le déplacement des nématodes (Fig. 36).

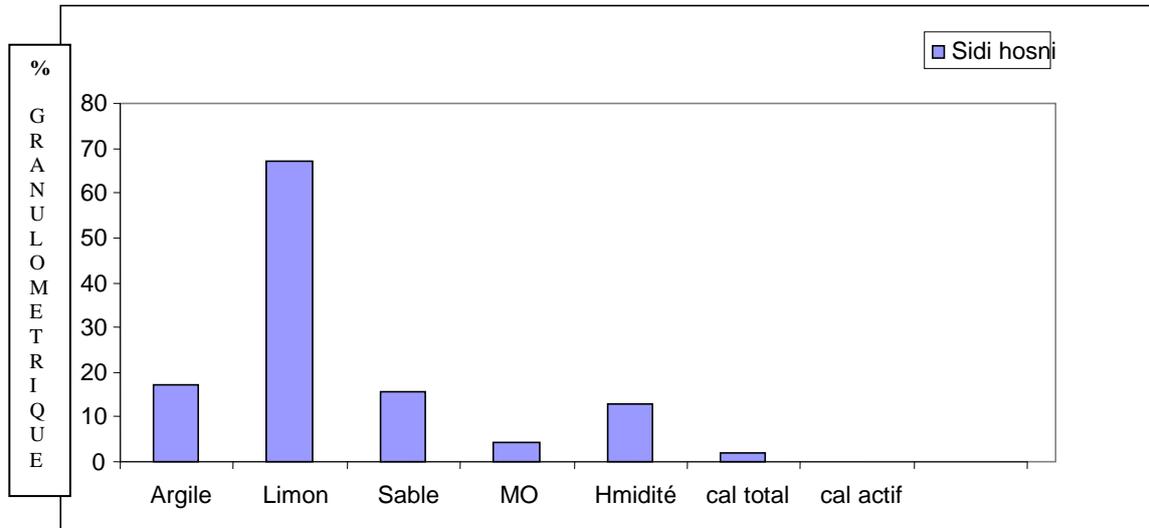


Fig. 36 : Histogramme comparatif des différentes fractions texturales pour la commune de Sidi Hosni

III.3.1.2.5- Analyse du sol de Sougueur

Le sol de Sougueur sableux. Ce faible degré d'infestation est dû à une agriculture extensive basée sur la pratique de céréales une année sur deux (les sols sont laissés en jachère une fois sur deux) (Fig. 37).

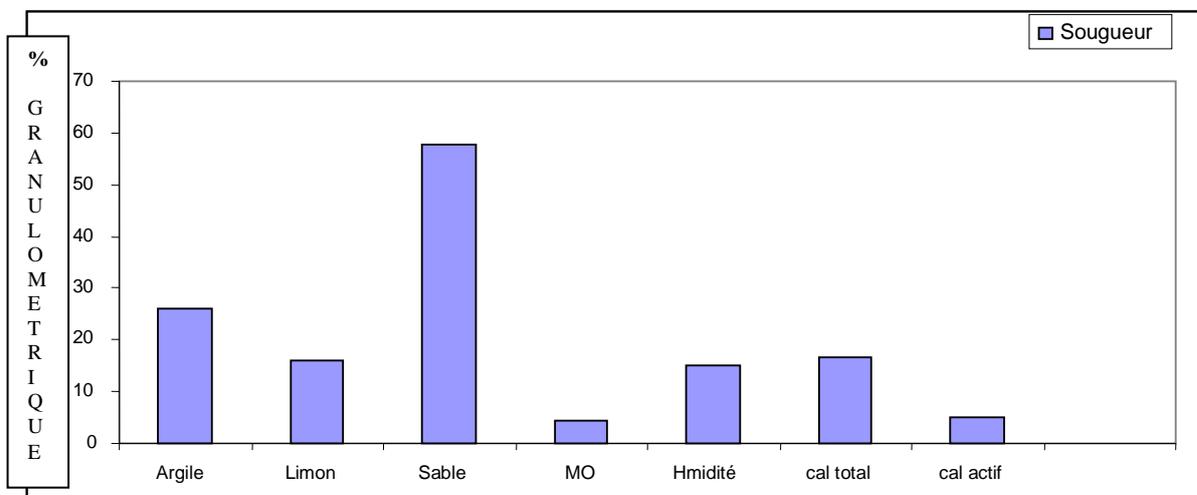


Fig. 37 : Histogramme comparatif des différentes fractions texturales pour la commune de Sougueur

III.3.1.2.6-Analyse du sol de Tiaret

La commune de Tiaret a une texture sableuse. Suivant les résultats nématologiques cette zone a une infestation de 03 kystes / 100 g de sol (**Fig. 38**).

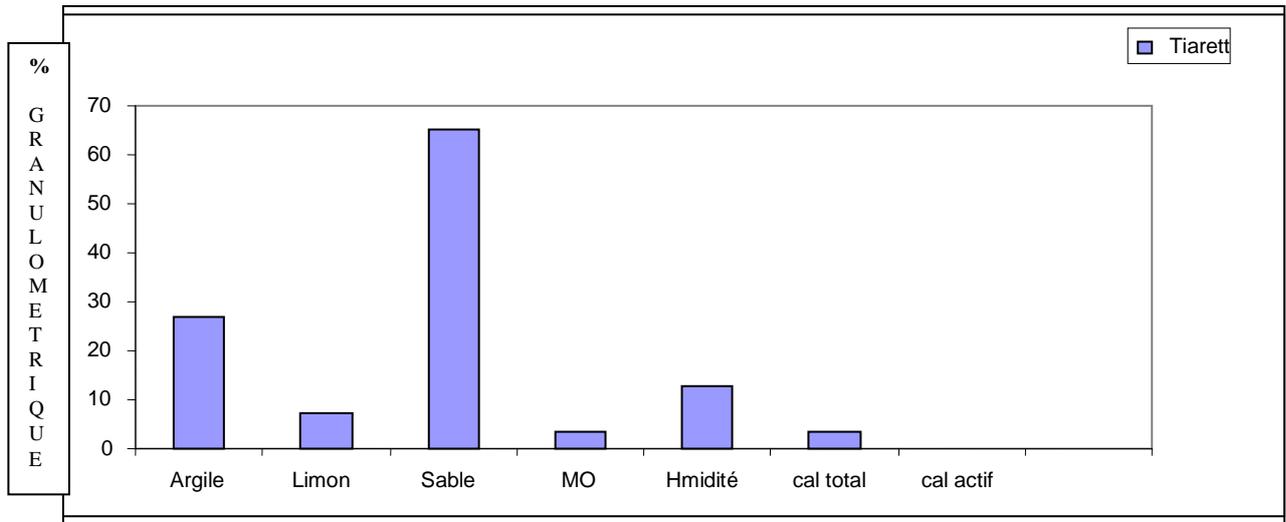


Fig. 38 : Histogramme comparatif des différentes fractions texturales pour la commune de Tiaret

III.3.1.2.7-Analyse du sol de Mahdia

Avec une texture argileuse, cette zone se caractérise par l'absence totale des kystes d'*H. avenae*, qui serait probablement liée à la nature argileuse du sol qui confère des conditions de mal aération en limitant son déplacement et son développement (**Fig. 39**).

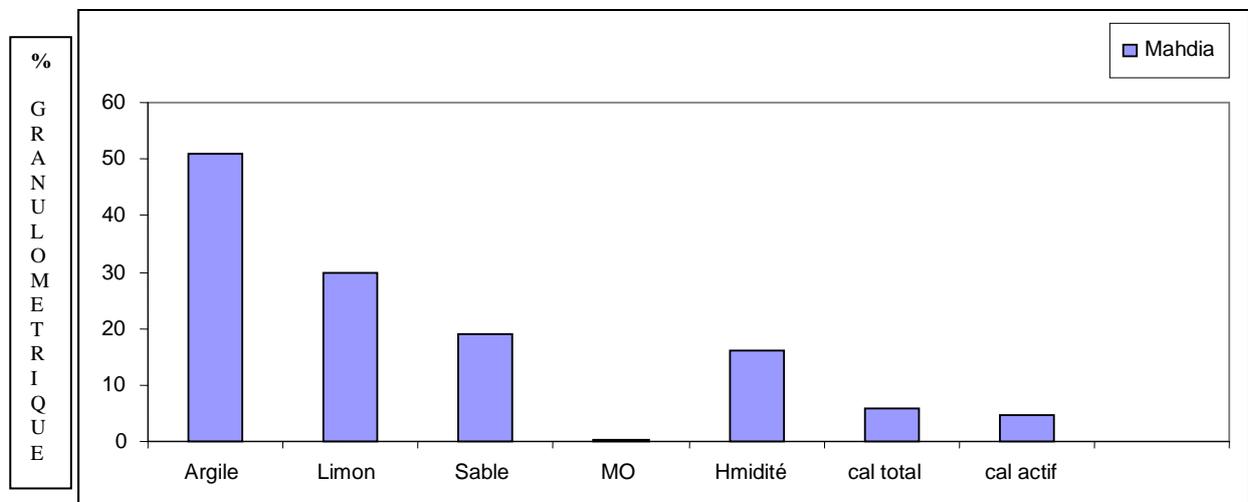


Fig. 39 : Histogramme comparatif des différentes fractions texturales pour la commune de Mahdia

III.3.1.2.8- Analyse du sol de Sebaine

Le sol de la commune Sebaine est argileux. On note l'absence du nématode. Les sols lourds confèrent des conditions défavorables pour le développement du nématode (**Fig. 40**).

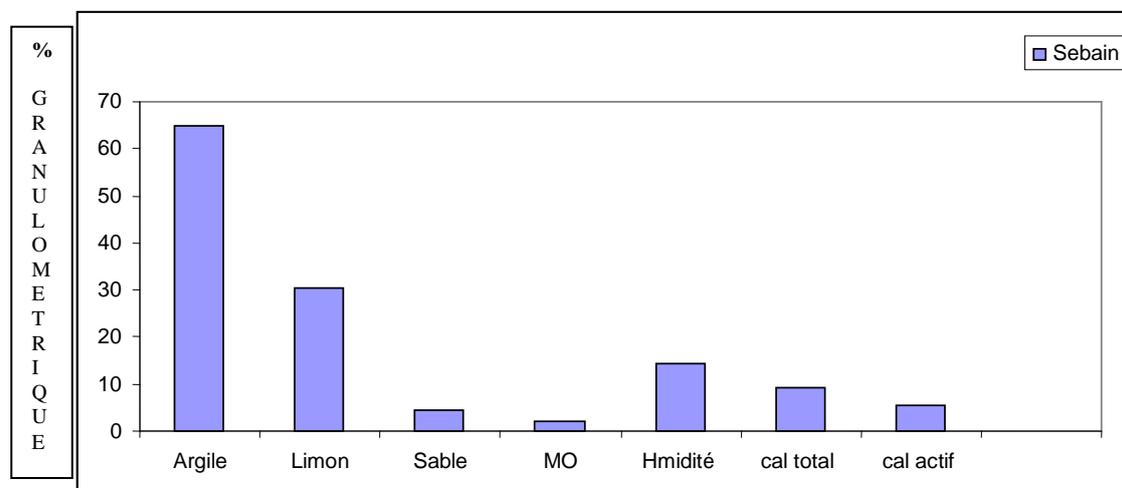


Fig. 40 : Histogramme comparatif des différentes fractions texturales pour la commune de Sebaine

III.3.2- Corrélation entre l'infestation et les paramètres édaphiques

Pour pouvoir connaître l'influence des paramètres édaphiques sur les taux d'infestation du nématode nous avons utilisé le test de Spearman (**Tab.14**).

Tableau N° 14 : Corrélation entre l'infestation et texture

	Argile	Limon	Sable	Matière Organique	Humidité %	Calcaire Total	Calcaire Actif
corrélation	$r = - 0.69$	$r = - 0.28$	$r = 0.62$	$r = 0.72$	$r = - 0.07$	$r = 0.51$	$r = 0.47$

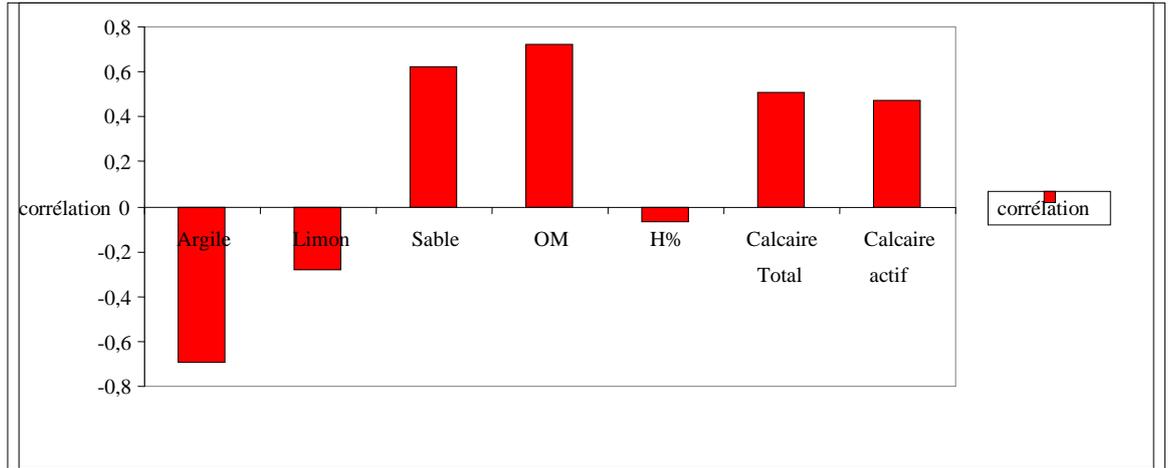


Fig. 41 : Histogramme de la corrélation entre l'infestation et les paramètres édaphiques

III.4-Discussion

Lors des investigations sur les degrés d'infestation au niveau des différentes communes de la région de Tiaret, les résultats ont montré que les degrés d'infestation dépassent largement le seuil de nuisibilité : la commune de Dahmouni avec 16 kystes/ 100 g de sol, la commune de Mellakou avec 15 kystes / 100 g de sol, la commune de Frenda avec 11 kystes/ 100 g de sol, Sidi Hosni avec 7 kystes / 100 g de sol et la commune de Sougueur avec 6 kystes / 100 g de sol; une faible infestation a été enregistrée au niveau de la commune Tiaret avec 3 kystes / 100 g de sol. Les communes indemnes sont représentées par Mahdia et Sebaine.

Le test de Spearman a permis de confirmer que les paramètres édaphiques ont une influence sur les degrés d'infestation de ce nématode (**Fig. 41**).

Le taux d'argile est corrélé négativement avec l'infestation ($r = - 0.69$). Cette dernière est faible lorsque le taux d'argile est élevé. Ceci est dû à l'augmentation de la résistance des sols qui les rend de plus en plus lourds (DUCHAUFFOUR, 1979). Les sols riches en argiles sont imperméables et mal aérés. L'infestation est donc faible dans les sols riches en argile (les taux élevés d'argile ne permettent pas le développement du nématode).

La répartition des nématodes phytoparasites est en relation avec le sol. Pour une même plante, les communautés de nématodes présentes dans les sols sableux sont souvent différentes de celles que l'on rencontre dans les sols argileux (CADET, 1998).

Nos résultats viennent confirmer les travaux de DE GUIRAN et DEMEUR (1978) qui ont montré que les conditions asphyxiantes dans un sol argileux retardent l'éclosion des œufs de *Meloidogyne incognita*.

D'après SCOTTO LA MASSESE (1986), les sols lourds permettent difficilement les déplacements du nématode. En effet, HAMMACHE (2010) mentionne que dans un sol, le taux élevé en argile diminue la macroporosité et le rendant asphyxiant.

Le taux de limon et l'infestation sont corrélés négativement ($r = -0.28$). Le limon ne permet pas une forte infestation d'*H. avenae* (les taux élevés de limon entravent la multiplication d'*H. avenae*). La structure massive liée à la texture limoneuse favorise des propriétés physiques mauvaises du sol mais, cette structure a tendance à être corrigée par une teneur suffisante en humus et en calcaire tel que dans les deux communes de Frenda et de Sidi Hosni avec des sols riches en limon (corrélation négative) mais les degrés d'infestation sont relativement élevés (avec 11 et 7 kystes / 100 g de sol), ces sols sont riches en matière organique et en calcaire ce qui les rend plus aptes au déplacement du nématode .

De même, pour les nématodes à galles signalés par HAMMACHE (2010) les *Meloidogyne* trouvent dans le sol limono-sableux pratiquement toutes les conditions favorisant leur développement.

Le sable présente une corrélation positive avec l'infestation ($r = 0.62$), cette corrélation est interprétée par la légèreté et la friabilité que donne le sable aux sols (CHARTIEN, 1971). La bonne perméabilité et la possibilité de circulation confèrent donc un milieu relativement favorable à la vie du nématode. Les sols des communes de Dahmouni et Mellakou ont une forte teneur en sable 75.24% et 62.26%, enrichie par la matière organique et avec un bon taux de calcaire (Mellakou 28.18%) sont des milieux favorables pour le développement du nématode, les sols légers bien drainés sont favorables au développement du nématode (SMILEY et NICOL, 2009). Les attaques des nématodes sur les graminées sont plus fréquentes sur des sols perméables (ANONYME, 2013).

Il en est de même, pour les communes de Tiaret et de Sougueur mais à un degré moindre. Selon SCOTTO LA MASSESE et *al.* (1988), les sols sableux sont favorables à beaucoup d'espèces de nématodes.

Nos résultats confirment ceux de HAMMACHE (2010) qui signale qu'un bon pourcentage de la fraction sableuse traduit une bonne aération et une macroporosité suffisante pour une migration et un déplacement normal des larves infestantes de *Meloidogyne*.

Le sable permet le déplacement des larves infestantes de *Meloidogyne incognita* (FUJIMOTO et *al.*, 2010)

L'humidité a une corrélation négative (mais très faible) avec l'infestation ($r = - 0.07$), c'est une valeur insignifiante par rapport aux valeurs des autres paramètres. Donc l'humidité n'a pas une forte influence sur le développement du nématode. L'humidité a une influence sur la capacité thermique. La température faible permet l'éclosion des kystes et la pénétration des larves (RIVOAL et IREHOLM, 1990).

La corrélation est positive entre la matière organique et l'infestation ($r = 0.72$). La matière organique constitue la matière première de l'humus. MATHIEU (2009) montre que la matière organique peut améliorer la capacité de rétention en eau des sols et contribuer à l'amélioration de la stabilité structurale des sols.

La matière organique semble avoir, également, un effet positif sur l'activité des nématodes par un complexe argilo humique équilibré favorable à toute activité de microorganismes. Par contre, CASTAGNONE et *al.* (1988), mentionnent que la matière organique peut provoquer une baisse du potentiel reproducteur des femelles de *Meloidogyne incognita* sur tomate.

Le calcaire total présente une corrélation positive avec l'infestation ($r = 0.51$) qui peut être expliquée par le fait que le calcaire augmente la friabilité des sols. Ainsi, il améliore leur drainage naturel en assurant la floculation des colloïdes (DUCHAUFFOUR, 1995).

Le calcaire intervient par l'action du calcium (Ca^{++}) en assurant une bonne structure. Il joue un rôle prépondérant dans le comportement physique du sol par son pouvoir flocculant vis à vis des argiles et son rôle stabilisant pour les composés humiques (BONNEAU et SOUCHIER ,1979).

DUCHAUFFOUR (1995) montre qu'un sol riche en calcaire actif est pauvre en élément nutritif (phosphore, potassium et fer), ce qui entrave une bonne absorption de la plante par conséquent, une plante affaiblie est un hôte favorable pour le développement du nématode.

Chapitre - I V -
Evaluation du
comportement des
céréales vis à vis
d'H.avenae

IV.1-But de l'expérimentation

Les céréales permettent le développement et la multiplication du nématode à kyste des céréales. Notre travail consiste à étudier le comportement des céréales vis-à-vis d'*H. avenae*.

Différentes variétés de céréales sont testées pour rechercher des variétés tolérantes ou résistantes à l'attaque du nématode.

Les variétés testées pour les blés durs : Ofanto, Waha et Vitron, pour les blés tendres : Anza et HD.1220, pour l'orge : Saida et ACSAD 60 et pour l'avoine : Hamel, Noire 912 et Prévision.

IV.2-Matériel et méthode

IV.2.1-Matériel biologique

Lors de nos différents échantillonnages dans la commune de Tiaret, nous avons fait l'extraction de nombreux kystes pleins afin de les utiliser dans l'essai du comportement variétal.

IV.2.2-Matériel végétal

Les variétés de céréales étudiées au cours de l'essai sont les plus utilisées par les agriculteurs de la région, les semences proviennent de l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) de Sebaine (Tiaret).

IV.2.3-Origine du substrat

L'essai est réalisé dans des bouteilles en matière plastique remplies de sol stérilisé ramené des parcelles de céréales de l'ITGC.

IV.2.4-Méthode

Ce test est réalisé sur un sol artificiellement infesté selon la méthode décrite par Rivoal et *al.* en 1978. Le sol est stérilisé dans une étuve à 120°C pendant 02 heures. Une fois refroidi, il est

tamisé et réparti dans des bouteilles en matière plastique de 15 cm de long et de 07 cm de diamètre.

Le fond de chaque bouteille est préalablement perforé afin de permettre un bon drainage de l'eau. 30 kystes pleins (5 à 10 L₂ par gramme de sol) récoltés à partir des parcelles fortement infestées sont enfermés dans des nouets de gaze (pour éviter la confusion avec les kystes néoformés) aux mailles de 250 microns. Ces mailles permettent la sortie des larves infestantes. Au niveau de chaque bouteille, la gaze contenant les kystes est placée à une profondeur de 03 cm. Deux jours après l'inoculation, le semis est effectué à l'aide de graines pré germées à 01 cm de profondeur (**Fig. 42**).

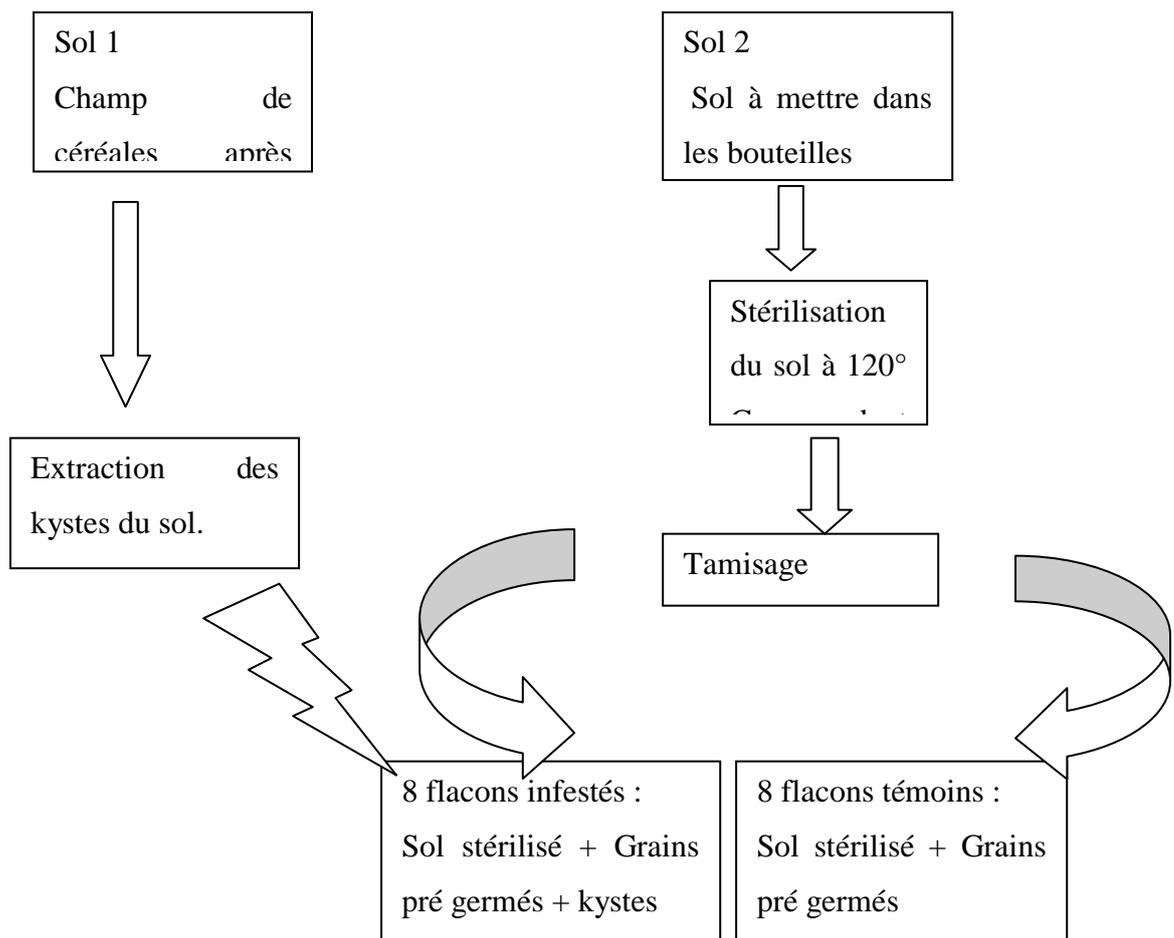


Fig. 42 : Protocol expérimental

L'essai est mené en conditions naturelles à raison de (huit) 08 répétitions pour les témoins et (huit) 08 répétitions pour les bouteilles infestées afin de compenser l'hétérogénéité de la multiplication du nématode. Les variétés utilisées pour les blés durs sont Ofanto, Waha et Vitron. Les blés tendres sont représentés par Anza et HD 1220 alors que les variétés d'orge testées sont Saida et ACSAD 60. Concernant l'avoine, les variétés analysées sont Hamel, Noire 912 et Prévision. Une irrigation si nécessaire est effectuée en période de sécheresse. Un apport d'engrais sous forme de granulés a été effectué lors de cet essai (**Fig.43**).



Fig. 43 : Vue générale du dispositif expérimental

IV.3-Résultats

L'analyse de la variance à deux (2) facteurs est utilisée pour évaluer le degré de sensibilité des différentes variétés de céréales (facteur 1: variété, facteurs 2: contamination).

Afin de mieux comparer les paramètres de rendement des différentes variétés des blés et orges utilisées pour le test du comportement vis à vis d' *H. avenae*, une analyse des composantes principales (ACP) à partir des paramètres de rendement a été effectuée.

IV.3.1-Comportement des variétés de blés durs vis-à-vis d'*H. avenae*

Parmi les composantes de rendement nous avons pris en considération le nombre d'épis /plant et le poids de mille grains.

IV. 3.1.1-Evaluation de la sensibilité sur le nombre d'épis par plant

Le nombre d'épis formés en fin du cycle du végétal a été dénombré chez les variétés de blé dur (Tab. n°01 en annexe).

IV. 3.1.1.1-Analyse de la variance

L'analyse de la variance à 2 facteurs, facteur 1: variétés, facteur 2 : contamination ; la variable : le nombre d'épis par plants.

Les résultats d'une analyse de la variance par l'ANOVA du nombre d'épis par plant des blés durs sont regroupés dans le tableau n° 15.

Tab. 15 : Analyse de la variance du nombre d'épis par plant des blés durs

Effet	Sc.	Degrés de liberté	MC	F	P
Variété	1,04167	2	0,520833	1,24	0,3004
Contamination	4,08333	1	4,08333	9,69	0,0033
Erreur	18,5417	44	0,421402		

L'analyse de la variance révèle une différence hautement significative entre les plants témoins et les plants inoculés, donc le nématode a un effet considérable sur le développement de la plante $P= 0.0033$ donc inférieure à 5% (0.05).

Concernant les variétés utilisées au cours de ce test en l'occurrence Ofanto, Vitron et Waha pour le paramètre nombre d'épis par plant, la différence s'est révélée non significative. Ces variétés se sont montrées toutes hôtes favorables pour ce nématode.

IV.3.1.2-Evaluation de la sensibilité sur le poids de mille grains

Le poids de mille grains est pesé en fin du cycle du végétal chez les variétés de blé dur (Tab. n°01 en annexe).

IV. 3.1.2.1-Analyse de la variance

L'analyse de la variance à 2 facteurs ; facteur 1: variétés, facteur 2 : contamination ; la variable : le poids de mille grains.

Les résultats d'une analyse de la variance par l'ANOVA du poids de mille grains des blés durs sont regroupés dans le tableau n° 16.

Tab. 16 : Analyse de la variance du poids de mille grains des blés durs

Effet	Sc.	Degrés de liberté	MC	F	P
Variété	149,042	2	74,5208	2,89	0,0662
Contamination	1017,52	1	1017,52	39,45	0,0000
Erreur	1134,92	44	25,7936		

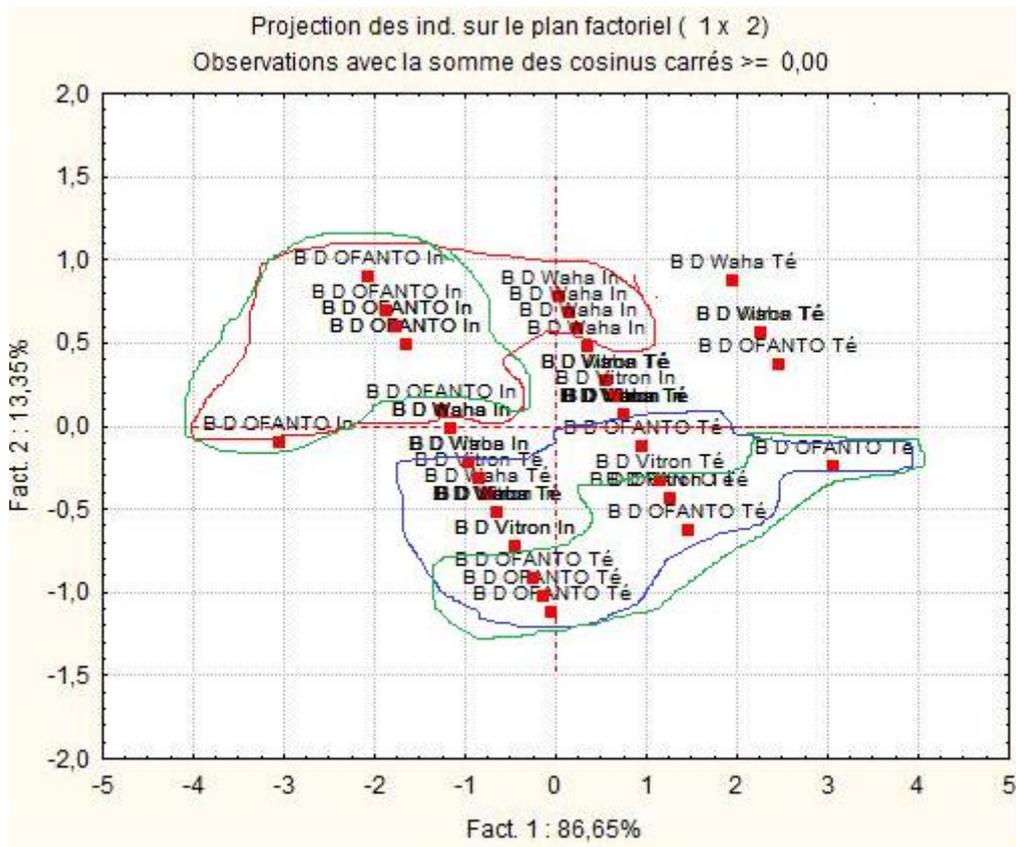
Les grains formés par les blés durs ont été pesés à l'aide d'une balance de précision. L'analyse de la variance révèle une différence significative ($P= 0,0000$) entre les plants témoins et les plants infestés.

Il n'existe pas de différence significative entre les 03 variétés de blés durs Ofanto, Waha et Vitron $P=0,0662>0,05$.

IV. 3.1. 3 – Analyse en composantes principales des blés durs

Pour mieux approfondir la comparaison entre les variétés témoins et les variétés infestées une analyse en composantes principales est indispensable.

Cette analyse est basée sur la projection de toutes les répétitions des variables (nombre épis par plant et poids de milles grains) avec les facteurs, (Facteur.1 : variétés et Facteur.2 : nématode avec témoin et infesté).



- Témoin

- Infesté

- Variété

Fig. 44 : ACP des blés durs

La Figure 44 montre que les trois variétés de blé infestées se situent en haut du graphe alors que les variétés témoins sont en bas du graphe. Vitron et Waha se situent au milieu du graphe alors que la variété Ofanto, la moins sensible, se situe aux pôles opposés.

IV.3.2-Comportement des variétés de blé tendre vis-à-vis *d'H. avenae*

Parmi les composantes de rendement, nous avons pris en considération : le nombre d'épis /plant et le poids de mille grains.

IV.3.2.1 – Evaluation de la sensibilité sur le nombre d'épis par plant

Le nombre des épis formés en fin du cycle du végétal a été dénombré chez les variétés de blé tendre (Tab. n°02 en annexe).

IV.3.2.1 .1 - Analyse de la variance

Les résultats d'une analyse de la variance par l'ANOVA du nombre d'épi par plant des blés durs sont regroupés dans le tableau n° 17.

Tab. 17 : Analyse de la variance du nombre d'épis par plant des blés tendres

Effet	Sc.	Degrés de liberté	MC	F	P
Variété	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
Contamination	10,125	1	10,125	24,73	0,0000
Erreur	11,875	29	0,409483		

Concernant le nombre d'épis par plant pour les 02 variétés Anza et HD1220, il existe une différence hautement significative $P= 0,0000$ entre les variétés témoins et les variétés infestées. L'effet du nématode sur le nombre d'épis par plant pour les 02 variétés est considérable.

Alors qu'il n'existe pas de différence significative entre les 02 variétés de blés tendres. Ces dernières se sont révélées hôtes favorables pour les développement du nématode.

IV.3.2.2- Evaluation de la sensibilité sur le poids de mille grains

Les grains formés par les blés tendres ont été pesés à l'aide d'une balance de précision (Tab. n°02 en annexe).

IV. 3.2.2.1-Analyse de la variance

Les résultats d'une analyse de la variance par l'ANOVA du poids de mille grains des blés durs sont regroupés dans le tableau n° 18.

Tab. 18 : Analyse de la variance du poids de mille grains des blés tendres

Effet	Sc.	Degrés de liberté	MC	F	P
Variété	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
Contamination	288,0	1	288,0	45,39	0,0000
Erreur	184,0	29	6,34483		

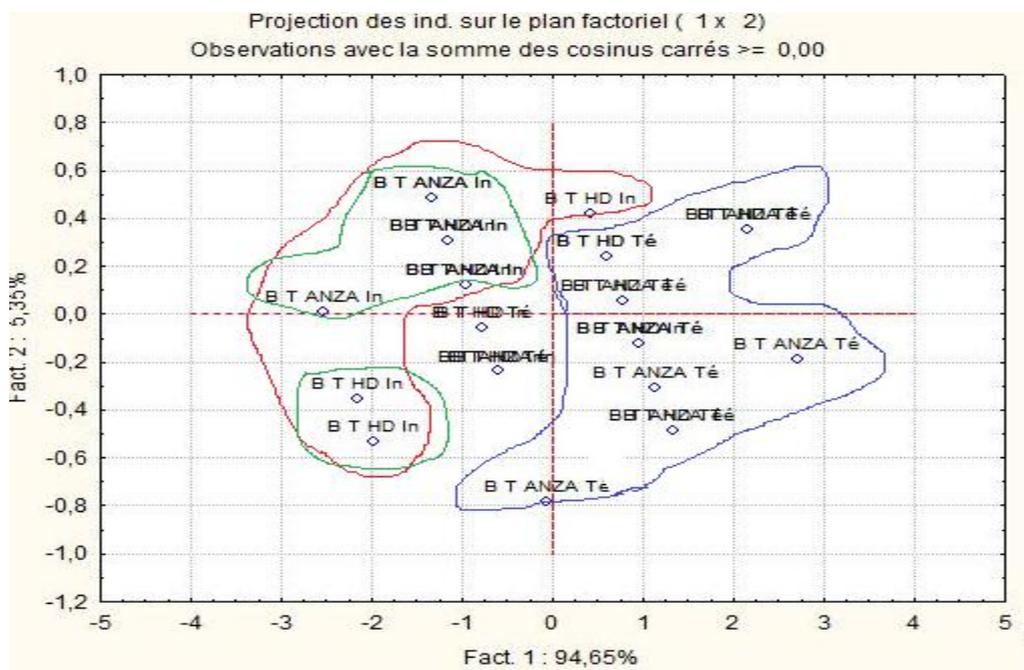
L'analyse de la variance a révélé une différence hautement significative entre les variétés inoculées et les variétés témoins.

Le nématode à kystes *H. avenae* a un effet redoutable sur le développement des 02 variétés de blé tendre $P=0,0000 < 0,05$.

Les deux variétés se sont montrées hôtes favorables sans qu'il existe de différence entre elles $P= 1$.

IV.3.2.3-Analyse en composantes principales des blés tendres

La projection de toutes les répétitions des variables avec les facteurs est représentée par l'ACP des blés tendres.



- Témoin

- Infesté

- Variété

Fig. 45 : ACP des blés tendres

La **figure 45** montre que les témoins de deux variétés de blé tendre (Anza et HD1220) se situent à droite de l'axe vertical, alors que les variétés infestées se trouvent à gauche de l'axe vertical.

IV.3.3-Comportement des variétés d'orge vis-à-vis d'*H. avenae*

Parmi les composantes de rendement, nous avons pris en considération le nombre d'épis /plant et le poids de mille grains.

IV. 3.3.1-Evaluation de la sensibilité sur le nombre d'épis par plant des orges

Le nombre d'épis formé en fin du cycle du végétal a été dénombré chez les variétés de l'orge (tab n° 03 en annexe).

IV.3.3.1.1- Analyse de la variance

Les résultats d'une analyse de la variance par l'ANOVA du nombre d'épis par plant des orges sont consignés dans le tableau n° 19.

Tab. 19 : Analyse de la variance du nombre d'épis par plant des orges

Effet	Sc.	Degrés de liberté	MC	F	P
Variété	9,03125	1	9,03125	32,11	0,0000
Contamination	9,03125	1	9,03125	32,11	0,0000
Erreur	8,15625	29	0,28125		

L'analyse de la variance révèle une différence hautement significative entre les plants témoins et les plants infestés $P = 0,0000$.

De même, nous signalons une différence hautement significative entre les deux variétés d'orge utilisées Saida et ACSAD $P=0,0000 < 0,05$.

IV.3.3.1.2-Test de Newman-keuls

Tab. 20 : Résultats du test de Newman-keuls sur le nombre d'épis par plant.

Variétés	Moyenne	Groupes homogènes
SAIDA	3,3125	A
ACSAD	4,375	B

Le test de Newman- Keuls fait ressortir l'existence de deux groupes homogènes (**Tab. 20**) :

Le groupe **A** : représenté par la variété Saida qui montre un nombre moyen d'épis par plant de l'ordre de 3,3125.

Le groupe **B** : représenté par la variété ACSAD qui donne un nombre moyen d'épis par plant de l'ordre de 4,375.

Donc, la variété Saida a formé un nombre d'épis moins que la variété ACSAD.

IV. 3.3.2-Evaluation de la sensibilité sur le poids de mille grains des orges

Les grains formés par les orges ont été pesés à l'aide d'une balance de précision et une analyse de la variance a été appliquée à ces résultats (**tab n° 03 en annexe**).

IV.3.3.2.1-Analyse de la variance

Les résultats d'une analyse de la variance par l'ANOVA du poids de mille grains des orges sont regroupés dans le tableau n° 21.

Tab. 21 : Analyse de la variance du poids de mille grains des orges

Effet	Sc.	Degrés de liberté	MC	F	P
Variété	427,781	1	427,781	18,25	0,0002
Contamination	1212,78	1	1212,78	51,75	0,0000
Erreur	679,656	29	23,4364		

L'analyse de la variance révèle une différence hautement significative entre les plants témoins et les plants infestés, donc, le nématode a un effet remarquable sur le facteur poids de mille grains pour les variétés infestées $P=0.0000<0.05$.

Les variétés se sont montrées différentes concernant l'effet du nématode sur le poids de mille grains $P= 0.0002<0.05$.

IV.3.3.2-Test de Newman-keuls

Tab. 22 : Résultats du test de Newman-keuls sur le poids de mille grains.

Variétés	Moyenne	Groupes homogènes
SAIDA	39,5	A
ACSAD	46,8125	B

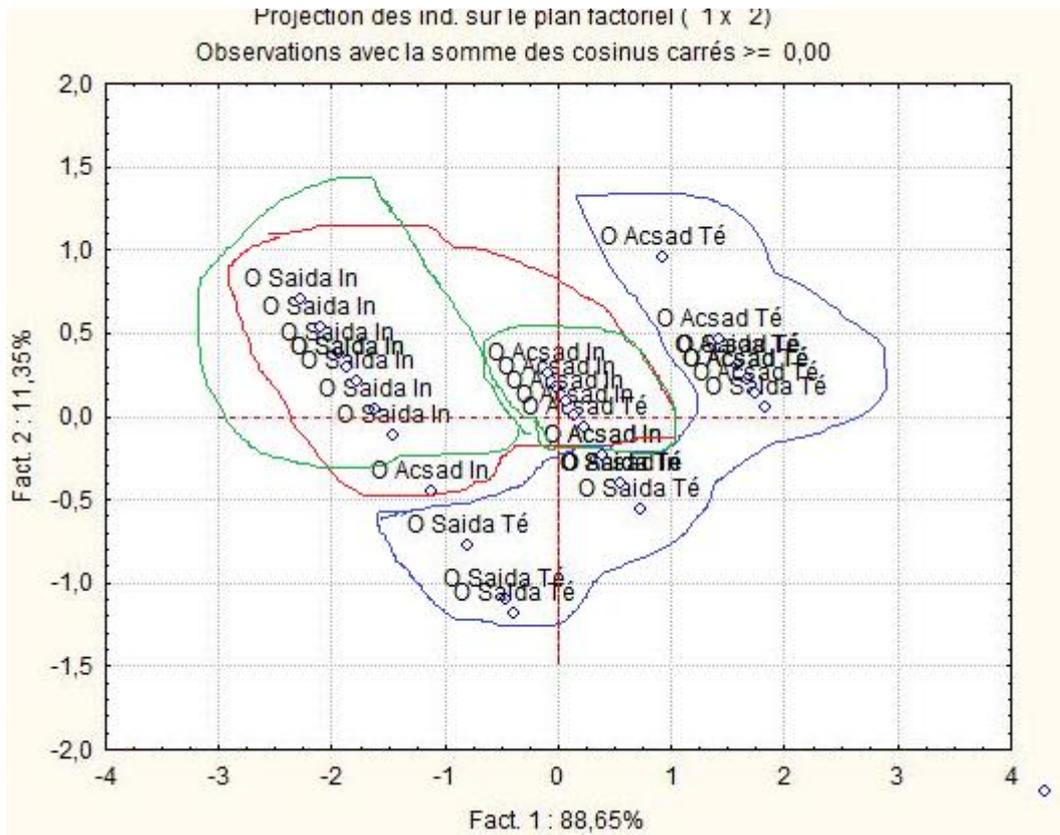
Le test de Newman- Keuls fait ressortir l'existence de deux groupes homogènes (**Tab. 22**):
Le groupe **A** : représenté par variété Saida qui présente un poids de mille grains de l'ordre de 39,5.

Le groupe **B** : représenté par variété ACSAD qui montre un poids de mille grains de l'ordre de 46,8125.

ACSAD s'est révélée moins sensible que Saida pour le poids de mille grains.

IV.3.3.3- Analyse en composantes principales des orges

Cette analyse est basée sur la projection de toutes les répétitions des variables (nombre d'épis par plant et poids de milles grains) avec les deux facteurs (variétés et nématode).



- Témoin

- Infesté

- Variété

Fig. 46 : A C P des orges

D'après la **Figure 46**, les deux variétés d'orge (Saida et ACSAD) se sont révélées différentes pour les deux facteurs (infestation et variété). La variété Saida se situe du côté gauche de l'axe vertical. On trouve en haut par rapport à l'axe horizontal les variétés infestées et en bas de ce même axe, se trouvent les témoins. Alors que les témoins de la variété ACSAD se situent en haut à droite par rapport à l'axe vertical, pas loin se situent les ACSAD infestés. Donc ACSAD s'est révélée moins sensible pour les deux variables nombre d'épis / plant et poids de mille grains que la variété Saida.

IV.3.4-Dénombrement des kystes néoformés des trois espèces de céréales

Chaque bouteille a été inoculée par 30 kystes pleins au début de l'expérimentation et à la fin de la culture, les kystes nouvellement formés sont comptabilisés. Les résultats sont regroupés dans le **tableau n° 4 en annexe**.

Toutes les variétés se sont montrées hôtes favorables pour le développement du nématode (fig. 47).

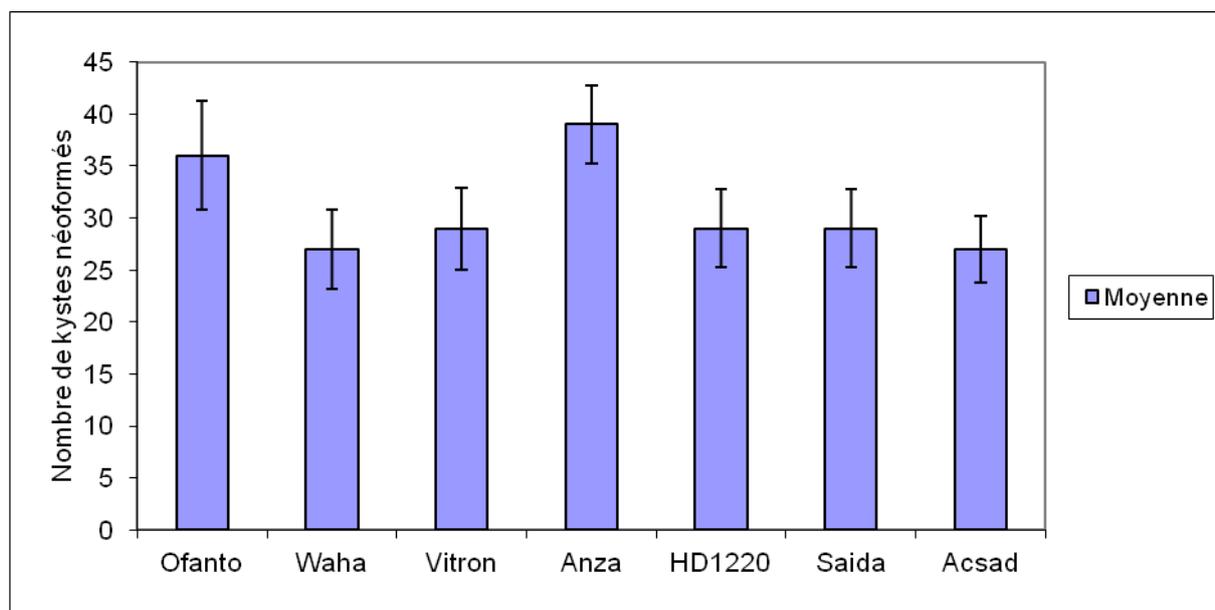


Fig. 47 : Nombre de kystes néoformés (toutes variétés confondues)

Le taux de reproduction du nématode est représenté par ces kystes néoformés. Donc, l'influence de ces variétés sur la multiplication du nématode consiste à comparer l'inoculum par rapport aux kystes néoformés.

Pour évaluer la sensibilité de ces variétés, il a été utilisé l'échelle établie par Valocka et al. (1994) qui a pour principe :

I	0 - 2%	: Très fortement résistante
II	2,1 - 5%	: Fortement résistante
III	5,1 - 15%	: Résistante
IV	15,1 - 30%	: Résistante à moyennement résistante
V	30,1 - 50%	: Moyennement résistante
VI	50,1 - 70%	: Moyennement résistant à fortement sensible
VII	70,1 - 90%	: Fortement sensible
VIII	90,1 - 100%	: Fortement sensible à très fortement sensible
IX>	100%	: Très fortement sensible

Selon les degrés établis par VALOCKA et al (1994), la réaction des différentes variétés vis à d'une population d'*H. avenae* de Tiaret montre de légères différences entre les variétés, elles sont comprises entre VII et IX. Ces résultats sont représentés dans le tableau n°23.

Tab. 23 : Réaction de différentes variétés de céréales testées vis-à-vis d'une population d'*H. avenae* de Tiaret

Variétés	Dose initiale	Nombre moyen de kystes néoformés	pourcentage	Degrés de sensibilités
Ofanto	30	36	+100	IX
Waha	30	27	90%	VII
Vitron	30	29	96,66%	VIII
Anza	30	39	+100	IX
HD 1220	30	29	96,66%	VIII
Saida	30	29	96,66%	VIII
Acsad	30	27	90%	VII

Le nombre de femelles formées en fin de culture est assez élevé pour Ofanto et Anza les autres variétés ont permis une multiplication avec des degrés de sensibilité de fortement sensible à très fortement sensible.

IV.3.5-Comportement des variétés d'avoine vis-à-vis d'*H. avenae*

Les résultats de l'avoine sont traités séparément des blés et des orges puisque les paramètres du rendement ne sont pas identiques surtout au niveau des fructifications qui sont des panicules pour l'avoine et des épis pour les blés et les orges.

Pour l'évaluation de la sensibilité, les critères étudiés sont la hauteur de la plante, le nombre de grains formés par plant, poids de mille grains et le nombre de kystes néoformés.

IV.3.5.1-L'évaluation de la sensibilité sur la hauteur de la plante

Les hauteurs des trois variétés d'avoine étudiées sont présentées dans le **tableau n°5 en annexe**.

IV.3.5.1.1- Analyse de la variance

L'analyse de la variance à (deux) 2 facteurs : facteur 1 variétés, facteur 2 contamination ; la variable : la hauteur de la plante.

Les résultats d'une analyse de la variance par l'ANOVA de la hauteur de la plante des avoines sont regroupés dans le tableau n° 24.

Tab. 24 : Analyse de la variance de la hauteur de la plante de l'avoine

Effet	Sc.	Degrés de liberté	MC	F	P
Variété	231.05	2	115.53	1052.2	0.00
Contamination	1159.35	1	1159.35	10559.5	0.00
Erreur	4.61	42	0.11		

L'analyse de la variance à deux facteurs montre les résultats suivants: concernant le facteur contamination (infestation) la probabilité est égale 0.00, inférieure à 5%, donc le nématode a un effet sur le développement de la plante, c'est à dire qu'il y a une différence hautement significative entre les individus témoins et les individus infestés.

Concernant le facteur variété, la probabilité est égale 0.00, inférieure à 5%, alors il y a une différence significative entre les 03variétés.

IV.3.5.1.2-Test de Newman-keuls

Tab. 25 : Résultats du test de Newman-keuls sur la hauteur de la plante (les groupes homogènes)

Variétés	Moyenne	Groupes homogènes
Hamel	23	A
Noire 912	21.25	A
Prévision	25	B

Le test de Newman- Keuls montre l'existence de deux groupes homogènes (**Tab.25**) :

Le groupe **A** : représenté par deux variétés Hamel et Noire 912 qui se caractérisent par des hauteurs de 23cm et 21,25cm.

Le groupe **B** : représenté par la variété Prévision qui montre une hauteur de 25cm.

Prévision est donc plus haute que les deux autres variétés Hamel et Noire 912 (Fig.48).

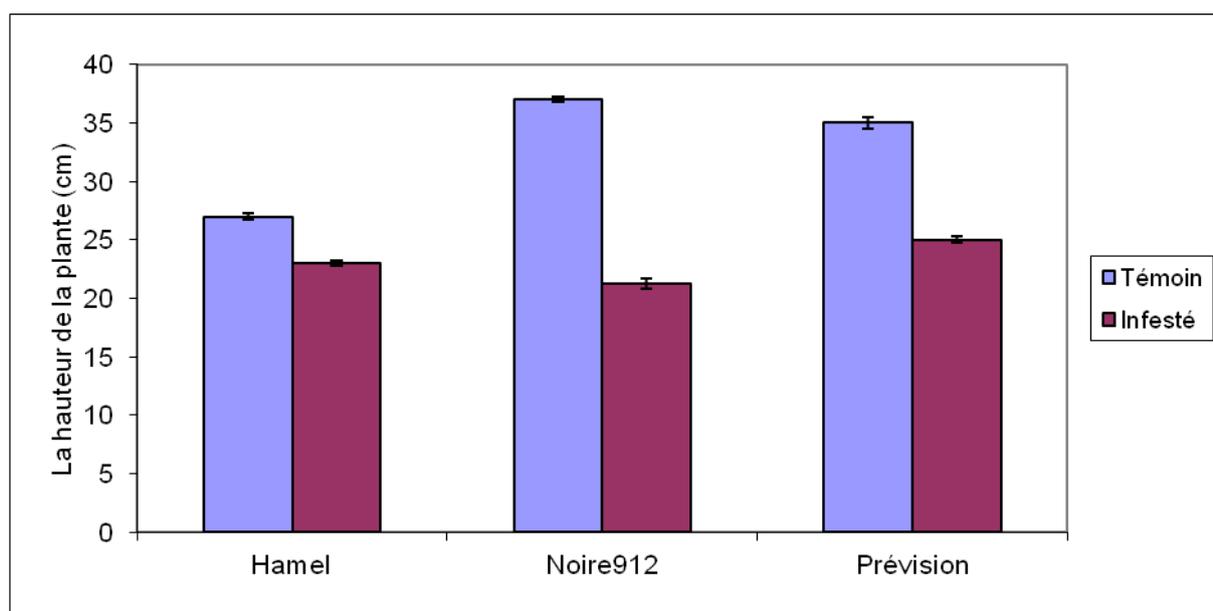


Fig. 48 : Effet d'*H. avenae* sur la hauteur des plants d'avoine

IV.3.5.2-L'évaluation de la sensibilité sur le nombre de grains formés/plante

Le **tableau n° 5 en annexe** présente le nombre de grains formés enfin du cycle de végétation de trois variétés d'avoine (Prévision. Noire 912 et Hamel).

IV.3.5.2.1- Analyse de la variance

Les résultats d'une analyse de la variance par l'ANOVA du nombre de grains formés des avoines figurent dans le tableau n°26.

Tab. 26 : Analyse de la variance du nombre de grains formés/plante des avoines

Effet	Sc	Degrés de liberté	MC	F	P
Variété	135.17	2	67.58	10.933	0.000151
Contamination	28.52	1	28.52	4.614	0.0375
Erreur	259.63	42	6.18		

Concernant le facteur contamination (infestation), la probabilité est de 0.037 inférieures à 5%, donc la différence entre les plantes infestées et les témoins est significative.

Pour le facteur variété, la probabilité est égale 0.00015, inférieure à 5%. Il existe une différence hautement significative entre les variétés pour le paramètre nombre de grains formés.

IV. 3.5.2.2-Test de Newman-keuls

Tab. 27 : Résultats du test de Newman-keuls sur le nombre de grains formés

Variétés	Moyenne	Groupes homogènes
Hamel	25	A
Noire 912	25	A
Prévision	22	B

Le test de Newman- Keuls fait ressortir l'existence de deux groupes homogènes (**Tab. 27**) :
Le groupe **A** : représenté par deux variétés Hamel et Noire 912 qui présente une moyenne de 25 grains formés.

Le groupe **B** : représenté par la variété Prévision qui présente 22 grains formés.

Prévision a formé moins de grains que les deux autres variétés Hamel et Noire 912(Fig.49).

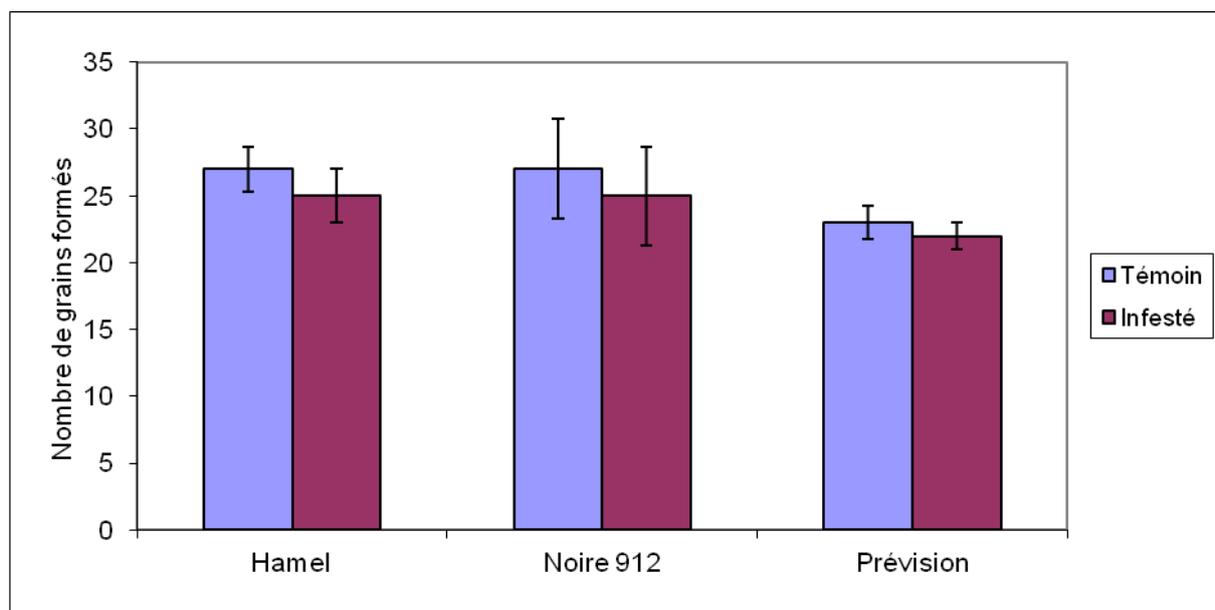


Fig.49 : Effet d'*H. avenae* sur le nombre de grains formés des avoines

IV.3.5.3-L'évaluation de la sensibilité sur le poids de mille grains

Les poids de mille grains des trois variétés d'avoine utilisées (Prévision. Noire 912 et Hamel) sont groupés dans le tableau **5 en annexe**.

IV. 3.5.3.1- Analyse de la variance

Les résultats de l'analyse de la variance par l'ANOVA du poids de mille grains des avoines sont regroupés dans le tableau n° 28.

Tab. 28 : L'analyse de la variance du poids de mille grains des avoines

Effet	Sc.	Degrés de liberté	MC	F	P
Variété	67.04	2	33.52	26.13	0.000
Contamination	379.69	1	379.69	296.60	0.000
Erreur	53.88	42	1.28		

L'analyse de la variance à deux facteurs montre que pour le facteur contamination (infestation) la probabilité est de 0.00 inférieure à 5%, donc, il existe une différence hautement

significative entre les plants témoins et les plants infestés. Cela veut dire que le nématode a eu un effet néfaste sur le poids de mille grains formés par les plantes. Pour le facteur variété, le paramètre poids de mille grains s'est affecté par le développement du nématode. La probabilité est inférieure à 5% (0.000), donc il existe une différence significative entre les trois variétés.

IV.3.5.3.2-Test de Newman-keuls

Tab. 29 : Résultats du test de Newman-keuls sur le poids de mille grains

Variétés	Moyenne	Groupes homogènes
Hamel	19	A
Noire 912	25	B
Prévision	23	B

Le test de Newman- Keuls fait ressortir l'existence de deux groupes homogènes (**Tab. 29**) :

Le groupe **A** : représenté par la variété Hamel dont le poids de mille grains est de 19g.

Le groupe **B** : représenté par deux variétés Prévision et Noire 912 dont les poids de mille grains sont respectivement 23g et 25g.

Hamel présente un poids de mille grains plus faible que les deux autres variétés Prévision et Noire 912 (Fig. 50).

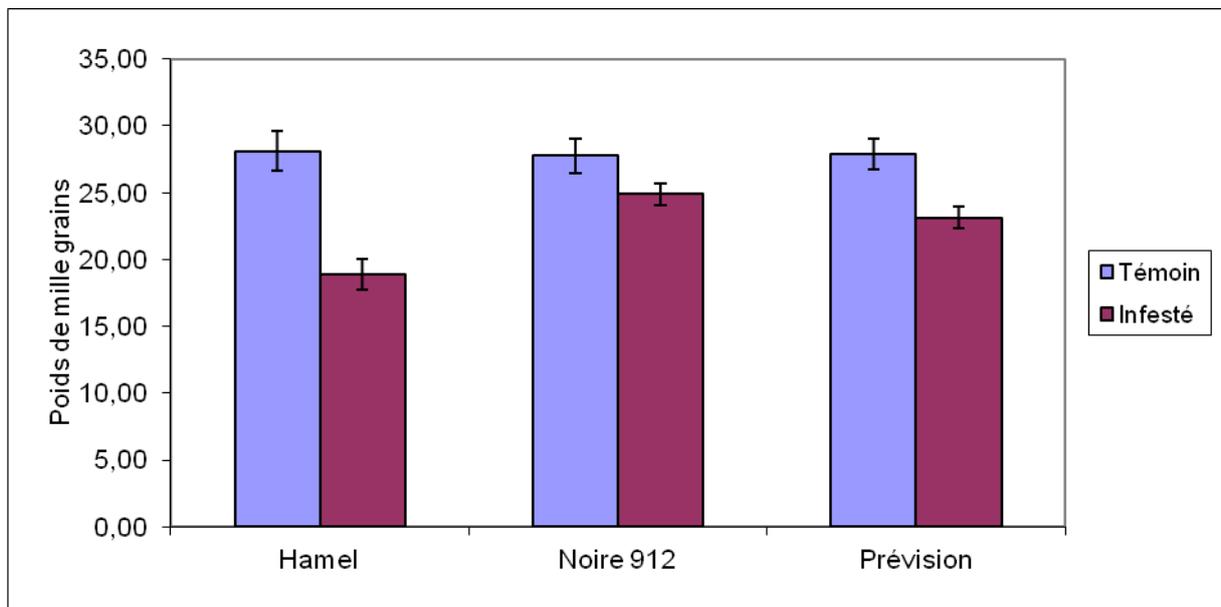


Fig. 50 : Effet d'*H. avenae* sur le poids de mille grains des avoines

IV.3.5.4-Dénombrement de kystes néoformés

Chaque bouteille a été inoculée par 30 kystes pleins au début de la culture et a la fin de la culture les kystes nouvellement formés sont comptabilisés. Les résultats sont regroupés dans le tableau n° 30.

Tab. 30 : Nombre de kystes néoformés sur trois variétés utilisées

Variétés Répétition	Noire912	Prévision	Hamel
1	34	30	29
2	29	27	25
3	26	31	23
4	28	32	30
5	33	29	24
6	34	27	31
7	37	26	24
8	35	30	30
Moyenne	32	29	27
E. type	3,85	2,14	3,30

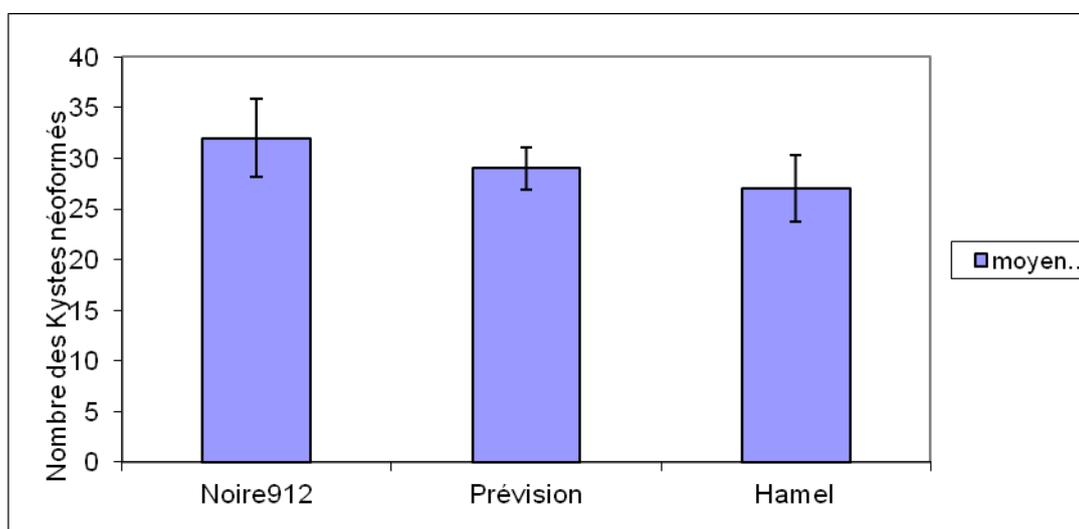


Fig. 51 : Nombre de kystes néoformés des variétés d'avoine

Toutes les variétés se sont montrées hôtes favorables pour le développement du nématode. La variété Noire912 a permis une multiplication plus élevée que les deux autres variétés en l'occurrence Hamel et Prévision (**fig. 51**).

IV.4-Discussion

La résistance variétale est actuellement la voie la plus intéressante pour lutter contre les bio agresseurs (COOK et EVANS, 1987 ; DELIBES et *al*, 2008).

Une large variabilité de comportement vis-à-vis d'*H. avenae* est remarquée entre les variétés testées.

Dans le cas des blés durs, Ofanto s'est montré nettement plus sensible par rapport à Waha et Vitron. L'analyse en composante principale a montré qu'Ofanto est la plus sensible concernant les paramètres de rendement. Pour les kystes néoformés l'évaluation de la sensibilité a montré que Waha est fortement sensible à très fortement sensible alors que SMAHA en 1998 a trouvé que Waha est moyennement résistante à fortement sensible. Cette différence pourrait s'expliquer par la virulence de la population du nématode.

HAMROUN en 2006 a montré que la population d'Oued Smar est moyennement résistante. L'agressivité d'*H. avenae* pourrait être sous l'influence du climat principalement le froid qui déclenche l'éclosion des larves infestantes.

Vitron s'est montré fortement sensible à très fortement sensible au cours de notre essai tandis que SMAHA l'a retrouvé en 1998 résistante à moyennement résistante pour une population de Dahmouni.

Concernant les blés tendres HD1220 et Anza, l'analyse de la variance pour les paramètres du rendement a révélé une nette différence entre les témoins et les plants infestés. L'ACP confirme ce résultat, les témoins du côté gauche et les infestés du côté droit. HD1220 très appréciées par les agriculteurs est classée selon l'échelle de Valocka comme fortement sensible à très fortement sensible.

Pour les orges, l'analyse de la variance a montré que Saida est plus sensible que ACSAD, confirmé statistiquement (ACP). Donc, les rendements sont plus affectés quand les infestations sont plus importantes. Leurs degrés de sensibilité varient de fortement sensible pour Acsad et fortement sensible à très fortement sensible pour Saida.

Une diminution remarquable de la productivité a été décelée sur les composantes de rendement suite à l'infestation notamment la réduction du poids de mille grains qui pourrait être liée à un arrêt de croissance puisque le système racinaire devient superficiel et n'explore que la couche superficielle du sol et ceci est dû à l'effet du nématode (PERSSON et DOUSSINAULT, 1978; DAVY DE VIRVILLE et al., 1984 ; ESMENJAUD et al., 1987 ; RIVOAL et RIVIERE, 1989).

En Tunisie NAMOUCHI-KACHOURI et al. (2006) rapportent qu'il y a une réduction du poids de 1000 grains pour le blé et pour l'orge.

Toutes les variétés se sont montrées hôtes favorables pour le développement du nématode, mais les taux de multiplications fluctuent entre les variétés, ce qui explique que le potentiel infectieux augmente au niveau de sol après l'utilisation de ces variétés.

Néanmoins, il existe quelques différences entre les variétés. Anza est une variété hôte favorable pour la multiplication du nématode, ceci est confirmé par SANCHEZ et al. (1985) ainsi que par ROMERO et al. (1988) en Espagne. Ofanto s'est révélé aussi hôte favorable. Toutes les autres variétés ont permis la multiplication du nématode mais à un degré moindre par rapport à Anza et à Ofanto.

Pour mieux approfondir la comparaison entre les variétés témoins et les variétés infestées, l'analyse en composante principale montre que toutes les variétés infestées se situent sur le côté gauche et les variétés témoins sur le côté droit, néanmoins la variété Ofanto et Saida se sont montrées plus sensibles à l'attaque du nématode (Ofanto témoin : côté droit en bas du graphe et très loin par rapport à Ofanto infesté : côté droit en haut du graphe) de même pour (Saida témoin : côté droit en bas graphe et très loin par rapport à Saida infesté : côté droit en haut du graphe).

Toutes les autres variétés se sont montrées hôtes favorables avec des différences significatives entre les plants témoins et les plants infestés.

Concernant l'avoine toutes les variétés se sont révélées hôtes favorables au développement *d'H. avenae*. Néanmoins nous avons retrouvé quelques petites différences dans la sensibilité envers ce nématode.

L'avoine est considérée comme plante fourragère, donc la hauteur de la plante est un paramètre assez important. La variété Prévision se caractérise par une hauteur plus importante que la variété Noire 912 et Hamel.

La Noire 912 a formé plus de grains et a un poids de mille grains plus élevé que Prévision, tandis que Hamel a une hauteur faible et un poids de mille grains le plus faible que les deux autres variétés. Donc, pour les paramètres étudiés, Hamel s'est révélée la plus sensible à l'attaque du nématode. Elle est moins intéressante pour la production du fourrage par rapport à la Noire 912 et Prévision.

Conclusion générale

Conclusion générale

Parmi les facteurs qui réduisent les rendements des céréales en Algérie le nématode à kyste *Heterodera avenae* des céréales occupe une place importante compte tenu de pertes causées par ce parasite. Au cours de la présente étude entreprise dans la région de Tiaret, l'étude de l'impact de l'infestation d'*H. avenae* sur les rendements a retenu l'attention.

La prospection des parcelles céréalières dans la région de Tiaret montre que les degrés d'infestations enregistrés par ce nématode sont variables. Hormis les communes de Mahdia et Sebaine où le nématode est totalement absent, les communes Dahmouni, Frenda, Ain El Heddid, Mechraa Sfa, Sougueur, Tiaret et Rahouia présentent des degrés d'infestations élevés. Les baisses de rendement sont signalées sur les productions des blés et des orges qui ont montré une corrélation négative avec les infestations. Alors que l'avoine s'est révélé espèce tolérante à l'attaque du nématode par rapport aux autres espèces de céréale.

Parmi les paramètres qui influent sur le développement d'*H.avenae*, la nature du sol importe beaucoup pour expliquer les pullulations. Statistiquement, il est démontré que les fortes densités de cette espèce sont en relation avec la richesse du sol en certains éléments.

Les sols à texture sableuse sont les sols les plus préférés par le nématode tel que Dahmouni et Mellakou. La texture sableuse des sols des parcelles de Sougueur et de Tiaret est enrichie par la matière organique et le calcaire. Cette texture donne aux sols une certaine friabilité favorisant le bon développement d'*H. avenae*. Les sols des parcelles de Frenda et de Sidi Hosni sont à texture limoneuse. Ces derniers sont également favorables au développement du nématode mais à un degré moindre par rapport aux sols à texture sableuse.

Enfin, les sols des parcelles de Mahdia et de Sebaine à texture argileuse et pauvres en matière organique sont défavorables au développement du nématode. *H. avenae* n'a pas pu se développer dans ce type de sol.

En dehors des facteurs du sol, la tolérance ou la résistance des variétés est indispensable à connaître pour éviter les pertes causées par ce nématode.

La céréaliculture à Tiaret est l'une des vocations des agriculteurs, puisqu'on ne peut changer ou intervenir dans cette stratégie du monde agricole, la seule solution est de rechercher des variétés tolérantes ou résistantes à l'attaque du nématode.

Les variétés de blés durs utilisées sont Ofanto, Waha et Vitron. Alors que les variétés des blés tendres testés sont Anza et HD1220. Saida et Acsad sont les variétés prises en considération pour l'orge. Pour toutes ces variétés, les paramètres étudiés sont le nombre d'épis par plant, le poids de mille grains et le nombre de kystes néoformés.

Les analyses de la variance ont montré une différence significative entre les variétés témoins et les variétés infestées. Ceci a été confirmé par une analyse en composantes principales (ACP). Les variétés de blés durs n'ont montré aucune différence significative pour les paramètres nombre d'épis par plant et le poids de mille grains, de même pour les blés tendres. Tandis que pour l'orge, Acsad s'est montré moins sensible que Saida pour ces deux paramètres.

Le taux de reproduction du nématode est représenté par le nombre de kystes néoformés. Le nombre de femelles formées en fin de culture est assez élevé pour les variétés Ofanto et Anza par rapport aux autres variétés. Toutes les céréales testées sont classées par l'échelle établie par Valocka et *al.* (1994) de fortement sensible à très fortement sensible.

La wilaya de Tiaret est considérée comme le grenier de l'Algérie produit de moins en moins de hauts rendements suite à l'ignorance des agriculteurs et l'absence de l'administration (absence d'information et de vulgarisation sur les variétés et leur résistance).

L'avoine est la seule céréale ayant une corrélation positive avec l'infestation. Le test de comportement du nématode envers les trois variétés utilisées Hamel, Noire912 et Prévision a montré une différence significative.

Les deux variétés Hamel et Noire 912 sont plus sensibles à l'attaque d'*H. avenae* par rapport la variété Prévision.

La lutte contre *H. avenae* demeure difficile à cause des coûts élevés des produits chimiques. Cela oriente la lutte contre ce nématode vers les méthodes préventives par l'intervention des techniques culturales (choix des variétés résistantes) ou l'utilisation d'un système intensif avec une jachère (année par année) ou une rotation adéquate.

Ces degrés d'infestation sont dus surtout à la monoculture pratiquée.

Perspectives

La résistance variétale est actuellement l'une des voies les plus intéressantes pour lutter contre les bio-agresseurs. La présente étude doit être poursuivie en prenant en considération le rôle de l'itinéraire technique : date de semis, travail du sol et la rotation des cultures sur l'intensité des infestations du nématode dans le sol.

Dans l'avenir les études doivent être orientées vers la recherche de gènes résistants contre ce nématode et le ou les autres pathotypes susceptibles d'exister dans la région. De même, il est recommandé d'envisager des recherches sur des méthodes de lutte non polluantes et respectueuses vis-à-vis de l'environnement comme les rotations à base de plantes non hôtes (légumineuses, cultures maraîchères...).

D'autres investigations sont utiles pour établir une cartographie de la distribution *H. avenae* dans toutes les communes de la région.

Références bibliographiques

- 1 – ABIDOU H., VALLETTE S., GAUTHIER J.P., RIVOAL. R. ET YAHIAOUI Y., 2002.** -Molecular characterizatio and morphometrics of cereals cyst nematodes in Syria and Turkey. *Nematology* 4, 242
- 2- ADAMOU DJERBAOUI M., 2010.** -Effets des pullulations de la mérione de Shaw *Meriones shawii Duvernoy* dans la région de Tiaret sur les cultures et la santé animale. Thèse Doctorat Sci. Agronomique, ENSA, El Harrach Alger 121p.
- 3- AL HAZMI A S., AI-YAHYA F. A. AND ABDUL-RAZIG A. T., 1999.** - Damage and Reproduction Potentials of *Heterodera avenae* on Wheat under Outdoor Conditions. *Journal of Nematology* 31(4S):662–666.
- 4- ANDERSON S., 1982.** -Population dynamics and control of *Heterodera avenae* a review wit some original results. *Bull. OEPP*, 12, PP: 473-475.
- 5- ANONYME., 2013.** -BULLETIN D'ALERTE n° 4. Institut Ecoumène Golf & Environnement Biarritz Cedex France.
- 6-AZIZI H., 1993.** -*Contribution à l'étude de la distribution géographique d'Heterodera avenae dans la Mitidja. Essai de comportement de quelques variétés de céréales vis à vis de cette espèce.* Thèse Ing., Agro., Inst., Nat., Ago., El-Harrach, 70p.
- 7-BAIZE D., 1988.** -Guide des analyses courantes en pédologie, pub. INRA. 172 p
- 8- BANYER R. J. ET FISCHER J.M., 1971.** -Seasonal variation in hatching of eggs of *Heterodera avenae*. *Nematologica*, 17 (2): 225-236.
- 9-BAUCHAMP , 1989.** -Sédimentologie édition CRDP- Grenoble. 544 p
- 10- BELAID D., 1996.** -Aspect de l'agriculture. Ed. I.N.E.S Batna. 205 p.
- 11-BENNOUI O., 1996.** -Contribution à une étude morphologique et biologique de quelques espèces de nématodes à kystes inféodés aux grandes cultures dans la région de Sétif .Th.Ing.Agro, Inst.Nat.Agro ; EL Harrach, Alger, 70P.

- 12- BERGE J.B., DALMASSO A., PERSON F., RIVOAL R. ET THOMAS D., 1981.**
-Isoestérasas chez le nématode *Heterodera avenae* I. Polymorphisme chez différentes races françaises. *Revue de Nématologie* 4, 99-105.
- 13- BONFIL D.J., DOLING B., MUFRADI I. & ASIDO S., 2004.** –Bioassay to forecast cereal cyst nematode damage to wheat in fields. *Precision Agric.* 5, pp 329-344.
- 14-BONNEAU M. ET SOUCHIER B., 1979.** - Constituants et propriétés du sol. Ed Masson, paris. 459p.
- 15-BOSSIS M. ET RIVOAL R., 1989.** - Polymorphisme Esterasique chez *Heterodera avenae* Woll. Variations Interparcellaires. *Nematologica* 35, pp : 331-339.
- 16- BOULAL H., ZAGHOUANE O., EL MOURID M. ET REZGUI S., 2007.** -Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orges) dans le Maghreb (Algérie, Maroc et Tunisie). Co-edition ITGC/INRA/ICARDA, Algérie, 176 p.
- 17-BOVEY R., 1979.** -La défense des plantes cultivées. Ed. La maison rustique, Paris, 863p.
- 18- BROWN R.R., 1969.** - The occurrence of biotypes of the cereal cyst nematode (*Heterodera avenae* Woll.) in Victoria. *Austr. J. Exp. Agric. Anim. Husb.*, 9,453-456.
- 19 –BROWN R.H.; CALLOW R.K.; BAYNER J.H., GREEN C.D.; JONES F.G.W.; SHEPHERD A. M. ET WILLIAMS T.D., 1971.** -The structure composition an origin of sub-cristalline layer in some species of the genus (*Heterodera*). *Rev. Nematologica*, V17; Leiden, pp: 591-599.
- 20- BROWN R. H., PYE D. L. ET STRATFOD G.T., 1982.** - A comparison of low volume, inrow applications of nematicide at seeding, for control of the cereal cyst-nematode (*Heterodera avenae*) on wheat. *Rev. Nematol. Medit.*, N°10, pp. 9-19.
- 21-CADET P., 1998.** -Gestion écologique des nematodes phytoparasites tropicaux. Fonds documentaires ORSTOM. *Cahiers Agricultures* ,7 :187-194.

- 22- CALVET R., 2003.** -Le sol- propriétés et fonction. Constituants et structure. Ed. DUNOD
- 23- CASTAGNONE P., KREMARREC A., CLAIRON M. ET ANAIS A., 1988.** -Effet dépresseur d'un apport de boue résiduaire sur le parasitisme de *Meloidogyne incognita*. Med. Fac. Landbouww Rijksuniv., Gent 53/26: 73-75.
- 24 - CAUBEL G. ET RIVOAL R., 1972.** -Observations sur les attaques de deux nématodes nuisibles au maïs, en 1971. *Phytoma, déf. des cultures*, (239) : 89-92
- 25- CAUBEL G., PERSON F. ET RIVOAL R., 1980.** -Les nématodes dans les rotations céréalières ; perspectives agricoles N°36 ,34-49.
- 26- CAYROL J.C., 1975.** -Comment se maintenaient les nématodes dans le sol, *Rev. P.H.M.*, N°155, pp. 31-35.
- 27-CAYROL J.C., VELASQUES-DOMINGUEZ M. ET LEVAUX P., 1982.** -Etude préliminaire sur les possibilités d'utilisation des champignons parasites comme agent de lutte biologique .Bull. OEPP. 12 (4), pp : 497-503.
- 28- CEDRA.; 1993.** -Le matériel du travail du sol, semis et plantation. Edit. Tech.et Doc Lavoisier Paris 384p
- 29 -CHARTIEN J., 1971.** -Essais de caractérisation des sables en tant que squelette minérale du sol. Ed. Paris, pp : 643-650.
- 30- CHOPPIN DE JANVRY E., 1971.** -Les nématodes des céréales. In: Les nématodes des cultures. Ed. A.C.T.A., Paris, pp. 273-291.
- 31- CLAMOT G., 1982.** - Résistance de l'avoine à *Heterodera avenae*. Méthodes de sélection et sources de résistance. EPPO Bull .12 (4): 439-443.
- 32- CLEMENT-GRANDCOURT M. ET PRATS J., 1971.** -Les céréales. Baillièrre et fils, Paris-France, 351p.

33- COOK R., 1982. -Cereal and grass hosts of some graminous cyst nematodes. Bull.OEPP., V.12, N°4, pp.399-411.

34-COOK R. AND EVANS K., 1987. -Resistance and Tolerance, Principles and practice of nematode control, Brown R.H. et Kerry B.R. éd., Academic Press, London, 179-231

35 –COOK R. ET RIVOAL R., 1997. -Genetics of resistance and parasitism In: Sharma, S.B, Ed the nematodes. London,UK,chapman et Hall ,pp:322-352.

36- DAJOZ R., 1970. -Précis d'écologie. Paris : Bordas. 549P.

37-DALMASSO A.; DEDRYVER-PERSON F. ET THOMAS D., 1982. - Polymorphisme génétique chez *Heterodera avenae* .Bull.O.E.P.P 12(4) : pp349-352

38-DAVY DE VIRVILLE J., CHAVEAU M. ET PERSON –DEDRYVER F., 1984.

- Modification de la croissance et de l'intensité respiratoire de blé infecté par *Heterodera avenae* Woll. Agronomie 4(9) pp 813-818

39-DE GUIRAN G. ET DEMEUR Y., 1978. -Influence du potentiel hydrique des sols sur les masses d'œufs de *Meloidogyne incognita* (Nematoda, Meloidogynidae). ORSTOM, *Nématologie*, 1(2) : 119-134.

40-DE GUIRAN G., 1983. -Les ennemis invisibles.Les nematodes.Ed. littorale S.A., Béziers, 42p

41-- DELIBES A., LOPEZ-BRANA I. I., MORENO-VASQUEZ S. & MARTIN SANCHEZ A., 2008. -Review. Characterization and selection of hexaploid wheats containing resistance to *Heterodera avenae* or *Mayetiola destructor* introgressed from *Aegilops* Spanish Journal of Agricultural Research 2008, 6 (Special issue), 81-87.

42-DOSBA F. ET RIVOAL R., 1981. -Les lignées d'addition blé-*Aegilops ventricosa* Tausch.II.-Etude de leur comportement et de celui de leurs progénitures vis-à-vis d'*Heterodera avenae* Woll. Agronomie1(7), pp : 559-564.

43- DOUMANDJI S. ET DOUMANDJI- MITICHE B., 1994. -Ornithologie appliquée à l'agronomie et à la sylviculture. OPU, Algérie, 124p.

44- DOUMANDJI S., SOUTTOU K., DAOUDI-HACINI S., SETBEL S., MAHDI K., DERDOUKH W. ET GUERZOU A., 2010. -Diversité des régimes alimentaires chez les oiseaux en Algérie. Journées Nationales sur la Zoologie Agricole et Forestière 19 au 21 avril, Ecol., Nat., Sup., Agro., El-Harrach, pp. 55-56.

45-DOUSSINAULT G., PERSON-DEDRYVER F., DOSBA F. ET RIVOAL R., 1986. - La sélection des blés tendres résistants au développement d'*Heterodera avenae* INRA paris, pp : 203-212.

46-DUBOIS G. ET FLODROPS B., 1987. -La protection des semences Edi. Bayer Agri-Nathan 96p

47 -DUCHAUFOR P.H., 1979. -Pédologie Tome II : Constituant et propriétés du sol Ed. Masson. Paris 459p.

48 -DUCHAUFOR P.H., 1995. -Pédologie ; sol végétation et environnement, 4^{ème} Ed. Masson. Paris 324p

49 -DUCHAUFOR P.H. ,1980-Ecologie de l'humification et pédogénèse des sols forestiers. In : P. Pesson (ed), Actualité d'écologie forestier, Gauthier-villar paris.

50-DUCHAUFOR P.H., 2001. – Introduction à la science du sol. Sol végétation environnement. Ed. DUNOD 327p

51- ESMENJAUD D., MARZIN H. ET RIVOAL R., 1987. -Fortes attaques du nématodes *Heterodera avenae* sur le blé dur dans le Lauragais. *Rev. Phytoma. Déf. Des cultures.* N°390, Paris, pp. 25-27.

52- FERHAOUI S., 1993. -Contribution à l'étude de la bioécologie du nématode à kyste des céréales *Heterodera avenae* (*Nematoda, Heteroderidae*) dans la région de Djendel. Essai de comportement variétal. Thèse Ing., Agro., Inst., Nat., Agro., El-Harrach, 102p.

- 53-FUJIMOTO T., HASEGAWA S., OTOBE K. ET MIZUKUBO T., 2010.** -The effect of soil water flow and soil properties on the motility of second-stage juveniles of the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) *Soil Biology & Biochemistry* 42 pp 1065-1072
- 54-FUSHTEY S.G. ET JOHNSON P.W., 1966.** -The biology of the oat cyst nematode *Heterodera avenae* in Canada ,Effet of temperature on the hability of cyst and emergence of larve , *Rev.nematologica*,V-12,Leiden,pp :313-320
- 55-GATE P.H., 1995.** -Ecophysiologie du blé, Technique et Documentation. Lavoisier. Paris 417p
- 56-GIBAN M., MINIER B. ET MALVOSI R., 2003.** -Stades du blé I.T.C.F. ARVALIS. Institut du végétale.p 68.
- 57-GOBAT J.M; ARAGNO M. ET MATTHEY W., 2003.** -Le sol vivant : Bases de pédologie, Biologie des sols. Presses polytechniques et universitaires romandes Ed Lausanne, 568p
- 58-GOUROU ., 1982.** -Terres de bonne espérance. Le mode tropical : Col. Terre Humaine. Paris
- 59- GRECO N., D'ADDABBO T., BRANDONISIO A. ET ELIA F., 1993.** -Damage to Italian Crops Caused by Cyst-forming Nematodes. Supplement to *Journal of Nematology*. V. 25(4S), pp. 836-842.
- 60-GUIGNARD J.L. ET DUPONT F., 2004.** -Botanique Systématique moléculaire. 13 Ed révisée Masson Paris. Pp 116-117.
- 61-HADDADI F., 1997.** -Contribution à l'étude bio-écologique du nématode à kyste des céréales *Heterodera avenae* Woll., 1924 (*Nématode-Heterodera*) et la virulence de deux populations de ce parasite. Thèse Magister, Inst. Nat. Agro., El Harrach, 194 p.
- 62-HADDADI F., MOKABLI A. AND SMILEY R., 2013.** -Characterzation of virulance reactions for *Heterodera avenae* populations from two localities in Algeria. *Phytoparasitica*; Vol. 41 Issue 4, pp449-456.

- 63- HAMMACHE M., 2010.** -Influence de quelques types de sols Algériens sur le développement des nématodes à galles ; *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* et *M. arenaria* (*Tylenchida*, *Meloidogynidae*). Lebanese Science Journal, Vol. 11, No. 2 : 47-61.
- 64- HAMROUN W., 2006.** -Aperçu sur l'état d'infestation de quelques régions céréalières d'Algérie par les nématodes à kyste (*H.avenae*), capacité de l'hôte de six variétés de blé dur vis-à-vis d'une population d'*Heterodera avenae* d'oued Smar (Alger). Thèse, Magister ,INA ,EL Harrach(Alger). 121 p.
- 65- HUGOT J-P., BAUJARD P. AND MORAND S., 2001.** -Biodiversity in helminths and nematodes as a field of study: an overview. *Nematology*, 3(3): 199-208.
- 66- IBRAHIM A., AL HAZMI A. S., AL YAHYA F.A. ET ALDERFASI A., 1999.** - Damage potential and reproduction of *Heterodera avenae* on wheat and barley under Saudi field conditions. *Nematology*, 1: 625-630.
- 67-KERRY B.R., CRUMP D.H. ET MULLEN L.A., 1980.** -Parasitic, soil moisture and multiplication of the cereal cyst nematode, *Heterodera avenae*. *Nematologica*, V.26, Leiden, pp: 57-68.
- 68- KERRY B. R., CRUMP D. ET MULLEN L. A., 1982.** -Studies of the cereal cyst-nematode, *Heterodera avenae* under continuous cereals, 1975-1978. II. Fungal parasitism of nematode females and eggs. *Ann. Appl. Biol.*, N°100, Grande Bretagne, pp. 489-499
- 69-KERRY B.R., 1988.** -Two microorganisms for the biological control of plant parasitic nematodes. Pests and Diseases, Crop Port. Conf, pp: 603-607.
- 70- LABDELLI F., 1995.** -Etude du nématode à kyste des céréales *Heterodera avenae* (*Nematoda*, *Heteroderidae*). Répartition dans la wilaya de Tiaret (Algérie). Test de comportement variétal sur céréales locales et étrangères. Thèse magister, Inst., Nat. Agro., El-Harrach, Alger, 97p.

71- LACOMBE J.P. ET GARCIN C., 1988. -Résultats récents obtenus avec l'aldicabe contre nématodes sur céréales à paille. *Deuxième Conf. sur les Maladies de Plantes*, Bordeaux, pp. 437-444.

72-LAFFONT J.M., 1985. -Les maladies des céréales et du maïs, CIBA-GEIGY/ACRI-NATHAN 96p

73- LAMBERTI F., GRECO N. ET ZAOUCHI H., 1975. -Etude sur les nématodes chez les palmiers dattiers et autres cultures importantes en Algérie. *Bull. Phytosanit. F.A.O.*, N°23, pp.156-161.

74- LOUNIS D., 1992. -*Etude préliminaire de la biologie du nématode des céréales Heterodera avenae (Nématoda, Heteroderidae) dans la région d'Ain Defla.* Thèse Ing. Agro., Inst. Nat. Agro., Chlef, 51p.

75- MATEILLE T., 2012. -Les nématodes phytoparasites : gestion par approche conservatoire à leur diversité. Ctifl. 13p.

76-MATHIEU C. ET PIELTAIN F., 2003. -Analyse chimique des sols. Méthodes choisies. Editions TEC & DOC, Lavoisier Paris 388p.

77-MATHIEU C., 2009. -Les principaux sols du monde Lavoisier, 23 nov. - 260 pages

78-MEAGHER J.W., 1982. -Yield loss caused by *Heterodera avenae* in cereal crops grown in a Mediterranean climate. *Bull.O.E.P.P.*12 (4), pp: 325-331.

79-MEAGHER J.W., (1977). -World dissemination of the cereal-cyst nematode (*Heterodera avenae*) and its potential as a pathogen of wheat. *Journal of Nematology* 9, 9-15.

80-MILAT-BISSAAD F. Z., BOUNACEUR F., CHERIET H., CHENNA M., ABDELLI M., BABA AISSA K., MOUSSAOUI K., CHEBOUTIL N. AND HOCEINI F., 2012. - Spatial distribution of *Geotrogus deserticola* at Tissemessilt area in North of Algeria. *Archives of Applied Science Research*, 4 (1):388-399.

81- MOKABLI A., VALETTE S. ET RIVOAL R., 2001. -Différentiation de quelques espèces de nématodes à kystes des céréales et des graminées par électrophorèse sur gel d'acétate de cellulose. *Nematol. Medit.*, 29, pp. 103-108

82- MOKABLI A., 2002. -Biologie des nématodes à kystes (*Heterodera*) des céréales en Algérie. Virulence de quelques populations à l'égard de diverses variétés et lignées de céréales. Thèse Doct., Inst. Nat. Agro., El Harrach 63 p.

83- MOKABLI A., VALETTE S., GAUTIER J.R. ET RIVOAL R., 2002. -Variation in virulence of cereal cyst nematode populations from North Africa and Asia. *Nematology* volume, N°:04, pp- 521-525.

84- MOULE C., 1980. -Les céréales, Ed, La Maison Rustique, Paris, 318 p

85-MOUMENE T., 1993. -Contribution à la connaissance des sols céréaliers dans la région de Tiaret. Caractérisation de la matière organique, étude minéralogique Thèse Magister Institut National d'Agronomie 163p

86- MUGNIERY D. ET ZAOUCHI H., 1976. -Etude de la méthode d'échantillonnage des nématodes à dans le sol et de la validité des différents critères d'estimation des populations. *Ann. Zool. Ecol. Anim*, V.8 (2), pp. 177-195

87- NAMOUCHI – KACHOURI N. & B'CHIR M.M., 2004. -Distribution des principaux nématodes associés aux cereals en Tunisie *Annals de l'INRAT* 77, 137-147.

88- NAMOUCHI KACHOURI N., MOULDI M., B'CHIR M.M. & HAJJI A., 2006.
- Damage Potential and Reproduction of *Heterodera avenae* On Wheat and Barley Under Tunisian Field Conditions. *Ninth Arab Congress of Plant Protection*, 19-23 November 2006, Damascus, Syria

89- NAMOUCHI KACHOURI N., B'CHIR M.M. AND HAJJI A., 2008. - Effect of initials population of *Heterodera avenae* on Wheat an Barley yield components and on final nematode populations under Tunisian field conditions. *Tunis. Journ. of plant Protec.*, 3:19-26.

90- OUDDENE A., 2010. -Etude de l'état d'infestation de quelques parcelles par *Heterodera avenae* à Tiaret et du pouvoir de multiplication d'une population de ce nématode sur deux variétés de blé dur. Mémoire ing. Ecol. Nat. Sup. Agro. El-Harrach. 125 p

91-OULBACHIR K., 2010. -Ecologie microbienne des sols sous différents compartiments granulométriques et différents étages bioclimatiques. Thèse . Doctorat. Université Essénia Oran.

92- PENG D. L., NICOL J. M., LI H. M., HOU S. Y., LI H. X., CHEN S. L., MA P., LI H. L. ET RILEY I. T., 2009. -Current knowledge of cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*) on wheat in China. Cereal cyst nematodes: status, research and outlook. Ankara, 29–34.

93- PERSON-DEDRYVER F., 1989. -Les nématodes. In: Ennemis et maladies des prairies. Ed. INRA, pp. 172-177.

94-PERSON F. ET DOUSSINAULT G., 1978. -Influence de la température et des caractères des races d'*Heterodera avenae* Woll sur la validité d'un test en conditions contrôlées, utilisables en sélection des céréales. *Ann. Amélior. Plants*, 28 : pp513-527.

95-PETERS A. ET SALAMBIER J.F., 1994. -Contrôles des mauvaises herbes, agronomie moderne, Ed. Halier Torino, 544 p.

96- RAMADE F., 2003. -Elément d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 689p

97- RAMMAH A., 1994. -Cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*) in Morocco. *Arab and Near East Plant Protection Newsletter*, 19: 40.

98- REDDY P.P., 1983. -*Plant nématology*. Agric. Publish. Acad., India, 287p.

99- RENCO M., 2005. -Current Occurrence and Geographical Distribution of *Heterodera avenae* Wollenweber 1924 in the Slovak Republic. *Plant Protect. Sci.*, 41: 80–85

100-RIDET J.M., PLATEL R. ET MEUNIER F.J., 1996. -Zoologie des protozoaires aux échinodermes. Ed.ellipses pp. 75-79.

- 101- RIVOAL R., 1973.** – Etude de la nuisibilité du nématode à kystes des racines de céréales (*Heterodera avenae* Woll.) en France et des causes de sa variabilité. *Acad. Agric. C.R* 12 :959-970.
- 102- RIVOAL R., 1978.** -Biologie d'*Heterodera avenae* Wollenweber en France .I.Différences dans les cycles d'éclosion et de développement des 2 races Fr1 et Fr4. *Rev. Nematol .I.* (2), pp : 171-179.
- 103- RIVOAL R., 1982.** -Caractérisation de deux écotypes d'*Heterodera avenae* en France par leurs cycles et conditions thermiques d'éclosion. *Bull. OEPP.* 12 (4), pp : 353-359.
- 104- RIVOAL R., 1983.** -Biologie d'*Heterodera avenae* wollenweber en France .III, Evolution des diapauses des races Fr1 et Fr4 au cours des plusieurs années consécutives ; influence de la température .*Rev .Nematol,* V.6,N°2, pp : 157-164.
- 105-RIVOAL R., 1986a.** -Biology of *Heterodera avenae* wollenweber in France .IV.Comparative study of hatching cycles of two ecotypes after their transfer to different climatic conditions.*Rev. Nématol;* V9, N°4pp:405-410.
- 106- RIVOAL R., 1986 b.** -Nuisibilité du nématode à kyste *Heterodera avenae* et perspectives de lutte. In : les rotations céréalières intensives. Dix années d'études concentrées. *Journ. Etudes,* INRA., pp. 203-212.
- 107- RIVOAL R., 1988.** -Résistance des céréales au développement d'*Heterodera avenae* : état des recherches et perspectives d'utilisation. *Deuxième conf .inter. sur les maladies des plantes,* T.I, France, pp.453-463.
- 108- RIVOAL R. ET BESSE T., 1982.** -Le nématode à kyste des céréales. *Perspectives Agricoles,* N° 63, PP 38-43.
- 109- RIVOAL R. ET SARR E., 1983.** -Considération sur l'emploi éventuel de nématicides endotherapiques ou à l'action de contact, appliqués à faibles doses pour lutter contre le nématode à kyste des céréales *Heterodera avenae*, en France. *Rev. Phytatrie-Phytopharm,* N° 32, pp. 177-186.

110 –RIVOAL R. ET RIVIERE J.M., 1989.- Etude du profil cultural de deux sites, l'un infesté, l'autre non, par *Heterodera avenae* Woll. : conséquences sur le développement racinaire du blé tendre d'hiver. *Agronomie* 9, pp : 719-728.

111-RIVOAL R. ET IREHOLM A., 1990. -Cycles d'éclosion de trois populations d'*Heterodera avenae* (Nem., *Heteroderidae*) de France et suède : influence de la température sur l'évolution de leur diapause respective Les colloques de l'.I.N.R.A.N°52.pp :171-174.

112-RIVOAL R. ET COOK R., 1993. -Nematode pests of cereals. in Plant parasitic nematodes. in temperate agriculture. Wallingford, UK, CAB International; pp: 259-303.

113-RIVOAL R. ET BOURDON P., 2005. -Sélection du ray-grass d'Italie pour la résistance aux nématodes à kystes des céréales (*Heterodera avenae*). *Fourrages* 184, 557-566.

114- RIVOAL R., PERSON F., CAUBEL G. ET SCOTTO LA MASSESE C., 1978. - Méthodes d'évaluation de la résistance des céréales au développement des nématodes: *Ditylenchus dipsaci*, *Heterodera avenae* et *Pratylenchus spp.* *Annales d'Amélioration des Plantes.* 28, 371-394.

115- RIVOAL R., CAUBEL G. ET PERSON F., 1980. -*Les nématodes dans les assolements céréaliers* *Rev. Phytoma, Déf. des cultures*, pp.26-29.

116- RIVOAL R. PERSON-DEDRYVER F. ET DOUSSINAULT G., 1985. -Polymorphisme chez le nématode à kyste des céréales *Heterodera avenae* Wollenweber : Conséquences sur sa nuisibilité et sur la sélection des variétés résistantes en France. *C.R. Acad. Agric de France*, 71, n°7, pp.741-749.

117- RIVOAL R., DOUSSINAULT G. ETJAHIER J., 1986. -Résistance au développement d'*Heterodera avenae* Woll. Chez différentes espèces de *Triticum*. *Agronomie*, 6: 759-765.

118- RIVOAL R., DOUSSINAULT G. ET HULLÉ M., 1990. -Influence of *Heterodera avenae* on winter wheat in France: experiments with resistant and susceptible varieties. *Ann. appl. biol.*, 116, pp. 537-548.

119- RIVOAL R., LASSERRE F., HULLÉ M. ET DOUSSINAULT G., 1991. -Evaluation de la résistance et de la tolérance à *Heterodera avenae* chez le blé par des tests miniaturisés. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent., 56/3b. pp 1281-1292

120-ROMERO D., 1982. -Caractérisation of *Heterodera avenae* in Spain. EPPO. Bull. 12,(4) pp.345-347.

121-ROMERO M.D., VALDEOLIVAS A., LACASTE C. & DUCE A., 1988. - Effects of attack by *Heterodera avenae*, a parasite nematode of cereals, and its repercussions on yields of Wheat cv. Anza. Tecnología Pages 232-238. In : comunicaciones Agrícolas del III° Congreso Nacional de Fitopatología Pnertadela Cruz 29 oct -2 Nov. Press Tenerife. Spain Centre de Investigaciones.

122- SACRISTAN J.C., SANCHEZ A. ET BELLO A., 1983. -Interés de los recursos Filogenéticos y de las variedades resistentes en el control de *Heterodera avenae* Woll., Nematodo específico de los cereales en España. IN : Los recursos filogenéticos y las nuevas Variedades vegetales : su impacto en el sector agrario. ITEA. A. extra, (2), Espagne, pp, 333-347.

123- SANCHEZ A., SACRISTAN J.C. ET BELLO A., 1985. -Estudio de variedades de cereales resistentes al nematodo *Heterodera avenae* Woll. Anales de edafología y Agrobiología tomo XLIV , Num 1-2. pp169-173

124-SANCHEZ A. ET ZANCADA Ma.C., 1985. -Caractérisation of *Heterodera avenae* pathotypes from Spain. Nematologica, V.33, E.J Brill, Leiden, pp : 55-60.

125- SCHNEIDER J., 1965. -Le nématode des racines des céréales. *Phytoma*, défense des cultures, pp. 17-21.

126- SCOTTO LA MASSESE C., 1961. -Aperçu sur les problèmes posés par les nématodes phytoparasites en Algérie. *Journées d'étude et d'information*, Versailles, 83-109.

127- SCOTTO LA MASSESE C., 1986. -Influence des caractéristiques des milieux sur la distribution des nématodes telluriques. Bull.Rech.Agro, V21, N°2, Gembloux, pp255-272.

128-SCOTTO LA MASSESE C., MINOT J.C., VOISIN R., CASTAING L. R. M. ET FABRE A., 1988. -Influence de la nature du sol, du précédent cultural et de l'âge de la plantation sur la composition et la distribution de la nématofaune associée à la vigne en milieu méditerranéen. OEcol. applic., Vol. 9, n°2 pp 137-152.

129-SHARMA S.B. ET SWARUP G., 1984. -Cyst forming nematodes of India New Delhi. India Cosmo. Publ., 1:150.

130- SHEPHERED A. M., CLARK S.A. ET DART P.J., 1972. -Cuticule structure in the genus *Heterodera*. *Rev. Nematologica*, V. 18, Leiden, pp. 1-17.

131- SHEPHERED A. M., CLARK S. A. ET KEMPTON A., 1973. -Spermatogenesis and sperm ultrastructure in some cyst-nematodes *heterodera spp.* *Nematologica*, V.19, Leiden, pp. 551-560.

132-SIDDIQI Z A. AND KHAN M. W., 1986. -Nematodes causing damage to wheat crops Libya. *International Nématologie. Network –Newsletter* 3:23.

133- SIMON H., CODACCIONI P. ET LECOEUR X., 1989. -Produire des céréales à paille. Ed. Techniques et documentation- Lavoisier, Paris, 333 p

134- SINGH I.; SAKHUJA P.K. ET SHARMA S K., 1980. -Preliminary studies on the losses caused by cereal cyst nematode *Heterodera avenae* in the Punjab. *J.Res. Punjab Agric. Univ.* N°17, pp.369-370

135-SMAHA D., 1998. -Etude de la biologie du nématode à kyste de céréales de *Heterodera avenae* wollenweber, 1924.Essai de comportement de 6 variétés de blé dur vis-à-vis de deux populations de ce parasite, Thèse de Magister INRA, EL Harrach, 169p.

136-SMAHA D., HAMROUN O. AND MOKABLI A., 2009. -Soil temperature and hatching of *Heterodera avenae* in Algeria. Proceeding of the First Workshop of the International Cyst Nematode Initiative, 21-23 october 2009, Antalya, Turkey, 130-133.

- 137-SMILEY R. W., INGHAM R. E., UDDIN W. AND COOK G. H., 1994.** -Crop sequences of winter wheat in soil infested with cereal cyst nematode and fungal pathogens. *Plant Disease*, 78:1142-1149.
- 138- SMILEY R. W., WHITTAKER R.G., GOURLIE J.A., EASLEY S.A. AND INGHAM R.E., 2005.** -Plant parasitic nematodes associated with reduced wheat yield in Oregon: *Heterodera avenae*. *Journal of Nematology*, 37: 297-307.
- 139-SMILEY R. W. AND NICOL J. M., 2009.** -Nematodes which challenge global wheat production. Pages 171-187 in: *Wheat Science and Trade*. B. F.Carver, ed. Wiley-Blackwell Publishers, Ames, IA.
- 140- SOLTNER D., 1990.** - *Les grandes productions végétales céréales plantes sarclées prairies*. Ed. Coll., Sci. tech. agric., 464p.
- 141- SOLTNER D., 2005.** -Les grandes productions végétales. Ed. Collection sciences et techniques agricoles, France, 472p.
- 142- SOSA MOSS C., 1966.** -*Contribution à l'étude d'un nématode phytoparasite Heterodera avenae* Wollenweber. Thèse PhD, Docteur sciences naturelles, faculté des sciences de l'université de Paris, France, 149 p
- 143- STONE A.R., 1977.** -Recent developments and some problems in the taxonomy of *Heterodera*. *Rev. Nematologica*. V. 23, Leiden, pp. 273-288
- 144- STURHAN D., 1982.** -Distribution of cereals and rass cyst Nematodes in te Federal Republic Germany. *Bull. OEPP*, 12 (4), pp. 321-324
- 145- SUBBOTIN S.A., RUMPENHORST H.J. AND STURHAN D., 1996.** -Morphological and electrophoretic studies on populations of the *Heterodera avenae* complex from the former USSR. *Rus. J. Nematol* 4: 29-38.

146-TANHA MAAFI Z., SUBBOTIN S.A. & MOENS M., 2003. -Molecular identification of Cyst- Forming Nématodes (Heterodidae) from Iran and a Phylogeny based on ITS-rDNA Sequences. *Nematology*, 5, 99-111.

147-TAUPIN P., 1987. - Les nématodes phytophages des cultures céréalières .persp.Agric, N°120, p15

148- TAYLOR A.L., 1968. -*Introduction à la recherche sur les nematodes phytoparasites.* Manuel F.A.O., Rome, 135 p.

149- TRIGIANO R.N., WINDHAM M. T. ET WINDHAM A.S., 2004. -Plant pathology: Concepts and laboratory exercices.CRC press, Washington, 702p

150-VALDEOLIVAS A., ROMERO M.D. ET MUNIZ M., 1991. -Effect of temperature on juvenile emergence of Spanish population of *Heterodera avenae* Rev.Nematol.Medit, N°19, pp: 37-40.

151-VALLOTTON R., 1976. -*Heterodera Avenae*, le nématode à kyste des céréales un parasite du maïs peu connue en Suisse Romand, Rev, suisse d'Agriculture, pp160-164.

152 -VALLOTTON R. & VEZ A., 1981. -Essai de lutte contre le nematode à kyste des céréales *Heterodera avenae* par la rotation des cultures, la désinfection chimique du sol et l'utilisation de variétés résistantes. *Revue Suisse Agric.* 13(4) ,171-180.

153- VALOCKA B., SABOVA M. ET LISKOVA M., 1994. -Response of some winter wheat and spring Barley cultivars to *Heterodera avenae* pathotype Ha 12. *Rev. Helminthologica*, N°31, pp. 155-158.

154- VOLVAS N., 1985. -Morphologie and histology of the cereal cyst-nematode, *Heterodera avenae* Woll., attacking wheat, oats and barley in Italy. *Rev. Nematol. Medit.*, V.13, pp. 87-96.

155- WILLIAMS T. D. ET SIDDIQI M.R., 1972. -*Heterodera avenae*. In: descriptions of plant-parasitic nematodes. *Commonwelth Institute of Helminthology*, set.1. N°2, clows et Sons Ltd, London, 4p.

156- WHITEHEAD A. G., 1998. -Plant nematode control. CAB International, Wallingford, UK.

157-ZANCADA C. ET SANCHEZ A., 1989. -Effet of température on juvenule emmergence of *Heterodera avenae* spanish pathotypes ha 81 and ha 22, *Nématologica*,34 E,J Brill,Leiden,pp :218-225.

158- ZHANG D.S., PENG D.L., LU Z.K. AND WANG Y.X., 1994. -Reproduction caractéristiques of *Heterodera avenae* and ist effects on the development of winter wheat. *Plant Protection*, 20:4-6.

Annexes

Tableau N° 01 – Paramètres des rendements des blés durs (annexe)

		Nbre d'épis / plants			Poids de mille grains		
		Ofanto	Waha	Vitron	Ofanto	Waha	Vitron
Témoins	1	4	3	3	52	37	44
	2	3	2	2	44	35	33
	3	3	2	3	46	35	43
	4	2	2	3	41	34	39
	5	4	4	4	46	44	44
	6	2	4	3	40	41	37
	7	2	3	2	39	39	35
	8	3	3	3	41	39	37
	Moyenne	2,87	2,87	2,87	43	38	39
Infestés	1	2	3	2	25	32	35
	2	2	2	2	24	30	32
	3	1	3	2	21	33	37
	4	2	2	3	25	30	39
	5	2	2	3	24	30	39
	6	2	3	3	23	34	38
	7	2	2	3	29	32	39
	8	2	3	2	21	35	37
	Moyenne	1,87	2,50	2,50	24	32	37

Tableau N° 02– Paramètres des rendements des blés tendres (annexe)

		Nbre d'épis / plants		Poids de mille grains	
		Anza	HD1220	Anza	HD1220
Témoins	1	4	3	42	39
	2	3	2	38	32
	3	3	3	36	36
	4	3	4	37	39
	5	4	4	39	39
	6	3	3	39	35
	7	2	2	36	33
	8	3	3	37	35
	Moyenne	3,12	3	38	36
Infestés	1	2	3	29	37
	2	2	1	31	30
	3	2	2	29	30
	4	2	2	31	32
	5	1	2	27	33
	6	2	3	33	34
	7	2	1	30	29
	8	2	2	30	31
	Moyenne	1,9	2	30	32

Tableau N° 03 – Paramètres des rendements des orges (annexe)

		Nbre d'épis / plants		Poids de mille grains	
		Saida	Acsad	Saida	Acsad
Témoins	1	4	5	49	51
	2	4	5	49	52
	3	3	5	47	43
	4	3	5	43	52
	5	4	5	51	52
	6	5	5	51	49
	7	3	4	48	45
	8	5	5	54	53
	Moyenne	3,87	4,87	49	50
Infestés	1	3	4	33	42
	2	3	4	29	44
	3	3	3	30	39
	4	2	4	27	43
	5	3	4	31	41
	6	2	4	25	47
	7	3	4	35	49
	8	3	4	30	47
	Moyenne	2,75	3,90	30	44

TABLEAU N° 04 - Nombre de kystes néoformés (toutes variétés confondues) (annexe)

		Blé dur			Blé tendre		Orge	
		Ofanto	Waha	Vitron	Anza	HD1220	Saida	Acsad
Infestés	1	33	27	30	34	26	27	21
	2	39	29	29	39	35	27	30
	3	39	29	26	35	29	28	27
	4	30	21	31	36	31	31	24
	5	29	22	37	41	25	30	29
	6	44	32	28	42	30	27	30
	7	36	26	24	40	24	37	26
	8	40	30	27	45	32	25	29
	Moyenne	36	27	29	39	29	29	27
	Min	29,00	21,00	24,00	34,00	24,00	25,00	21,00
	Max	44,00	32,00	37,00	45,00	35,00	37,00	30,00
	Ecart type	5,23	3,85	3,93	3,78	3,78	3,74	3,21

Tableau N° 05 – Paramètres des rendements des Avoines

		Hauteur de la plante			Nbre de grains formés			Poids de mille grains		
		Hamel	Noire 912	Prévision	Hamel	Noire 912	Prévision	Hamel	Noire 912	Prévision
Témoins	1	26,3	36,6	35,3	28	30	24	30	29	28
	2	27	37	34,1	27	28	23	30	29	28
	3	26,7	36,7	34,2	24	21	21	28	28	29
	4	27,1	37,2	35,1	24	31	24	28	26	26
	5	27,2	37	34,7	28	24	23	27	26	27
	6	26,9	36,7	34,2	27	25	23	26	27	27
	7	26,8	37	35	28	30	24	27	29	29
	8	27,1	36,9	35,1	27	31	21	29	28	29
	Moyenne	27	37	35	27	27	23	28	28	28
	E. type	0,29	0,20	0,48	1,69	3,74	1,25	1,46	1,28	1,13
Infestés	1	23,2	21,3	25	27	30	20	20	26	24
	2	22,7	21,8	24,9	27	27	22	19	25	23
	3	23	20,7	24,8	23	20	23	18	25	23
	4	23,1	21,1	25,4	22	27	23	20	24	22
	5	22,5	21,8	25	23	24	22	18	26	24
	6	23,2	21,4	24,8	24	20	23	17	24	23
	7	23	21	24,6	26	27	23	20	25	22
	8	22,9	20,9	25,3	26	28	22	19	24	24
	Moyenne	23	21,25	25	25	25	22	19	25	23
	E. type	0,24	0,40	0,27	1,98	3,70	1,04	1,13	0,83	0,83

Résumé

ملخص

تبين الدراسة حول تأثير دودة الحبوب ذات الكيس (نيماتودا) على مردودية مختلف اصناف الحبوب في منطقة تيارت، بأن نسبة وجود الدودة الخيطية مختلفة وتتغير من منطقة الي اخرى مع إنعدام نهائي في مهدية و السبعين

نقص المردودية راجع إلى زيادة نسبة الدودة في الأرض على القمح الصلب اللين والشعير؛ غير انه لم يتأثر الخرطان في مردوديته رغم وجود نسبة العالية للدودة.

فيما يخص تدخل خصائص التربة على نسبة العدوى في الأراضي الزراعية، الأراضي المفضلة لهذه الدودة هي الأراضي الرملية التي على نسبة عالية من الكلس، أما الأراضي الطينية فهي غير ملائمة. النمط السلوكي للدودة إتجاه بعض أصناف الحبوب، تبين أن كل الأصناف أمنت تكاثر هذا الطفيلي كما أنها أبدت حساسية كبيرة.

في أصناف القمح الصلب تبين أن الصنف أوفانتو أكثر حساسية من الأصناف الأخرى.

أنزا في أصناف القمح اللين أكثر حساسية من الأصناف الأخرى

الصنف صيدة في أصناف الشعير تبين أنه أكثر حساسية من الصنف أكساد.

أخيرا فيما يخص الخرطان، الصنف حامل و الصنف سوداء 912 أكثر حساسية من الصنف بريفيزيون الذي تأثر فقط في عدد الحبوب المكونة

الجوهريّة الكلمات

التأثير، تيارت نسبة دودية، المر النيماتود، الحبوب

Résumé

Les états d'infestation d'*Heterodera avenae* au niveau des parcelles cultivées en céréales sont variables allant de l'absence à la présence qui dépasse largement le seuil de nuisibilité. L'étude de l'impact de l'attaque du nématode sur les rendements des céréales montre une tolérance de l'avoine à l'attaque par rapport aux blés et à l'orge. Pour l'étude de l'influence de la nature du sol sur les degrés d'infestations du nématode, la texture limoneuse et sableuse enrichie en matière organique et en calcaire favorise le développement et la pullulation du nématode. La texture argileuse (sols lourds) pauvre en matière organique est marquée par l'absence du nématode dans les parcelles. L'humidité est corrélée négativement avec les infestations, le bon développement du nématode est marqué par l'influence de la température basse qui favorise l'éclosion. La matière organique favorise la stabilité structurale des sols ainsi que la croissance du nématode. Le calcaire total augmente la friabilité des sols, tandis que le calcaire actif appauvrit le sol en (phosphore, potassium et fer).

Concernant le comportement des céréales vis-à-vis d'*H. avenae*, les résultats obtenus ont montré que les composantes du rendement des céréales ont été affectées suite à une comparaison avec des plants témoins. Ofanto pour les blés durs est significativement plus sensible que Waha et Vitron, alors que pour le blé tendre Anza s'est révélé hôte favorable à l'attaque du nématode, Saida pour l'orge est la variété la plus sensible à l'attaque du nématode.

Pour l'avoine les variétés Hamel et Noire 912 sont plus sensibles que la variété Prévision qui n'a été affecté que sur le nombre des grains formés

Mots clés : Nématodes à kystes, céréales, rendement, taux d'infestation, paramètres édaphiques et Tiaret.

ABSTRACT

Infestation states of *Heterodera avenae* at the level of cultivated cereals plots are varying going from absence to presence which widely overtakes the harmfulness threshold.

The attack impact of the nematode on the yields of cereals demonstrates a tolerance of oats to attack compared to wheat and barley.

The study of influence for the ground nature on levels of nematode, we have tested granulometer (rate of clay, silt and sand); rate of organic material of total limestone and active limestone. The muddy and sandy texture enriched with organical matter and limestone favours developing and proliferation of nematode. Even though clayey texture (heavy grounds) poor in organic material is marked by absence of nematode in the plots. Dampness is negatively closely connected with infestations; the good development of nematode is marked by the low temperature influence which favours the hatching. Organic material favours structural stability of the grounds and so the growing of nematode, the total limestone grows friableness of the grounds. While active limestone impoverishes the ground in (phosphor, potassium and iron)

For study of behaviour of some varieties of cereals, all the cereals were affected after a comparison with those witnesses plants. For the durum wheat Ofanto is more sensitive than Waha and Vitron. While for the bread wheat Anza was revealed favorable host to the attack nematode. For the barley Saida is the most sensitive variety to the attack nematode

For the four parameters studied, we found that both varieties Hamel and Noire912 are more sensitive to the attack by *H. avenae* compared to the variety Prévision which showed sensitivity to the parasite only for the parameter number of grains formed.

KEYWORDS: cyst nematode, Cereals, yields, infestation, edaphic parameters and Tiaret.

Publication

