



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة - الحراش - الجزائر

Ecole Nationale Supérieure Agronomique. El-Harrach. Alger

Département : Zoologie agricole et forestière

Spécialité : Protection des végétaux

Ecole doctorale :

« Biologie et Ecologie en Zoologie Agro-Forestière »

Thèse

En vue de l'obtention du diplôme de Magistère en Sciences Agronomiques

Thème

Etude des nématodes à kystes des céréales *Heterodera*
avenae dans la région de Tiaret.

Présentée par : M. OUDDENE Abdelhafidh

Jury :

Président : M. DOUMANDJI Salaheddine *Professeur à l'ENSA.*

Promoteur : M. MOKABLI Aissa *Professeur à UKM.*

Examineur : Mme. DOUMANDJI- MITICHE Bahia *Professeur à l'ENSA.*

M. HAMMACHE Miloud *Maître de conférences à l'ENSA*

Invité: M. SMAHA Djamel *Doctorant à l'I.N.P.V.*

Remerciements

Au nom de dieu le tout puissant et le très miséricordieux par la grâce duquel j'ai pu réaliser ce travail.

*Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à Monsieur **MOKABLI A.**, professeur à UKM pour avoir accepté de diriger cette thèse, pour ses orientations dont j'ai bénéficié, ses conseils judicieux, sa compréhension et sa gentillesse. Il m'a réservé des moments précieux pour mener à bien ce travail.*

*J'exprime mon profond respect et mes vifs remerciements à Monsieur **DOUMANDJI S.**, professeur à l'ENSA qui m'a fait l'honneur d'évaluer ce travail et de présider le jury de soutenance, pour ses encouragements et sa gentillesse. Il m'a facilité toutes les conditions pour réaliser ce travail.*

*Je porte une reconnaissance particulière à **Mme DOUMANDJI-MITICHE B.**, professeur à l'ENSA, qui a accepté de juger ce travail, pour sa sympathie et ses encouragements et son aide généreuse.*

*Je remercie tout particulièrement Monsieur **HAMMACHE M.**, maître de conférences à l'ENSA d'avoir bien voulu examiner ce travail, pour ses conseils judicieux, ses encouragements et sa gentillesse.*

*Mes remerciements s'adressent également à Monsieur **SMAHA D.**, Doctorant à l'INPV pour son aide précieuse et sa gentillesse.*

*Je voudrais exprimer chaleureusement mes sincères remerciements à Mr. **KHEDAM M.**, D.G. au CNCC, à Mme **TOAIBA C.** et **BRAHIMI S.**, ingénieurs au CNCC, à Mr. **NAKOUS M.** enseignant (Lycée Colonel Lotfi Takhemaret) à Mr. **HOUARI M.** et **HOUARI B.** pour leurs aides généreuses avec un égard exemplaires.*

*A mes amis : **MOULAI, ROUABHI, BERRABAH, HOCINE** et **SALEM ATTIA** qui m'ont beaucoup aidé pour la réalisation de ce travail.*

Enfin, mes remerciements vont à tous ceux et à toutes celles, qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

SOMMAIRE

Liste des tableaux, figures et photos

Introduction générale

Partie I: Synthèse bibliographique

CH. I. Généralités

I. 1. Généralités sur les céréales

1. Origine et historique	
2. Importance des céréales (blé dur)	
3. Position systématique	
4. Exigences des plantes	
4.1. Climat	
4.1. 1. Température	
4.1. 2. Humidité	
4.1. 3. Lumière	
4.2. Le sol	
5. Cycle de la plante (blé dur)	
6. La céréaliculture en Algérie	
6.1. Itinéraire technique	
6.2. Les zones céréalières en Algérie	
6.3. Aperçu sur la situation actuelle de la production céréalière en Algérie	
6.4. Les contraintes de la céréaliculture en Algérie	
6.4. 1. Quelques facteurs abiotiques (climatiques : précipitations)	
6.4. 2. Les facteurs biotiques	
6.4.2. 1. Les insectes ravageurs des céréales au champ	
6.4.2. 2. Les maladies des céréales au champ	
6.4.2. 3. Les mauvaises herbes	

6.4.2. 4. Autres ennemis	
6.4.2. 4. a. Les nématodes	
6.4.2. 4. b. Les oiseaux	
6.4.2. 4. c. Les rongeurs	

I. 2. Généralités sur le nématode à kystes des céréales *Heterodera avenae*

1. Position systématique	
2. Répartition géographique d' <i>H. avenae</i>	
2.1. Dans le monde	
2.1. En Algérie	
3. Importance économique	
4. Morphologie et Biométrie	
4.1. Les œufs	
4.2. Les larves	
4.2. 1. Les larves du 1er stade (L1)	
4.2. 2. Les larves du 2ème stade (L2)	
4.2. 3. Les larves du 3ème et du 4ème stade (L3 et L4)	
4.3. Le mâle	
4.4. La femelle	
4.5. Le kyste	
5. Critères d'identification	
5.1. Critères morphologiques	
5.1. 1. Le cône vulvaire	
5.1. 2. La vulve	
5.1. 3. Les fenestrae	
5.1. 4. Le pont vulvaire	
5.1. 5. Les bullae	
5.2. Critères biochimiques et moléculaires III	
6. Cycle biologique	

7. Facteurs qui influencent le développement d' <i>H. avenae</i>	
7.1. Les facteurs abiotiques	
7.1. 1. Facteurs climatiques	
7.1.1. 1. L'humidité	
7.1.1. 2. La température	
7.1. 2. Facteurs édaphiques	
7.1.2. 1. Type de sol	
7.1.2. 2. La porosité	
7.1.2. 3. L'oxygène	
7.1.2. 4. Le pH	
7.1. 3. Autres facteurs	
7.2. Les facteurs biotiques	
7.2. 1. La plante hôte	
7.2. 2. La matière organique	
8. Modes et facteurs de dissémination	
8.1. L'homme	
8.2. Le matériel	
8.3. Le vent	
8.4. L'eau	
9. Symptômes et dégâts	
9.1. Au champ	
9.2. Sur la plante	
9.2. 1. La partie aérienne	
9.2.1. 1. Un rabougrissement	
9.2.1. 2. Une décoloration du feuillage	
9.2. 2. La partie racinaire	
10. La lutte contre <i>H. avenae</i>	
10.1. Lutte préventive	
10. 2. Lutte curative	

10.2. 1. Les moyens culturaux	
10.2.1. 1. Jachère	
10.2.1. 2. Rotation	
10.2.1. 3. Labours	
10.2.1. 4. Fumure et amendements (fertilisants)	
10.2.1. 5. Semis	
10.2.1. 6. Les variétés résistantes	
10.2.1. 7. Désherbage et nettoyage	
10.2. 2. Les moyens chimiques	
10.2. 3. Les moyens biologiques	
10.3. Lutte intégrée	
10.4. Calendrier de la lutte intégrée contre <i>H. avenae</i> en Algérie	

Partie II : Expérimentation

CH. II. Présentation de la région d'étude

1. Superficie et situation géographique	
2. Caractéristiques pédologiques	
3. Caractéristiques climatiques	
3.1. Le climat	
3.2. La pluviométrie	
3.3. La température	
3.4. L'humidité	
3.5. Les phénomènes secondaires	
3.5. 1. Les gelées	
3.5. 2. La grêle	
3.5. 3. La neige	
3.5. 4. Les vents	
4. Analyse bioclimatique	

4.1. Diagramme ombrothermique de Gaussen	
4.1. 1. La période sèche	
4.1. 2. La période humide	
4.2. L'étage bioclimatique (Le climagramme d'EMBERGER)	
5. Occupation des sols et l'importance de la céréaliculture dans cette région	

CH. III. Matériels et Méthodes

1. État d'infestation des nématodes à kystes <i>Heterodera avenae</i> des céréales dans quelques parcelles à Tiaret	
1.1 Le but de cette étude	
1.2. L'échantillonnage du sol	
1.2. 1. Matériels et méthodes	
1.2.1. 1. Matériels de l'échantillonnage	
1.2.1. 2. Technique d'échantillonnage	
1.2. 2. Précautions phytosanitaires pour l'échantillonnage	
1.3. Extraction des kystes	
1.3. 1. Le principe	
1.3. 2. Matériels	
1.3. 3. Mode opératoire	
1.4. La récupération et le comptage des kystes	
1.4. 1. Matériels	
1.4. 2. Méthode	
1.4. 3. Le calcul	
2. Caractéristiques morpho-biométriques de deux populations d' <i>Heterodera</i> sp	
2.1. Le but de cette étude	
2.2. Matériels et méthodes	
2.2. 1. Etude biométrique	
2.2.1. 1. Mensuration des kystes	
2.2.1.1. a. Matériels	

2.2.1.1. b. Méthode	
2.2.1. 2. Dénombrement des œufs par kyste de deux populations d' <i>Heterodera</i>	
2.2.1.2. a. Matériels	
2.2.1.2. b. Méthode	
2.2. 2. Etude morphologique	
2.2.2. 1. La morphologie des kystes	
2.2.2. 2. La morphologie du cône vulvaire	
2.2.2.2. a. Matériels	
2.2.2.2. b. Méthode	
3. Impact des types de rotations culturales sur le degré d'infestation des nématodes à kyste des céréales <i>Heterodera avenae</i> dans les hauts plateaux (Tiaret)	
3.1. Les objectifs	
3.2. Matériels et méthodes	

CH. IV. Résultats et Discussion

1. État d'infestation des nématodes à kystes <i>Heterodera avenae</i> des céréales dans quelques parcelles à Tiaret	68
1.1. Résultats	
1.1. 1. Importance de poids de sol échantil ^{VI} chaque parcelle prospectée dans la région de Tiaret 2012-2013	
1.1. 2. Fréquence d' <i>Heterodera avenae</i> dans les communes prospectées dans la région de Tiaret (campagne 2012-2013)	
1.1. 3. Etat d'infestation et répartition des nématodes à kystes des céréales <i>H. avenae</i> dans quelques parcelles dans la région de Tiaret	
1.1.3. 1. Importance des densités des nématodes <i>H. avenae</i> dans chaque parcelle prospectée dans la région de Tiaret (2012-2013)	
1.1.3.1. a. Cas de la commune de Tiaret	
1.1.3.1. b. Cas de la commune de Takhemaret	
1.1.3.1. c. Cas de la commune de Frenda	
1.1.3.1. d. Cas de la commune de Rahouia	

1.1.3.1. e. Cas de la commune de Sebaïne	
1.1.3.1. f. Cas de la commune de Sougueur	
1.1.3.1. g. Cas de la commune d'Ain Kermes	
1.1.3.1. h. Cas de la commune de Nadorah	
1.1.3.1. k. Cas de la commune de Rechaiga	
1.1.3.1. s. Cas de la commune de Dahmouni	
1.1.3.1. m- Cas de la commune de Medrissa	
1.1.3.1. n. Cas de la commune de Mechraa Sfa	
1.1.3.1. p. Cas de la commune de Sidi Hosni	
1.1.3.1. q. Cas de la commune d'Ain El-Hadid	
1.1.3.1. r. Cas de la commune de Sidi Abderrahmane	
1.1.3. 2. Importance du degré d'infestation par <i>H. avenae</i> de chaque commune prospectée dans la région de Tiaret en 2012-2013	
1.1.3. 3. Classement des communes céréalières prospectées en fonction du degré d'infestation par <i>H. avenae</i>	
1.2. Discussion	
2. Caractéristiques morpho-biométriques de deux populations d' <i>Heterodera sp</i>	
2.1. Résultats	
2.1. 1. Les caractères morphologiques des kystes de deux populations	
2.1.1. a. La forme	
2.1.1. b. La couleur	
2.1.1. c. La taille	
2.1. 2. Les caractères biométriques des kystes d' <i>Heterodera sp.</i> de deux population (Tiaret, Dahmouni)	
2.1.2. 1. Mensurations des kystes des deux populations étudiées	
2.1.2. 2. Dénombrement des œufs par kyste de deux populations d' <i>Heterodera sp</i>	
2.2. Discussion	
3. Impact des types de rotations culturales sur le degré d'infestation des nématodes à kyste des céréales <i>Heterodera avenae</i> dans les hauts plateaux (Tiaret)	
3.1. Résultats	

3.1. 1. Importance de poids de sol échantillonné de chaque parcelle	
3.1. 2. l'effet de type de rotation sur la fréquence d' <i>Heterodera sp</i>	
3.1. 3. Impact des types de rotations culturales sur le degré d'infestation des nématodes à kyste des céréales <i>Heterodera avenae</i>	
3.1.3. 1. la densité des nématodes <i>H. avenae</i> dans chaque type de rotation	
3.1.3.1. a. Type de rotation pratiqué : céréales/ céréales	
3.1.3.1. b. Type de rotation pratiqué : céréales / jachère	
3.1.3.1. c. Type de rotation pratiqué : céréales / cultures maraichères	
3.1.3.1. d. Type de rotation pratiqué : céréales/fourrages	
3.1.3.1. e. Type de rotation pratiqué : céréales / légumes secs	
3.1.3. 2. Le degré d'infestation par <i>H. avenae</i> de chaque type de rotation dans la région de Tiaret en 2013	
3.2. Discussion	
4. Enquête sur les facteurs responsables de la dissémination spatiale de nématode à kystes du genre <i>Heterodera</i> dans les parcelles céréalières de la région de Tiaret	
4.1. Résultats	
4.1. 1. Les parcelles infestées par le vent	
4.1. 2. Les parcelles infestées par l'eau d'irrigation	
4.1. 3. Les parcelles infestées par les matériels de transport	
4.1. 4. Les parcelles infestées par les matériels agricoles	
4.1. 5. Les parcelles infestées par l'homme	
4.1. 6. Les parcelles infestées par d'autres facteurs	
4.1.7. classification des facteurs de dissémination des nématodes à kystes	
4.2. Discussion	
Conclusion générale	
Références bibliographiques	
Annexe	
Résumé	

Liste des tableaux

Tableau 1: Itinéraire technique préconisé pour la culture des blés en Algérie	
Tableau 2: Quelques insectes ravageurs des céréales au champ dans le Maghreb	
Tableau 3: Les maladies des céréales au champ en Algérie	
Tableau 4: Position systématique d' <i>H. avenae</i>	
Tableau 5: Chronologie de la découverte d' <i>Heterodera avenae</i> dans le monde	
Tableau 6: Importance économique des pertes céréalières dues au <i>H. avenae</i>	
Tableau 7: Les critères de détermination des nématodes à kystes	
Tableau 8: La durée du cycle de développement d' <i>H. avenae</i>	
Tableau 9: Degré de température de chaque stade de développement d' <i>H. avenae</i> en Algérie	
Tableau 10: Calendrier de lutte intégrée proposé contre <i>H. avenae</i> des céréales d'hiver en Algérie	
Tableau 11: Précipitations mensuelles moyennes de deux années (2011,2012) de Tiaret	
Tableau 12: Températures mensuelles moyennes de deux années (2011,2012) de Tiaret	
Tableau 13: Humidité mensuelle et annuelle moyenne dans la région de Tiaret de l'année 2012	
Tableau 14: Vitesse mensuelle moyenne du vent de la région de Tiaret en 2012	
Tableau 15: Répartition et occupation des terres dans la région de Tiaret	
Tableau 16: Répartition des cultures et l'importance de la céréaliculture dans la région de Tiaret (Campagne 2011,2012)	
Tableau.17: Types de rotation pratiquée par commune	
Tableau 18: Importance de poids de sol échantillonné de chaque parcelle prospectée	
Tableau 19: Fréquence d' <i>H. avenae</i> dans les parcelles prospectées	
Tableau 20: Résultats d'analyse nématologique commune de Tiaret	
Tableau 21: Résultats d'analyse nématologique commune de Takhemaret	
Tableau 22: Résultats d'analyse nématologique commune de Frenda	
Tableau 23: Résultats d'analyse nématologique commune de Rahouia	
Tableau 24: Résultats d'analyse nématologique commune de Sebaïne	
Tableau 25: Résultats d'analyse nématologique commune de Sougueur	
Tableau 26: Résultats d'analyse nématologique commune d'Ain Kermes	
Tableau 27: Résultats d'analyse nématologique commune de Nadorah	
Tableau 28: Résultats d'analyse nématologique commune de Rechaïga	

Tableau 29: Résultats d'analyse nématologique commune de Dahmouni
Tableau 30: Résultats d'analyse nématologique commune de Medrissa
Tableau 31: Résultats d'analyse nématologique commune de Mechraa Sfa
Tableau 32: Résultats d'analyse nématologique commune de Sidi Hosni
Tableau 33: Résultats d'analyse nématologique commune d'Ain El-Hadid
Tableau 34: Résultats d'analyse nématologique commune de Sidi Abderrahmane
Tableau 35: Pourcentage des K. V. et K. P. et le degré d'infestation
Tableau 36: Le degré moyen d'infestation et le classement des communes prospectées
Tableau 37: Mensurations (longueur et largeur) des kystes des deux populations
Tableau 38: Résultats de l'analyse de la variance pour la longueur des kystes
Tableau 39: Résultats du test de Newman-keuls sur la longueur des kystes
Tableau 40: Résultats de l'analyse de la variance pour la largeur des kystes
Tableau 41: Résultats du test de Newman-keuls sur la largeur des kystes
Tableau 42: Analyse de la variance pour la longueur du cône vulvaire des kystes
Tableau 43: Résultats du test de Newman-keuls sur la longueur du cône vulvaire
Tableau 44: Analyse de la variance pour la longueur du cône vulvaire des kystes
Tableau 45: Résultats du test de Newman-keuls sur le cou des kystes
Tableau 46: Résultats de dénombrement des œufs par kystes des deux populations
Tableau 47: Analyse de la variance pour le nombre des œufs par kystes
Tableau 48: Résultats du test de Newman-keuls sur le nombre des œufs par kystes
Tableau 49: Importance de poids de sol échantillonné de chaque parcelle
Tableau 50: Fréquence d' <i>Heterodera avenae</i> dans les parcelles prospectées
Tableau 51: La densité d' <i>H. avenae</i> dans le type de rotation : céréales/ céréales
Tableau 52: La densité d' <i>H. avenae</i> dans le type de rotation : céréales/ jachère
Tableau 53: La densité d' <i>H. avenae</i> dans le type de rotation : céréales / maraichage
Tableau 54: La densité d' <i>H. avenae</i> dans le type de rotation : céréales/fourrages
Tableau 55: La densité d' <i>H. avenae</i> dans le type de rotation : céréales / légumes secs
Tableau 56: Le degré d'infestation par <i>H. avenae</i> de chaque type de rotation
Tableau 57: Le classement des types de rotation en fonction de degré d'infestation
Tableau 58: La différence entre le degré d'infestation moyen de trois types de rotation et celles de : C. /céréales, C. /Fourrages
Tableau 59: L'impact de type de rotation sur : le nombre des kystes pleins et vides, l'état et le degré d'infestation des parcelles céréalières

Tableau 60 : nombre des parcelles infestées par le vent .....	.....
Tableau 61 : nombre des parcelles infestées par l'eau d'irrigation .....	.....
Tableau 62: nombre des parcelles infestées par le matériel de transport .....	.....
Tableau 63: nombre des parcelles infestées par le matériel agricole .....	.....
Tableau 64: nombre des parcelles infestées par l'homme .....	.....
Tableau 65: nombre des parcelles infestées par d'autres facteurs .....	.....
Tableau 66 : Fréquence de dissémination de chaque facteur de propagation .....	.....

Liste des figures

Fig. 1: Cycle de la plante de blé dur .....	.....
Fig. 2: Localisation des aires de production des céréales en Algérie .....	.....
Fig. 3: Représentation schématique des types de sécheresse et leur place dans le cycle de développement des céréales d'automne en zone semi-aride au Maghreb .....	.....
Fig. 4: Les mauvaises herbes des céréales en Algérie .....	.....
Fig. 5: Nématode filiforme: <i>Pratylenchus</i> .....	.....
Fig. 6: Moineau espagnol : <i>passer hispaniolensis</i> .....	.....
Fig. 7: La mérione de shaw : <i>Meriones shawi</i> .....	.....
Fig. 8: La répartition géographique du nématode à kyste <i>H. avenae</i> dans le monde .....	.....
Fig. 9: Distribution du nématode à kystes <i>H. avenae</i> des céréales en Algérie .....	.....
Fig. 10: Kystes d' <i>Heterodera avenae</i> .....	.....
Fig. 11: Morphologie du nématode parasite des plantes .....	.....
Fig. 12: Morphologie du nématode à kyste <i>Heterodera avenae</i> .....	.....
Fig. 13: Cycles de vie des nématodes de kyste .....	.....
Fig. 14: Le cycle biologique d' <i>Heterodera avenae</i> .....	.....

Fig. 15. A : Symptômes des dégâts d' <i>Heterodera avenae</i> Au champ	
Fig. 15. B : Symptômes des dégâts d' <i>Heterodera avenae</i> Sur la plante - partie racinaire	
Fig. 16: Les communes prospectées dans la région de Tiaret	
Fig. 17: Diagramme Ombrothermique de la région de Tiaret (2011-2012)	
Fig. 18: Le climagramme d'Emberger de la région d'étude : Tiaret (2001-2012)	
Fig. 19: Répartition des cultures et l'importance de la superficie des céréales dans la région de Tiaret (Campagne : 2011-2012)	
Fig. 20: Prélèvement aléatoire des échantillons élémentaires de sol	
Fig. 21: Appareil de FENWICK	
Fig. 22: Principales étapes d'analyse nématologique des nématodes à kystes des céréales <i>Heterodera sp</i>	
Fig. 23: Principales étapes pour la réalisation des coupes au niveau du cône vulvaire des kystes	
Fig. 24 : Diagramme d'un cône vulvaire	
Fig. 25: Caractéristiques morphologiques majeures du stylet (A) des juvéniles et du cône vulvaire des kystes d' <i>Heterodera avenae</i> , <i>H. mani</i> , <i>H. latipons</i> et de type «Gotland»	
Fig. 26: Fréquence d' <i>H. avenae</i> dans les parcelles prospectées en 2012-2013	
Fig. 27: Les pourcentages de kystes pleins et vides des communes prospectées	
Fig. 28: Le degré d'infestation des communes infestées	
Fig. 29: Classement des communes céréalières prospectées en fonction du degré d'infestation par <i>H. avenae</i>	
Fig. 30 : La répartition d' <i>Heterodera</i> et leur degré d'infestation dans quelques communes	

prospectées dans la région de Tiaret 2013	
Fig. 31: Mensurations (longueur et largeur) des kystes des deux populations	
Fig. 32: Nombre des œufs par kystes des deux populations	
Fig. 33: Nombre moyen des kystes pleins et vides dans chaque type de rotation	
Fig. 34: Le degré d'infestation moyen de chaque type de rotation	
Fig. 35: Nombre des parcelles infestées par chaque facteur de propagation	
Fig. 36: Fréquence de dissémination de chaque facteur	

Liste des photos graphiques

Photo 1 : kystes d' <i>Heterodera avenae</i>	
Photo 2 : Kystes d' <i>Heterodera</i> Population de Dahmouni	
Photo 3 : Kystes d' <i>Heterodera</i> Population de Tiaret	
Photo 4 : Vue microscopique d'un kyste d' <i>Heterodera</i> écrasé	
Photo 5: Coupe au niveau du cône vulvaire	

Introduction générale

Les céréales constituent la majorité des nourritures dont dépendent directement ou indirectement les hommes et les animaux.

De ce fait, avec une population estimée à environ de 35 millions d'habitants, les besoins en céréales sont très importants. Durant la période 2000-2009 : la production céréalière moyenne allée de 10 à 62 millions de quintaux. Cependant, la couverture des besoins nationaux des trois pays du Maghreb est comprise entre 25 et 47 % (CHEBBI et EL MOURID, 2005 in BOULAL *et al.*, 2007).

Les ministres de l'agriculture se sont réunis en novembre 2013 à Alger, dans le cadre du sommet du Groupe (G 5+5) dont la sécurité alimentaire durable fait l'objectif de ces débats.

En Algérie, elle dépend considérablement de la production céréalière qui fournit plus de 60% de l'apport protéique de la ration alimentaire nationale (TALAMALI, 2004).

En conséquent, la consommation annuelle moyenne des céréales par habitant était évaluée entre 200 et 219 kg/an (CHEBBI et EL MOURID, 2005 in BOULAL *et al.*, 2007).

Sur les 8,5 millions d'hectares de S.A.U., la céréaliculture occupe ces dernières années plus de 3000 000 d'hectares soit 35 % et 70 % avec la jachère (MADR, 2007).

Les céréales sont des cultures stratégiques. Elles occupent une place importante dans le système économique, alimentaire et socioculturel des algériens. Elle absorbe environ 675 717 employés (MADR, 2007). Cependant le prix d'un quintal de blé dur, blé tendre et d'orge est respectivement de 4500 DA., 4000 DA. et de 2500 DA. Ces prix sont subventionnés par l'état pour encourager les agriculteurs, ce qui augmente la superficie et la production céréalières.

En 2010, le volume d'échange total d'Algérie en céréales est de : 7.93 millions de Tonnes importés et 8 milles de Tonnes exportés, avec une facture d'importation de blé dur plus de 8.7 millions Dollars (FAO., 2013). L'Algérie est parmi les premiers pays importateur de blé dur dans le monde.

Trois causes majeures peuvent expliquer cette insatisfaction:

- l'utilisation non rationnelle des ressources naturelles : l'absence d'une stratégie claire durable et opérante, cadres techniques et Fellahs non qualifiés, mauvaise gestion agricole ;
- Les conditions climatiques : la production céréalière est située dans les zones semi-arides soumises aux aléas climatiques, engendrant des niveaux de productivité moyens. Cette dépendance de la production céréalière vis-à-vis du climat, constitue un frein aux différents programmes de l'intensification mis en œuvre depuis plusieurs années (BOULAL *et al.*, 2007) ;
- Les problèmes phytosanitaires : les céréales sont soumises à des nombreuses contraintes phytosanitaires : comme les champignons pathogènes (les rouilles, la septoriose, ...), les nématodes (*Heterodera sp.*, *Pratylenchus sp.*, ...), les insectes (criquets, les vers blancs, la punaise de blé, les criocères des céréales, ...), les moineaux et les rongeurs.

Le nématode à kyste des céréales (*Heterodera avenae*) est un endoparasite sédentaire des céréales à pailles et du maïs. Leur cycle biologique comprend cinq stades larvaires séparés par quatre mues (CHOPPIN DE JANVRY, 1971), avec une seule génération par an (dure neuf mois), dont il peut être différent d'une région à une autre selon la localisation géographique des populations (RIVOAL, 1982). Un kyste d'*Heterodera* contient de 200 jusqu'à 600 œufs. L'éclosion des L₂ coïncide avec la levée de la plante hôte (céréales). C'est une espèce omniprésente, sa répartition s'étend dans la majorité des pays producteurs. De ces faits, le nématode *Heterodera avenae* est reconnu comme étant l'un des pires parasites des céréales à travers le monde où il cause des pertes économiques importantes.

Les chutes de rendement des céréales par les nématodes à kystes des céréales sont de 50% en USA (SMILEY *et al.*, 1994), de 30 à 40% en Angleterre (REDDY, 1983), de 30 à 50% en Russie (SHIABOVA, 1982), de 40 à 50% en Maroc (RAMMAH, 1994), de 50% en Canada (CAUBEL *et al.*, 1980), de 20 à 40% en Australie (MEAGHER et BROWN, 1974). GRECO *et al.*, 1993 estiment une perte de 2.6 milliards de Lire italienne de rendement suite aux attaques d'*Heterodera sp.*

En Algérie, le nématode à kyste *Heterodera avenae* inféodé aux cultures céréalières est l'espèce la plus redoutable en raison de sa large distribution dans les zones céréalières

(plus de 20 régions), ce qui augmente la possibilité des risques dues à ces nématodes (MOKABLI, 2006). Aucun travail n'a été fait sur l'évaluation des pertes de ces parasites en Algérie.

Compte tenu de leur importance bioécologique et agro-économique, nous sommes intéressés à étudier ce parasite dans la région de Tiaret (Hauts plateaux, climat semi-aride) à tendance agro-pastoral où la céréaliculture est la plus dominante. En 2012, la surface agricole utile couvrait près de 705 650 ha dont 45% de cultures céréalières et 6% de cultures fourragères (DSA de Tiaret, 2013), avec une production totale plus de six millions de quintaux des céréales soit 13% de la production céréalière d'Algérie, ce qui l'a rend la première productrice des céréales à l'échelle nationale (MADR, 2013).

La recherche bibliographiques et les observations nous ont conduits à réfléchir aux questions suivantes :

- Pourquoi certaines parcelles infestées par ces nématodes, dans les mêmes conditions pédoclimatiques et méthodes culturales appliquées, et pas d'autres?
- Existe-il une variation entre les populations de la même région?
- Comment limiter l'infestation par les N. K. C. et minimiser les pertes dues à ces attaques, de manière économique, écologique et durable?

Cette thèse a été conçue à partir du travail scientifique de recherche, visant à répondre aux questions posées précédemment. Elle comprend quatre (04) volets :

- La première étape, consiste à estimer le degré d'infestation des parcelles céréalières par *Heterodera sp.*
- Puis, la mise en évidence de cette espèce par une étude morpho-biométrique de deux populations.
- Une partie est consacrée à l'évaluation de l'impact des types de rotations culturales sur le degré d'infestation des N. K. C. dans les hauts plateaux (Tiaret).
- La dernière étape, une enquête a été faite sur les facteurs responsables de la dissémination spatiale de ce nématode dans les parcelles céréalières dans cette région.

I.1. Généralités sur les céréales (Blé dur)

I.1.1. Origine et historique

Le blé est l'une des premières espèces cueillies et cultivées par l'homme, était à la base de l'alimentation des premières civilisations humaines. FELDMEN (2001), constaté que le blé dur provient des territoires de la Turquie, de la Syrie, de l'Iraq et de l'Iran. L'aire géographique du blé est le Tigre et L'Euphrate en Iraq, elle s'est étendue jusqu'au Nil en Egypte où des variétés de blé ont été découvertes dans les temples égyptiens. C'est à partir de zones du croissant fertile les blés ont été diffusés vers l'Afrique, l'Asie et l'Europe (BONJEAN, 2001).

I.1.2. Importance des céréales (Blé dur)

En Algérie, la céréaliculture a une grande valeur agro-alimentaire et socio-économique. Le blé est la culture la plus cultivée, il occupe la première place dans la production végétale et constitue l'aliment de base. Il est nutritif, concentré, facilement stocké et transporté. Dans le grain de toutes les céréales, le constituant nettement majoritaire est l'amidon qui constitue environ les trois quarts de la matière sèche (GODON, 1986 in GODON, 1991). Il contient des hydrates de carbone (78,1%), des protéines (14,7%), des lipides (2,1%), des minéraux (2,1%) et des vitamines en quantités considérables (ALAM *et al.*, 2007). Bien que la céréaliculture et surtout le blé dur soit cultivé dans diverses régions du monde, la majeure partie de la production du blé dur (culture stratégique) est concentrée en Amérique du Nord et le bassin méditerranéen (ce dernier fournit 75% de la production mondiale) (BELAID, 2000).

I.1.3. Position systématique

Le blé est une plante herbacée appartenant à la classe des angiospermes, à la sous-classe des monocotylédones et à la famille des graminées. Au sein de cette dernière, il fait partie de la tribu des Triticeae et du genre *Triticum* et l'espèce *Triticum durum* (COOK *et al.*, 1993).

I.1.4. Exigences de la plante

I.1.4. 1. Climat

I.1.4.1. 1. Température

Le zéro de végétation du blé est de 0°C. Les exigences globales en chaleur sont de l'ordre de 1846 à 2373°C (CLEMENT-GRANCOURT et PRATS, 1971).

I.1.4.1. 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).

I.1.4.1. 3. Lumière

Une certaine durée du jour (photopériodisme) est nécessaire pour la réalisation du stade B précédent la montaison (SOLTNER, 2005).

I.1.4. 2. Le sol

a- Texture fine limono argileuse, qui assurera aux racines fasciculées du blé une grande surface de contact donc une bonne nutrition.

b- Une structure stable résistante à la dégradation par les pluies d'hiver.

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

I.1.5. Cycle de la plante (blé dur)

Les céréales possèdent un cycle biologique annuel, réparti classiquement en trois (03) périodes principales successives (végétative, reproductrice et maturation du grain), subdivisées elles mêmes en phases délimitées par des stades (SOLTNER, 2005). Ces derniers sont définis par des changements morphologiques visibles et des modifications

internes de la plante (BEN-HAMMOUDA et BOUBAKER, 2000; BAHLOULI *et al.*, 2008) (Fig. 1).

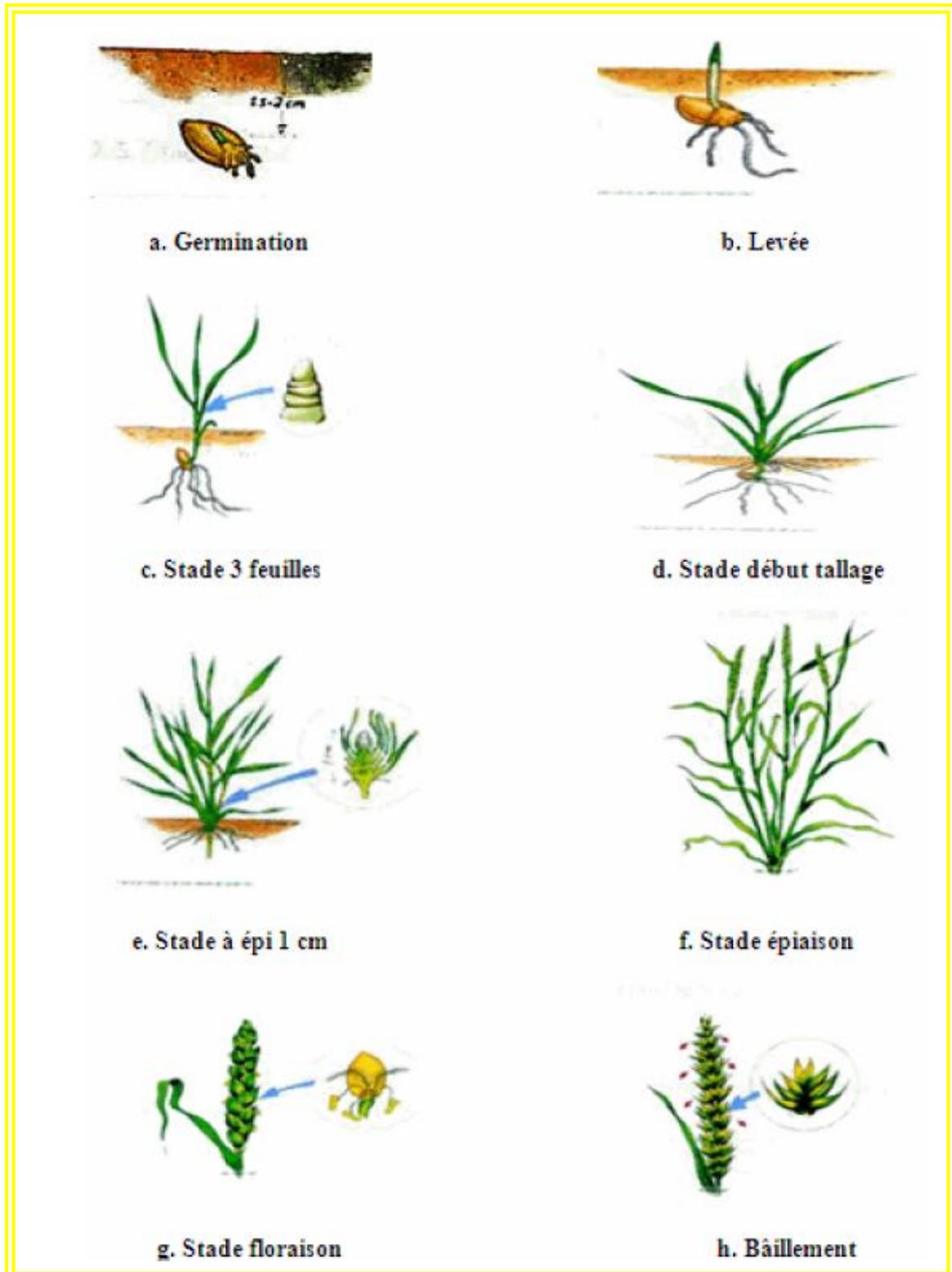


Fig.1 : Cycle de la plante de blé dur (SOLTNER, 2005).

I.1.6. LA céréaliculture en Algérie

I.1.6. 1. Itinéraire technique

Le tableau 1 montre les opérations culturales de blé dur et de blé tendre en Algérie en fonction de la conduite pluviale ou la conduite irriguée.

Tableau 1 : Itinéraire technique préconisé pour la culture des blés en Algérie (MADR, 2008)

Opération	Conduite pluviale			Conduite en irriguée
	>600 mm	400-600 mm	350-400 mm	
Déchaumage	L'enfouissement des chaumes permet l'amélioration de la teneur du sol en matière organique			
Labour	Le labour doit s'effectuer avec les outils appropriés selon le type de sol. En zones semi arides, où le souci majeur est la conservation de l'eau, les outils à dents sont les plus conseillés. L'utilisation du chisel est conseillée dans les sols peu profonds et secs, pour éviter l'émiettement excessif, causé par les outils versants.			
Engrais phosphaté	92 unités/ha	92 unités/ha	46 unités/ha	92 unités/ha
Engrais potassique	50 unités/ha	50 unités/ha	50 unités/ha	50 unités/ha
Reprises du labour et hersage	sont des opérations indispensables pour la préparation d'un bon lit de semences			
Densité de semis	Blé dur : 130-160 kg/ha (pour un peuplement de 300 à 350 plants/m ²) Blé tendre : 150-180 kg/ha (pour un peuplement de 300 à 350 plants/m ²)	Blé dur : 115-130 kg/ha (pour un peuplement de 250 à 300 plants/m ²) Blé tendre : 120-150 kg/ha (pour un peuplement de 250 à 300 plants/m ²)	Blé dur : 92-115 kg/ha (pour un peuplement de 200 à 250 plants/m ²) Blé tendre : 100-120 kg/ha (pour un peuplement de 200 à 250 plants/m ²)	Blé dur : 180 kg/ha pour un peuplement de 350 à 400 plants/m ² Blé tendre : 180 kg/ha pour un peuplement de 350 à 400 plants/m ²
Période de semis	octobre-novembre	octobre-novembre	mi octobre- mi décembre	Mêmes périodes qu'en pluvial selon la zone
Roulage	Le plombage est très recommandé après le semis pour réduire les pertes à la levée.			
Désherbage	Effectuer un désherbage précoce et raisonné (choix du produit en fonction de l'adventice dominante).			
Engrais azoté	92 unités/ha	66 unités/ha	66 unités/ha	92 à 138 unités/ha selon la zone
Lutte contre les maladies et ravageurs	Privilégier la lutte préventive, en utilisant les fongicides et/ou insecticides appropriés en végétation ou en traitement des semences.			
Epuration (en production de semences)	Opération indispensable pour réduire les taux de refus en végétation.			
Irrigation	En conditions de sécheresse après semis, apporter 1 irrigation de 20 mm pour favoriser la germination et la levée. En printemps sec, 3 irrigations de 30 à 40 mm chacune durant les phases critiques de développement du blé.			
Récolte	La période de la récolte diffère selon les variétés et la région. Il est préconisé de récolter en combinant le stade optimum de maturité avec une humidité du grain comprise entre 13% et 15% et un bon réglage de la moissonneuse batteuse. La récolte tardive pénalise fortement les rendements, il est donc conseillé de l'effectuer dans un délai très court afin d'éviter la sur maturité et la perte par égrenage.			

I.1.6. 2. Les zones céréalières en Algérie

La céréaliculture regroupe en fait un certain nombre de «cultures» dont les blés, les fourrages, etc. Sur le plan spatial et cartographique, ce type d'occupation est dominant notamment dans la partie Nord du pays et s'étire d'Est en Ouest en passant par les wilaya dites céréalières (MADR, 2006) telles que : Tlemcen, Sidi Bel Abbès, Saïda, Ain Témouchent, Mostaganem, Mascara, Tiaret, Relizane, Chlef, Ain Defla, Djelfa, Médéa, Bouira, Bordj Bou Arrerridj, Sétif, Mila, Constantine, Guelma, Batna, Oum El Bouagui, Khenchella, Souk Ahras et Tébessa (Fig. 2).

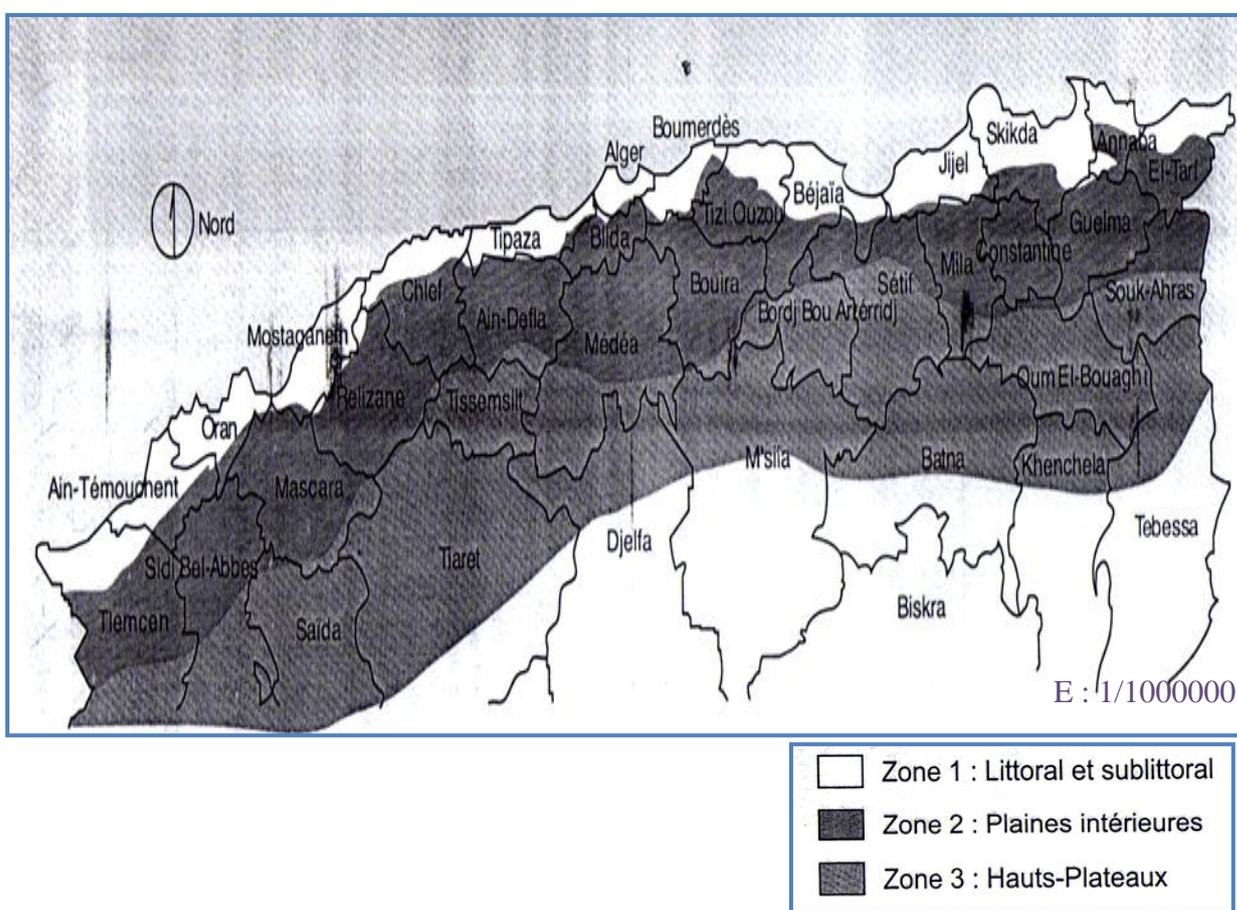


Fig. 2 : Localisation des aires de production des céréales en Algérie (BOUFENAR-ZAGHOANE et ZAGHOANE, 2006).

I.1.6. 3. Aperçu sur la situation actuelle de la production céréalière en Algérie

En Algérie la céréaliculture est pratiquée sur l'ensemble du territoire national. Elle occupe environ 80 % de la surface agricole du pays (TALAMALI, 2004). En 2009, le blé dur représente plus de 40% de la sole céréalière (OAIC, 2010). Les moissons de l'année 2009, dépassent les 61 millions de quintaux, dont 24,3 millions de quintaux de blé dur, 11,3 millions de quintaux de blé tendre et 24 millions de quintaux d'orge avec 8 millions de quintaux représentent les stocks d'orge dont dispose l'Algérie (OAIC, 2010).

I.1.6. 4. Les contraintes de la céréaliculture en Algérie

La production nationale se caractérise par une variabilité interannuelle très importante, Les faibles rendements des céréales en Algérie ont été attribués à l'aridité du climat. Ce dernier est un important facteur limitant de la production céréalière. D'autres facteurs limitent également le développement, ils sont liés au sol, au végétal ou à la manière dont les cultures sont conduites, aux différentes parasites, ravageurs et maladies (BOULAL *et al.*, 2007).

I.1.6.4. 1. Quelques facteurs abiotiques (climatiques : précipitations)

La culture des céréales dans le Maghreb est pénalisée par la faiblesse des précipitations, leur irrégularité et une évapotranspiration élevée. Ceci occasionne des déficits hydriques à différents stades de la culture (BOULAL *et al.*, 2007). Les périodes de sensibilité au stress hydrique sont les périodes critiques où l'intervalle du cycle biologique où la plante présente la plus grande sensibilité envers l'eau (Fig. 3).

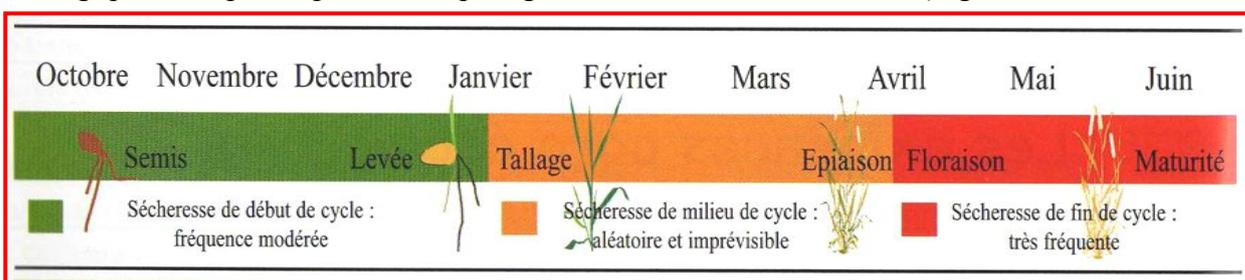


Fig. 3 : Représentation schématique des types de sécheresse et leur place dans le cycle de développement des céréales d'automne en zone semi-aride au Maghreb (BOULAL *et al.*, 2007).

I.1.6.4. 2. Les facteurs biotiques

I.1.6.4.2. 1. Les insectes ravageurs des céréales au champ

Le tableau 2 récapitulatif de quelques insectes ravageurs des céréales au champ dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie) (ACTA, 1990; BOULAL *et al.*, 2007).

I.1.6.4.2. 2. Les maladies des céréales au champ

Les maladies constituent une des contraintes majeures pour la céréaliculture dans la méditerranée (Tableau 3) (ACTA, 1990; BOULAL *et al.*, 2007; AOUALI *et* DOUICI-KHALFI, 2009).

Tableau 2 : Quelques insectes ravageurs des céréales au champ dans le Maghreb (plusieurs auteurs).

Insecte	Symptômes et dégâts	Photos
La cécidomyie des céréales ou mouche de Hesse (<i>Mayetiola destructor</i>) sur les blés, (<i>M. hordei</i>) sur l'orge.	<p>Sur les jeune plantes : restent naines</p> <p>Sur les feuilles : coloration vert foncé puis jaunissent et se dessèchent au fur et au mesure. A des stades précoces (stade 1 feuille), les plantes peuvent être complètement détruites. En arrachant un pied attaqué par la cécidomyie, on constate un gonflement au niveau du collet, on découvre souvent la présence des pupes.</p>	 <p>Larve à l'intérieur d'une tige de</p>  <p>Stade adulte</p>
Les pucerons du blé (<i>Rhopalosiphum padi</i>), (<i>Schizaphis graminum</i>), (<i>Sitobion avenae</i>) et le puceron russe	<p>Sur les feuilles : Apparition des taches blanches. Les feuilles et les épis sont recouverts par une couche luisante ayant une sensation visqueuse et une présence des fourmis (due à la sécrétion du miellat par les pucerons).</p>	<p>Colonie sur feuille</p>  <p>Puceron russe</p> 

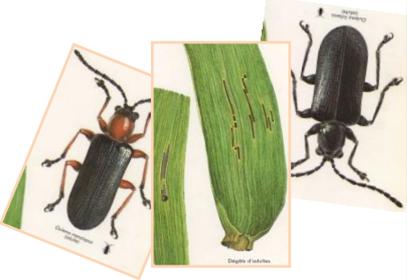
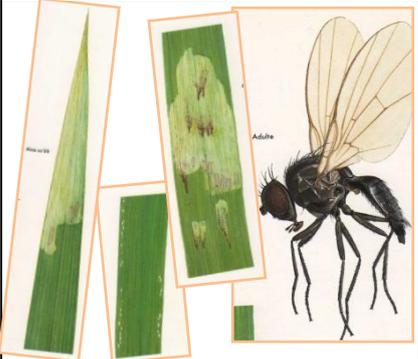
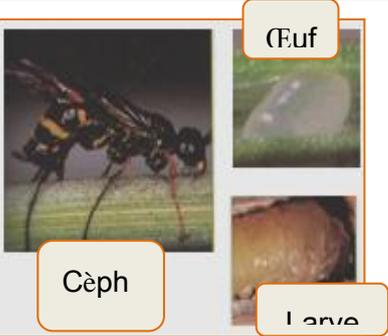
<p>Les punaises du blé (<i>Aelia germari</i>), (<i>A. cognata</i>) et (<i>A. acuminata</i>).</p>	<p>Sur les feuilles : nécroses puis un jaunissement et un dessèchement, Sur les tiges : formation d'épis blancs avec des glumes ne portant pas de grains.</p>	 <p>Punaise sur épis du blé Œufs et nymphe</p>
<p>Criocères des céréales <i>Oulema lichenis</i> <i>O. menalopus</i></p>	<p>Les dégâts d'adultes se présentent sous forme de 1 à 3 cm, entre les nervures, avec perforation complète du limbe. Transmis des viroses.</p>	
<p>La mineuse des céréales <i>Agromyza sp</i></p>	<p>Sur feuille : formation des mines, puis le dessèchement des parties attaquées.</p>	
<p>La cèphe des chaumes (<i>Cephus sp.</i>)</p>	<p>La verse des tiges. Les larves pénalisent le nombre de grains par épi et le remplissage de grains.</p>	 <p>Cèph Œuf Larve</p>

Tableau 3 : Les maladies des céréales au champ en Algérie (plusieurs auteurs).

Maladie	Symptômes et dégâts
Carie	Stade épiaison : plantes courtes, l'épi semble aplati et les grains correspondent à une masse noirâtre dont le contenu est une poudre brunâtre et s'écrasent facilement
Charbon couvert	Stade épiaison : présence des spores noirâtres sur le contenu des grains
Charbon des feuilles	- Apparition de longues stries pulvérulentes noires sur les limbes. Les plantes attaquées restent naines et déformées.
Charbon nu	Stade épiaison : les épis atteints sont totalement détruits et donnent l'impression d'être brûlés ou calcinés.
Pourritures racinaires (fusarioses)	Des manques à la levée suivis par des fontes de semis : déterrants la semence on observe que le caryopse est nécrosé. Un piétin : brunissement de la partie supérieure des racines et lésion nécrotique du collet → nécroses au niveau du plateau de tallage. Dessèchement précoce des épillets ou de l'épi entier.
Piétin échaudage	Les premiers stades : Nécroses des racines La phase végétative : jaunissement des feuilles. Plantes chétives. Floraison : couleur blanchâtre des épis avant la récolte.
Maladie	Symptômes et dégâts
Oïdium	Sur blé : touffes blanches à la surface des feuilles → taches grisâtres avec des petits points noirs. Sur orge : coloration jaune des feuilles → feutrage blanc.
Septoriose	- Sur feuilles : des nécroses allongées de taille et formes variables et de couleurs brun rougeâtre → gris-claire, délimitées par des nervures. Des pycnides sous forme de ponctuations noires se développent en largeur sur les taches. - Sur grains et épis : taches ovales de couleur jaunâtre → couleur marron brunâtre.

Rouilles jaunes	La face sup. des feuilles : pustules de couleur jaune à orange alignées en stries entre les nervures du limbe. - Sur la tige : stries avec amas de spores.
R. brunes	La face sup. des feuilles : pustules (spores) arrondies de couleur orange ou brunatre.
R. noires	Sur feuilles, tige, épis : pustules (urédospores) de couleur brun-roux.
Taches bronzée	sur blé*: taches nécrotique ovales sur les feuilles. Présence des nécroses brune foncé au centre de la lésion chlorotique.
Strie foliaire	Sur orge* : 1 à 2 mois après le semis, des stries longitudinales jaunes – pâle parallèle aux nervures commencent à apparaître à la base des feuilles puis progressivement vers les extrémités. Les plantes chétives. Les feuilles se flétrissent, se dessèchent et puis se retombent.
L'ergot	Floraison : après la sortie des anthères, une goutte sirupeuse perle à l'extérieur des enveloppes florales.
Rayure réticulée	Sur orge* : dès stade 3 feuilles, des lésions ou taches brunes → rayures brunes foncées. L'ovaire, visible en écartant ces enveloppes, est recouvert d'un feutrage blanc, puis, entre les glumelles, apparaît une masse blanchâtre puis une masse noire violacée
Jaunisse nanisante (maladie virale)	Rabougrissement des plantes accompagné d'un jaunissement de la pointe des feuilles et qui se prolonge par la suite vers la base. Tallage réduit. Sur l'orge : feuilles jaunes brillantes et enroulées. Sur le blé : feuilles rouge sombre, poupre ou jaune.

* : Spéciale à cette culture. → : Leur devenir.

I.1.6.4.2. 3. Les mauvaises herbes

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

En Algérie selon HAMADACHE *et al.*, 2007, les principales espèces rencontrées dans les blés sont : l'avoine: *Avena sativa*, le ray-grass: *Lolium multiflorum* et le liseron: *Convolvulus arvensis* (Fig. 4).

I.1.6.4.2. 4. Autres ennemis

I.1.6.4.2.4. a. Les nématodes

En Algérie, les nématodes à kyste du genre *Heterodera* (deuxième chapitre) et les nématodes des lésions racinaires *Pratylenchus sp* (Fig. 5) peuvent provoquer des baisses importantes de rendement (MOKABLI, 2002; TRABELSI, 2009).

I.1.6.4.2.4. b. Les oiseaux

En Algérie, les régimes trophiques de 450 espèces présentes appartiennent à 2 grands groupes, les uns basés sur l'ingestion de matières végétales et les autres sur les substances animales (DOUMANDJI *et al.*, 2010). Ces études montrent que parmi les espèces d'oiseaux phytophages, le moineau domestique *Passer domesticus*, le moineau espagnol *Passer espaniolensis* (Fig. 6) et le moineau hybride (*Passer domesticus* x *Passer espaniolensis*) consomment les graminées par excès et causent des pertes économiques très importantes sur les cultures céréalières (DOUMANDJI et DOUMANDJI-MITICHE, 1994; DOUMANDJI *et al.*, 2010; KOUDJIL, 2010; OULD RABAH *et al.*, 2010).

I.1.6.4.2.4. c. Les rongeurs

En Algérie, les rongeurs et plus particulièrement *Meriones shawi* (Fig. 7) peut provoquer des pertes allant de 10 à 50 % des récoltes céréalières, soit l'équivalent de 4 quintaux à l'hectare (DJELAILA *et al.*, 2010).

Classe des monocotylédones



Folle-avoine



Chiendent



Phalaris



Brome



Ray-Gras

Classe des dicotylédones



Renouée des oiseaux



Carotte sauvage



Moutarde des champs



Liseron des champs



Chénopode blanc



Coquelicot



Chrysanthème



Faux-fenouil

Fig. 4 : Les mauvaises herbes des céréales en Algérie (INPV., 2012a).



Fig. 5 : Nématode filiforme: Pratylenchus (Trabelssi, 2009)



Fig. 6 : Moineau espagnol : *passer hispaniolensis* (INPV., 2009).



Fig. 7 : La mérione de shaw : *Meriones shawi* (INPV., 2012b).

I. 2. Généralités sur le nématode à kystes des céréales *Heterodera avenae*

Les nématodes ou "vers ronds" sont des invertébrés les plus omniprésents sur terre, habitent pratiquement chaque environnement, (RAMADE, 2003; GAUGLER et BILGRAMI, 2004). Les nématodes sont métazoaires les plus abondants (BERNARD E. C., 1992), avec un nombre total estimé de million d'espèces (LAMBSHEAD, 2004). Quatre sur tous les cinq métazoaires sont des nématodes, seuls 100 g de sol typiquement logeront 3000 individus (GAUGLER et BILGRAMI, 2004). Avec 1 million d'espèces environ, seulement les insectes rivalisent les nématodes dans la biodiversité (DENNIS *et al.*, 2004; GAUGLER et BILGRAMI, 2004 LAMBSHEAD, 2004). Cependant, environ 17 % des espèces sont des parasites des plantes (MATEILLE, 2012). Sur les 27000 espèces 4500 espèces phytoparasites (MATEILLE, 2012). Les pertes annuelles de récolte mondiale évaluées à 85 milliards de dollars (RAVICHANDRA, 2008 in ABDOLLAHI, 2010)., dont 8 milliards de dollars aux Etats-Unis (BARKER *et al.*, 1998). En 2001, MCCARTER, 2009 in EYUALEM *et al.*, 2011 prévue une perte totale globale de 118 milliards \$ pour l'année 2001.

Les nématodes phytophages se subdivisent en : ectoparasite ; ectoparasite migrateur ; ectoparasite sédentaire; endoparasite migrateur; endoparasite sédentaire et la catégorie de semi-endoparasite. *Heterodera avenae* est un endoparasite sédentaire des céréales à pailles et du maïs. Sa description fut détaillée par WOLLNWEBER en 1924. Ce nématode a longtemps porté le nom d' *H. major* à cause de la longueur caractéristique de sa larve de deuxième stade. Ce n'est qu'en 1953 que RITTER a identifié et en 1959, le nom d' *H. avenae* fut définitivement adopté (RITTER, 1982). Cette espèce est actuellement la plus redoutable sur céréales (RIVOAL *et al.*, 1984). *H. avenae* est une espèce particulièrement ubiquiste.

I.2.1. Position systématique

Le nématode de kyste de céréale (NKC) est un groupe composé de 12 espèces qui infecte les céréales, les graminées et les mauvaises herbes, parmi lequel *H. avenae*.

La classification des nématodes est basée essentiellement sur les critères morphologiques, biométriques des kystes : forme générale couleur, taille (ROMERO, 1982 ; RIVOAL et COOK, 1993), surtout le cône vulvaire (SHEPHERD et al., 1973) et le stylet de la larve de deuxième stade (STONE, 1977; WOUTS et al., 1995).

Selon Stone (1977); BACHELIER (1978) et REDDY (1983), *H. avenae* occupe la position systématique suivante (Tableau. 4).

Règne : Animal

Sous Règne : Métazoaires

Embranchement : Némathelminthes

Sous Embranchement : Nématodes

Classe : Nematoda

Sous Classe : Secernentea

Ordre : Tylenchida

Sous Ordre : Tylenchina

Super Famille : Heteroderoïdea

Famille : Heteroderidae

Sous Famille : Heteroderinae

Genre : *Heterodera*

Espèce : *Heterodera avenae* (WOLLNWEBER, 1924).

Tableau 4 : Position systématique d' *H. avenae*.

I.2.2. Répartition géographique d' *H. avenae*

I.2.2. 1. Dans le monde

Il est réparti dans les régions céréalières tempérées du monde entier (RIVOAL et COOK, 1993; NICOL 2002; NICOL *et al.*, 2003). *Heterodera avenae* se reproduit dans l'Afrique du Nord, l'Amérique, l'Asie, l'Australie et la plupart des pays européens (MEAGHER, 1977; BALDWIN et MUNDO-OCAMPO, 1991; RIVOAL et COOK, 1993 ; NICOL *et al.*, 2007). Le tableau 5 et la figure 8 résument respectivement la distribution de cette espèce dans le monde et sa découverte par ordre chronologique.

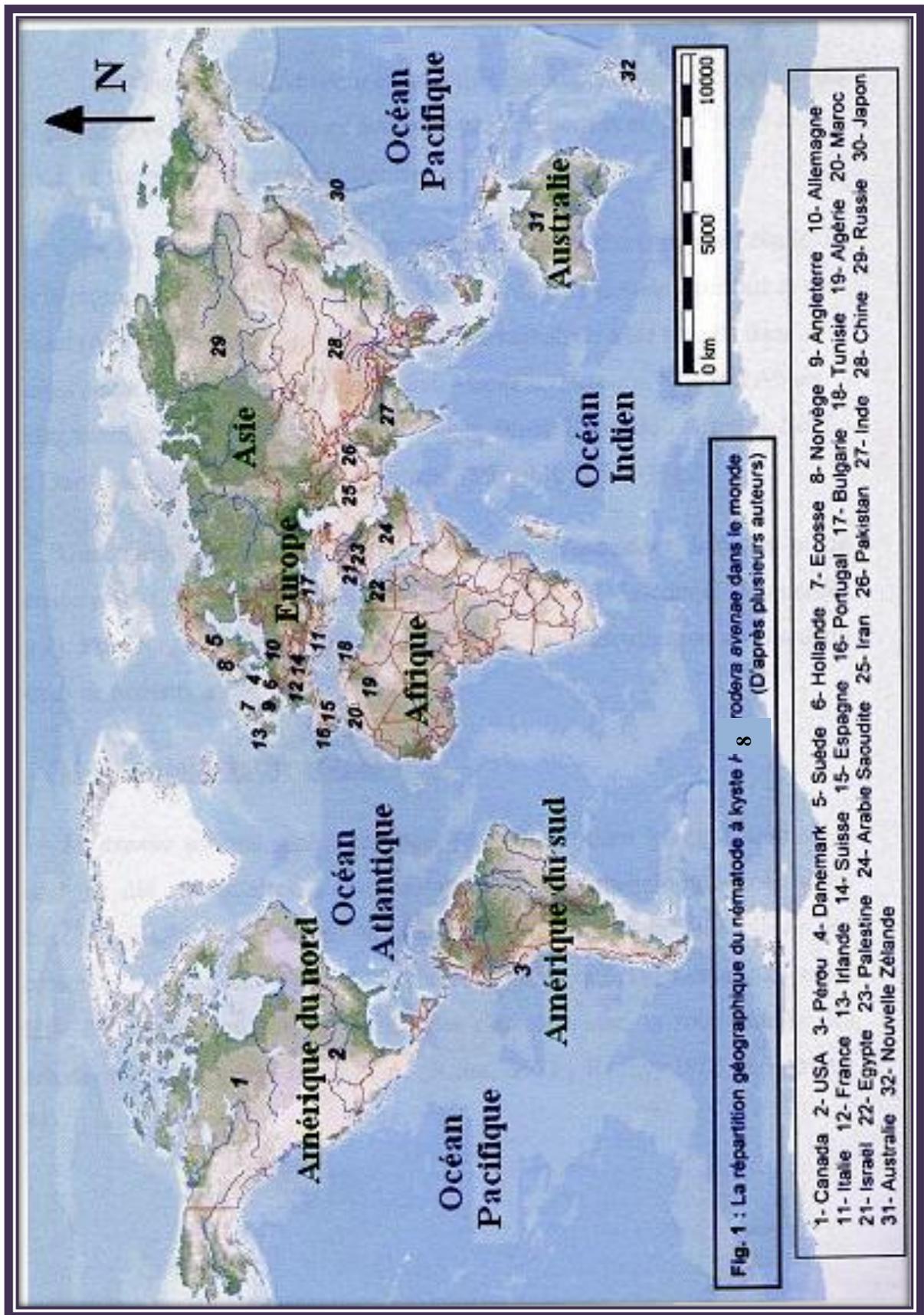
I.2.2. 2. En Algérie

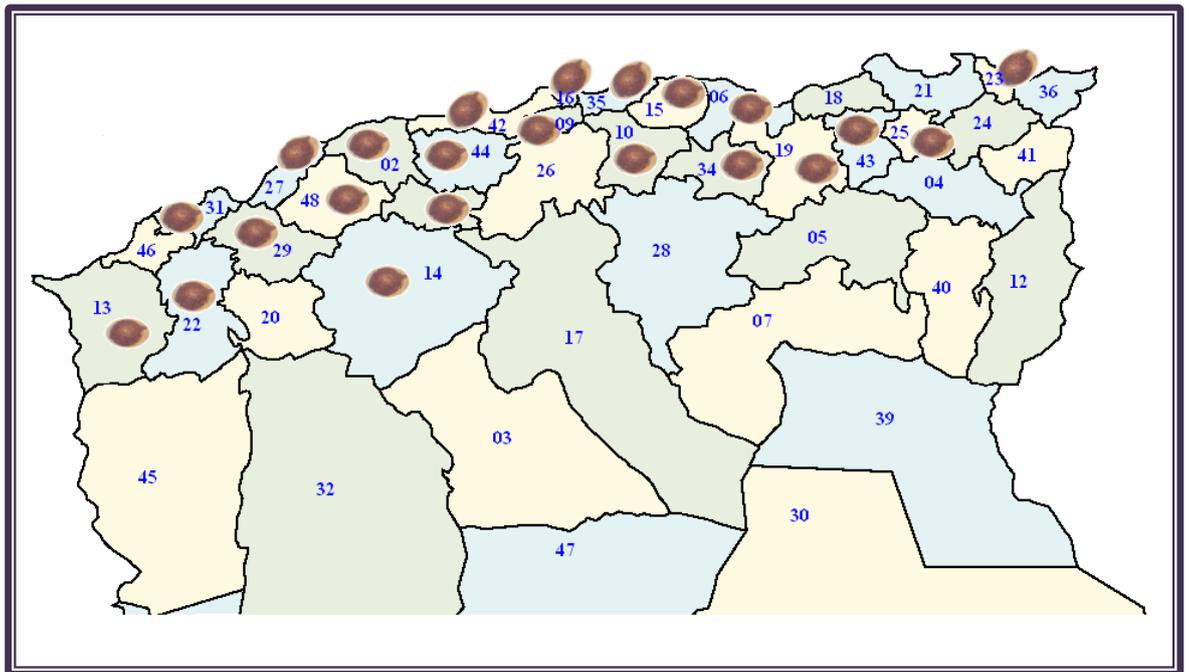
Cette espèce fut découverte par SCOTTO DE LA MASSESE en 1961, (tableau 4), suivi par LAMBERTI en 1975 qui a signalé sa présence à Birtouta sur l'orge et à Sidi Bel Abbes et à El Amra sur le blé. Les études ont été reprises en 1992 où il a été mis en évidence dans la région de Djendel par LOUNIS, puis par FERHAOUI (1993) à (Hoceinia, Djendel) dans la wilaya de Ain Defla.

D'après les travaux réalisés par plusieurs chercheurs algériens depuis 1993 jusqu'à présent, ce nématode a été recensé dans d'autres régions céréalières (MOKABLI, 2006). La figure 9 montre les principales régions où sévit ce parasite.

Tableau 5 : Chronologie de la découverte d'*Heterodera avenae* dans le monde.

<i>Ordre</i>	<i>Pays</i>	<i>Année (1)</i>	<i>Découverte (2)</i>	<i>Références</i>
1	Allemagne	1874	KUHN	CAUBEL <i>et al.</i> (1980), (1,2) RITTER, (1982), (1,2) MULVEY ET GOLDEN,(1983), (1,2) MESKINE ET ABBAD, (1993), (1,2)
2	Hollande	1891	-	SACRISTAN <i>et al.</i> (1983), (1)
3	Danemark	-	-	SACRISTAN <i>et al.</i> (1983), (1)
4	Suisse	-	-	SACRISTAN <i>et al.</i> (1983), (1)
5	Suède	-	-	SACRISTAN <i>et al.</i> (1983), (1)
6	Angleterre	1908	THEOBAD	RITTER,(1982), (1,2)
7	Tunisie	1925	PAGLIANO	RITTER,(1982), (1,2)
8	Norvège	1926	SCHOYEN	RITTER,(1982),(1,2)
9	Australie	1930	DAVIDSON	MEAGHER, (1970), (1,2) SACRISTAN <i>et al.</i> , (1983), (1)
10	Canada	1935	Putman et Thorne	RITTER, (1982), (1,2)
11	URSS	1941	KIRJANOVA	RITTER, (1982), (1,2)
12	Ecosse	1946	Cameron et Dunn	RITTER, (1982), (1,2)
13	Irlande	-	Cameron et Dunn	RITTER, (1982), (1,2)
14	Maroc	1951	FRANKLIN	MESKINE <i>et ABBAD</i> , 1993, (1,2)
15	Espagne	-	DOMÍNGUEZ <i>et</i> GARCIA-TEJERO	RITTER, (1982), (1,2)
16	France	1953	RITTER	RIVOAL, (1973), (1,2) CAUBEL <i>et al.</i> (1980), (1,2)
17	Italie	-	MEZETTI	RITTER, (1982), (1,2)
18	Japon		ICHINOE	SACRISTAN <i>et al.</i> (1983), (1)
19	Palestine	-	-	SACRISTAN <i>et al.</i> , (1983), (1)
20	Pérou			SACRISTAN <i>et al.</i> , (1983), (1)
21	Inde	1959	PRASAD <i>et al.</i> ,	REDDY, (1983), (1,2) SACRISTAN <i>et al.</i> (1983), (1)
22	Algérie*	1961	SCOTTO LA MASSESSE	SCOTTO LA MASSESSE, (1961), (1,2) RITTER, (1982), (1,2)
23	Portugal	1963	-	SACRISTAN <i>et al.</i> (1983), (1)
24	Bulgarie	1967	STOYANOV	RITTER, (1982), (1,2)
25	Nouvelle Zélande	1975	-	SACRISTAN <i>et al.</i> (1983), (1)
26	U.S.A	1978	JENSEN <i>et al.</i> ,	RITTER, (1982), (1,2) MILLER, (1986), (1,2)
27	Iran	1980	BAROOTI	AL-HAZMI <i>et al.</i> (1994), (1,2)
28	Pakistan	1986	MAQBOOL	AL-HAZMI <i>et al.</i> (1994), (1,2)
29	Egypte	1991	IBRAHIM <i>et al.</i> ,	AL-HAZMI <i>et al.</i> (1994), (1,2)
30	Chine	1992	MINGZU <i>et</i> JIAKUN	MINGZU <i>et</i> JIAKUN, (1993), (1,2)
31	Arabie Saoudite	-	AL-HAZMI	AL-HAZMI <i>et al.</i> (1994), (1,2)





H. avenae

E : 1/ 2000000

Fig. 9 : Distribution du nématode à kystes *H. avenae* des céréales en Algérie (FERHAOUI, 1993 ; LOUNIS, 1993; LABDELLI, 1995; MOHAMED MEZIANI, 1996; SMAHA en 1998; MOKABLI, 2002; OUANIGHI, 2004; OUDDENE, 2010).

I.2.3. Importance économique

H. avenae est le nématode qui cause le plus de dégâts aux cultures céréalières, par sa répartition géographique et sa gamme d'hôtes (RITTER, 1982, SMILEY R. W., 2009) dans les régions plus au moins tempérés (NICOL J. M.et RIVOAL R., 2007). Le tableau 6 résume les estimations des pertes des céréales dues à *H. avenae* dans quelques pays du monde.

Tableau 6 : Importance économique des pertes céréalières dues au *H. avenae*

Pays	Les pertes céréalières	Références
Inde	100% de production	VAN BERKUM J.A. et SESHADRI A.R., 1970.
	32 % de production	SINGH <i>et al.</i> , 1980.
USA	360 Millions d’ha.	FELDMESSER <i>et al.</i> , 1971 in RITTER, 1973.
	50% de production	SMILEY <i>et al.</i> , 1994
Australie	20 à 40% de production	MEAGHER et BROWN, 1974.
Canada	50 % de production	CAUBAL <i>et al.</i> , 1980.
Russie	30 à 50% de production	SHIABOVA, 1982.
Angleterre	30 à 40 % de production	REDDY, 1983.
Sud de la France	5 à 10 % de production	RIVOAL <i>et al.</i> , 1990.
Italie	2.6 milliards de Lire italienne	GRECO <i>et al.</i> , 1993.
Maroc	40 à 50% de production	RAMMAH, 1994.
Arabie Saoudite	40 à 92% de Production	IBRAHIM <i>et al.</i> , 1999.
Idaho, Oregon et Washington	21,000 T équivalent de 3.4 million \$	SMILEY R. W., 2009.
Chine	20 à 30% de production	PENG D., <i>et al.</i> , 2009.
Iran	48% de production	HAJIHASANI A., 2010.

I.2.4. Morphologie et Biométrie

Selon RIVOAL *et al.*, 1978, *H. avenae* est un nématode à kyste présentant un dimorphisme sexuel prononcé à l'état adulte (Fig. 10, 11 et 12).

I.2.4. 1. Les œufs

D'après WILLIAMS et SIDDIQI en 1972, les œufs d' *H. avenae* Mesurent 126 µm de longueur et 56 µm de largeur. Ils sont hyalins, lisses et de forme ovale (VOLVAS, 1985). On les trouve renfermés dans le corps de la femelle adulte transformée en kyste (SCHNEIDER, 1965; SACRISTAN *et al.*, 1983).

I.2.4. 2. Les larves

I.2.4.2. 1. Les larves du 1^{er} stade (L₁)

Immobiles et rudimentaires, elles sont contenues dans l'œuf pliées en quatre (WILLIAMS et SIDDIQI, 1972).

I.2.4.2. 2. Les larves du 2^{ème} stade (L₂) (Fig. 12. A.)

Mobiles et migratrices (SHEPHARED *et al.*, 1972), elles représentent le stade infestant (WOUTS, 1972; PERSON-DEDRYVER, 1989), munies à leur partie antérieure d'un stylet buccal puissant, dont il possède l'un des critères d'identification (WOUTS, 1985). D'après NOBBS en 1989, elles sont vermiformes.

I.2.4.2. 3. Les larves du 3^{ème} et du 4^{ème} stade (L₃ et L₄)

Elles sont Sédentaires et gonflées avec une queue courte à la partie postérieure et un stylet buccal à la partie antérieure (WOUTS, 1985). Une seule différence existe entre elles, les L₄ ont un anus terminal (WOUTS, 1985).

I.2.4. 3. Le mâle

Le mâle est mobile et migrateur (SHEPHARED *et al.*, 1973; PERSON-DEDRYVER, 1989). Filiforme, il mesure 1,5 mm (RIVOAL *et al.*, 1978) et possède une paire de spicules d'une longueur de 35 à 36 µm (VOLVAS, 1985) qui jouent un rôle lors de la copulation (PERSON-DEDRYVER, 1989) (Fig. 11).

I.2.4. 4. La femelle

Sédentaire (WOUTS, 1972; STONE et HILL, 1982), globuleuse, sphérique ou citriforme, elle est de 0.5 à 0.8 mm de longueur et 0.4 à 0.6 mm de largeur (SCHNEIDER, 1965; WILLIAMS et SIDDIQI, 1972; RIVOAL, 1973 et RIVOAL *et al.*, 1978; RIVOAL et COOK, 1993). 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; MULVEY et GOLDEN, 1983 et WOUTS, 1985).

La femelle assure la ponte, puis elle se transforme en un kyste brun (NOBBS, 1989) bourré d'œufs (SCHNEIDER, 1965 ; RIVOAL, 1973 ; DE GUIRAN, 1983 ; REDDY, 1983 et PERSON-DEDRYVER, 1989) (Fig. 10, 11).

I.2.4. 5. Le kyste

Le kyste est une forme de résistance. C'est le corps de la femelle adulte dont la cuticule subit un tannage quelques semaines après sa mort, puis durcit et devient rugueuse, elle se présente en zigzag (WILLIAMS et SIDDIQI, 1972; RIVOAL, 1973 ; BACHELIER, 1978 ; DE GUIRAN, 1983; VOLVAS, 1985 et NOBBS, 1989). Son rôle est principalement protecteur (Shepherd *et al.*, 1972). Cependant, WILLIAMS et SEDDIQI (1972) rapportent que le kyste contient de 200 jusqu'à 600 œufs.

La forme, la taille et la couleur du kyste sont fortement variées d'une population à l'autre (MOKABLI, 2002). Il est généralement citriforme, dont sa largeur s'étale de 412 à 555 μm et sa longueur varie de 618 μm jusqu'à 823 μm , de couleur brun foncé (ANDERSON, 1968; RIVOAL, 1973 ; REDDY, 1983 ; RIVOAL et SARR, 1983 ; SACRISTAN *et al.*, 1983; VOLVAS, 1985 et NOBBS, 1989, MOKABLI, 2002, OUDDENE, 2010). Le kyste est constitué d'un cou, d'un cône vulvaire dont les coupes sont faites afin de déterminer les espèces d'*Heterodera* (VOLVAS, 1985; NICKLE et WILLIAM, 1991) (Fig. 10.A).



Fig. 10 : Kystes d'*Heterodera avenae* (Riley *et al.*, 2009).

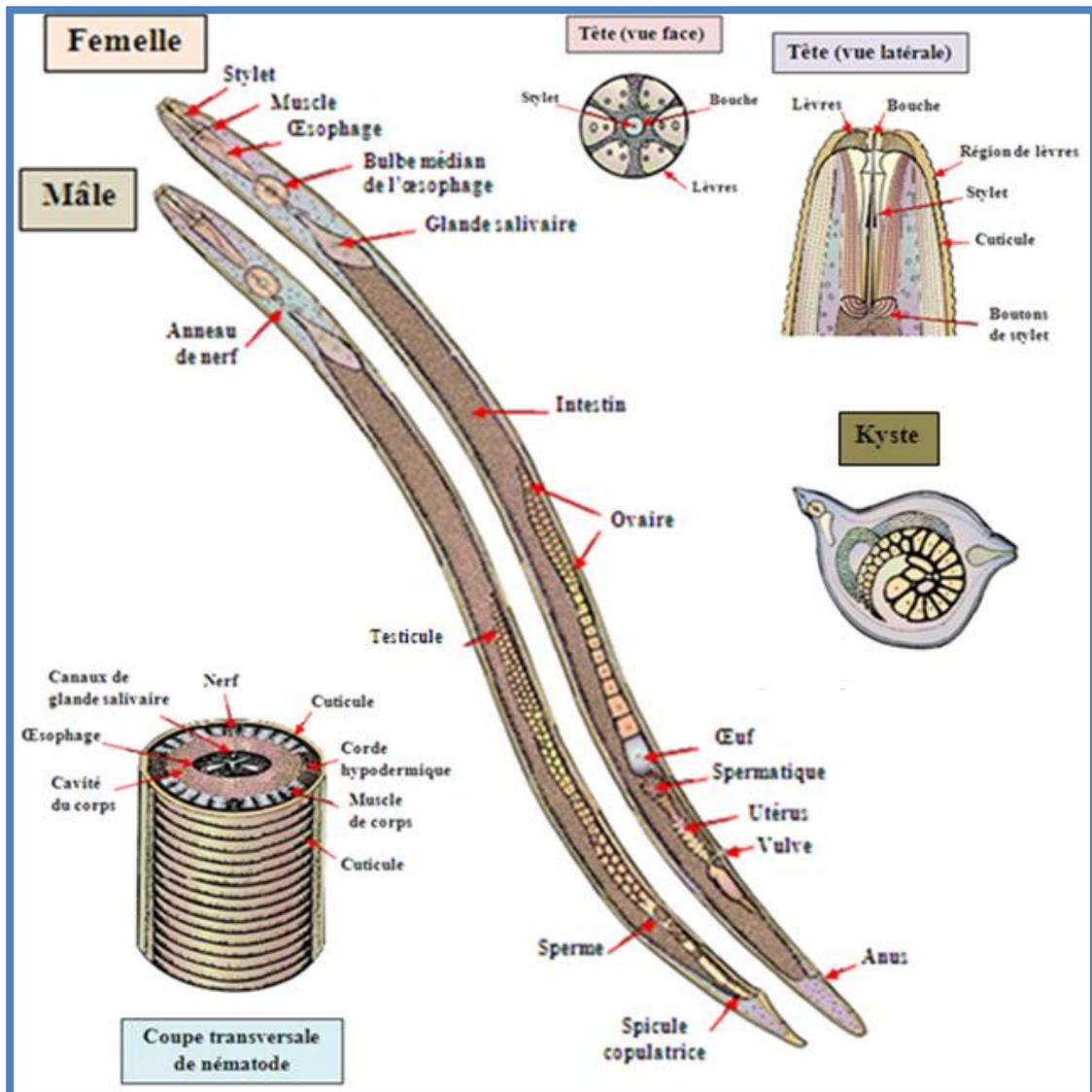


Fig. 11 : Morphologie du nématode parasite des plantes.
(AGRIOS, 2005 (modifié)).

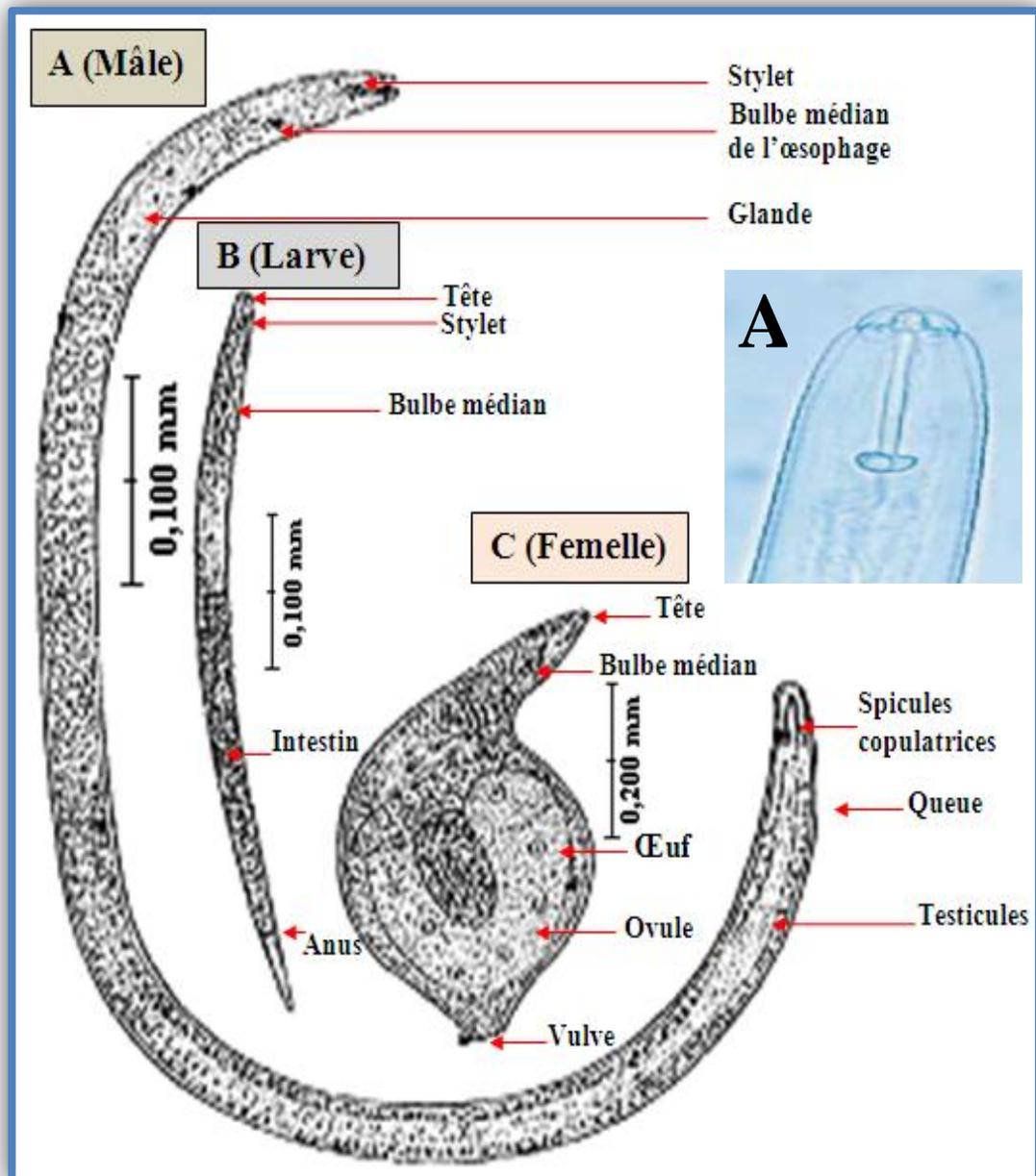


Fig. 12 : Morphologie du nématode à kyste *Heterodera avenae* (TAYLOR, 1968).

A. Tête et stylet de larve de 2^{ème} stage d'*Heterodera avenae* (Riley *et al.*, 2009).

I.2.5. Critères d'identification

I.2.5. 1. Critères morphologiques

La taxonomie des nématodes à kystes est basée principalement sur les caractéristiques morphologiques du kyste mûr et certains critères des larves de 2^{ème} stade (tableau 7).

I.2.5.1. 1. Le cône vulvaire

*Selon HEISLING (1978) et REDDY (1983), le cône vulvaire est une proéminence de la partie postérieure du kyste d'*Heterodera*. Les observations microscopiques de la région périnéale portent essentiellement sur les structures qui la constituent telles que la présence ou l'absence du bullae et du pont vulvaire, la longueur de la fente vulvaire et la distance qui la sépare de l'anus et la forme des fenestrae (VOLVAS, 1985).*

I.2.5.1. 2. La vulve

*C'est le gonopore femelle, c'est-à-dire l'ouverture externe de l'appareil reproducteur femelle (REDDY, 1983). La vulve chez *H. avenae* est courte (<16µm) (MULVEY et GOLDEN, 1983 et BALDWIN et MUNDO-OCAMPO, 1991).*

I.2.5.1. 3. Les fenestrae

*Ce sont des ouvertures similaires à des fenêtres présentes dans le cône vulvaire d'*Heterodera* (REDDY, 1983). Lorsqu'un cône vulvaire présente une ouverture unique en cercle, il est circumfenestré. Quand il présente deux ouvertures en demi-cercle, il est dit ambifenestré.*

I.2.5.1. 4. Le pont vulvaire

C'est la partie qui fait le lien entre les semi-fenestrae du cône vulvaire (REDDY, 1983). Il est absent chez les vieux kystes (HEISLING, 1978).

I.2.5.1. 5. Les bullae

Les bullae sont des structures dentées localisées à l'intérieur du cône vulvaire près du sous-pont ou des fenestrae (REDDY, 1983).

I.2.5. 2. Critères biochimiques et moléculaires

*Les espèces d'*Heterodera* sont différenciées entre eux par de petits caractères ce qui rendre l'identification basé sur les critères morphologiques très difficiles et non fiables, (SUBBOTIN *et al.*, 2003). Plusieurs techniques biochimique et moléculaire ont été employées pour la séparation d'espèces et populations de ce complexe montrées des résultats attirants (EYUALEM *et al.*, 2011). Électrophorèse sur gel (FERRIS *et al.*, 1994; BOSSIS et RIVOAL, 1996; ROMERO *et al.*, 1996 MOKABLI *et al.*, 2001a), analyse de polymorphisme d'enzymes (BERGE *et al.*, 1981; IBRAHIM et ROWE, 1995; ANDRES *et al.*, 2001), RFLP d' ITS-rDNA et PCR (BEKAL *et al.*, 1997; SUBBOTIN *et al.*, 1999 ; RAO *et al.*, 2013).*

Tableau 7 : Les critères de détermination des nématodes à kystes (d'après plusieurs auteurs).

Critères de détermination		Références	
Le stade de nématode	Le kyste	<ul style="list-style-type: none"> - La forme générale, la taille et la couleur (les mesures biométriques). - L'anatomie du cône vulvaire - la partie périnéale (les caractères morphologiques). 	ANDERSON, 1968; RITTER, 1971; BALDWIN et MUNDOOCAMPO, 1991 ZAFAR et HANDOO, 2002. ANONYME, 1970; COOK (1982); NOBBS (1989); ZAFAR et HANDOO, 2002.
	Les larves de 2^{ème} stade	<ul style="list-style-type: none"> - La longueur du corps, - Le stylet et la forme des boutons basaux, - La longueur de la queue. 	ROMERO, 1982; STURHAN, 1982; RIVOAL et COOK, 1993; BEKAL, 1997; ZAFAR et HANDOO, 2002.
	La femelle	<ul style="list-style-type: none"> - Polymorphisme enzymatique et de l'ADN (l'analyse biochimique; la biologie moléculaire, ...etc.). 	BURROWS, 1990; BOSSIS, 1991; HOELZEL, 1992 ; CASTAGNOME <i>et al.</i> , 1994; IBRAHIM <i>et al.</i> , 1994; LI <i>et al.</i> , 1996; MOKABLI <i>et al.</i> , 2001a.
La plante hôte.	<ul style="list-style-type: none"> - La gamme d'hôtes (les hôtes différentiels) 	MOKABLI <i>et al.</i> , 2002.	

I.2.6. Cycle biologique

Le cycle évolutif d' *H. avenae* des céréales comprend cinq stades larvaires séparés par quatre mues (CHOPPIN DE JANVRY, 1971) (Fig. 13, 14).

La première mue a lieu à l'intérieur de l'œuf. Lorsque les conditions climatiques (humidité et température) sont favorables, les larves L₂ éclosent. Ces dernières sont mobiles et émergent du kyste par la fente vulvaire (BANYER et FISHER, 1971). Une fois libérées dans le sol, celles-ci attaquent les radicelles dès la levée de la plante hôte

(céréales) (SCHNEIDER, 1965) et pénètrent dans les tissus de la racine près de son extrémité et elles se fixent au voisinage du cylindre central (BERG et TAYLOR, 2009), là, elles commencent à s'alimenter et s'agrandir passant par la troisième et la quatrième mue larvaire en quelques jours (tableau 8).

Quelques jours après, les larves subissent la dernière mue larvaire. Elles deviennent gonflées et sédentaires et complètement internes. Ces larves deviennent soit des femelles fixées par le cou et dont le corps est émergé à la surface de la racine soient des mâles filiformes libérés dans le sol (CHOPPIN DE JANVRY, 1971). Ces derniers se déplacent et fécondent les femelles (LACHENAUD, 1977).

Les mâles meurent après la fécondation et les femelles commencent à pondre les œufs qui restent à l'intérieur du corps de la femelle. Après sa mort, la femelle se transforme en kyste contenant presque toujours des œufs et quelques larves à la fois (CHOPPIN DE JANVRY, 1971). En effet, les larves se trouvent en arrêt de développement sous l'effet d'une diapause et le cycle est ainsi bouclé (RIVOAL et COOK, 1993).

De ce fait, ce nématode n'a qu'une seule génération par an (dure neuf mois), dont il peut être différent d'une région à une autre selon la localisation géographique des populations (RIVOAL, 1982) alors que l'éclosion du même kyste se manifeste pendant trois à quatre ans successifs (RIVOAL, 1983).

Tableau 8 : La durée du cycle de développement d' *H. avenae* (SOSA MOSS, 1966).

	Stade de développement	La durée de stade
Intervalle commun	Zygote → gastrulation	7 à 8 jours
	Gastrulation → 1 ^{ère} mue	6 à 7 jours
	1 ^{ère} mue → diapause	Plusieurs mois (temps indéterminé)
	2 ^{ème} stade → 2 ^{ème} mue	5 à 7 jours
Mâle	2 ^{ème} mue → 3 ^{ème} mue	6 à 9 jours
	Métamorphose (stade pré adulte)	10 jours
	Mâle adulte	7 à 10 jours
Femelle	2 ^{ème} mue → 3 ^{ème} mue	13 à 16 jours
	3 ^{ème} mue → 4 ^{ème} mue	6 à 9 jours
	Jeune femelle → kyste	45 à 60 jours

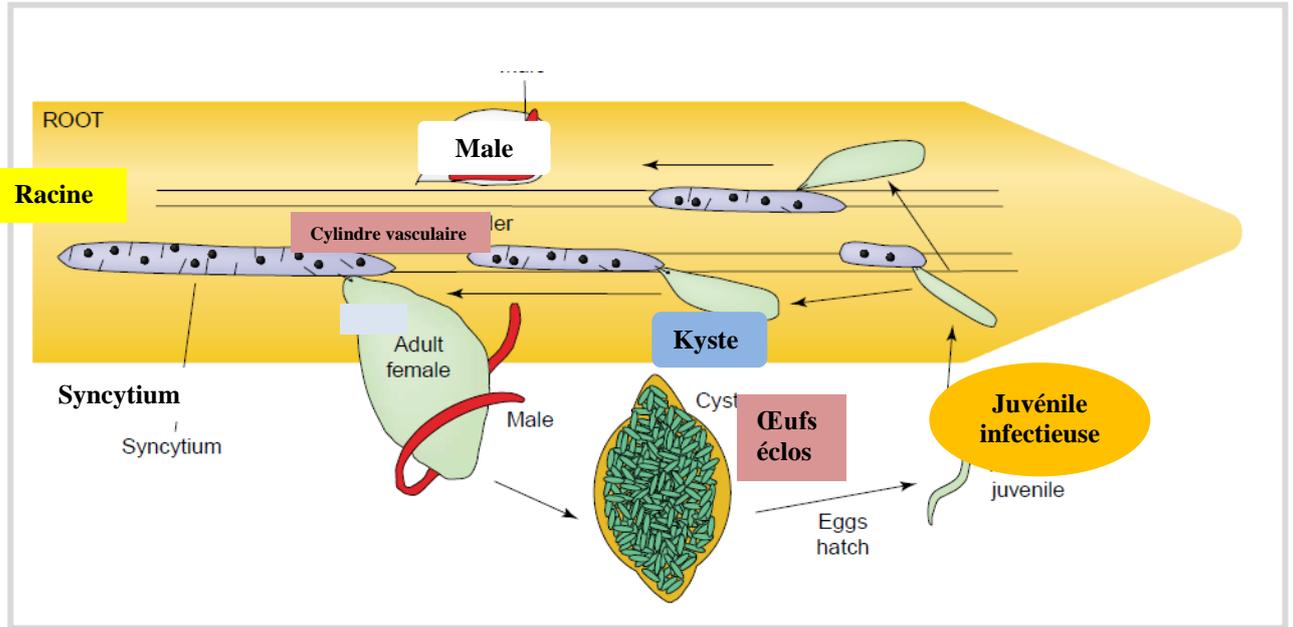
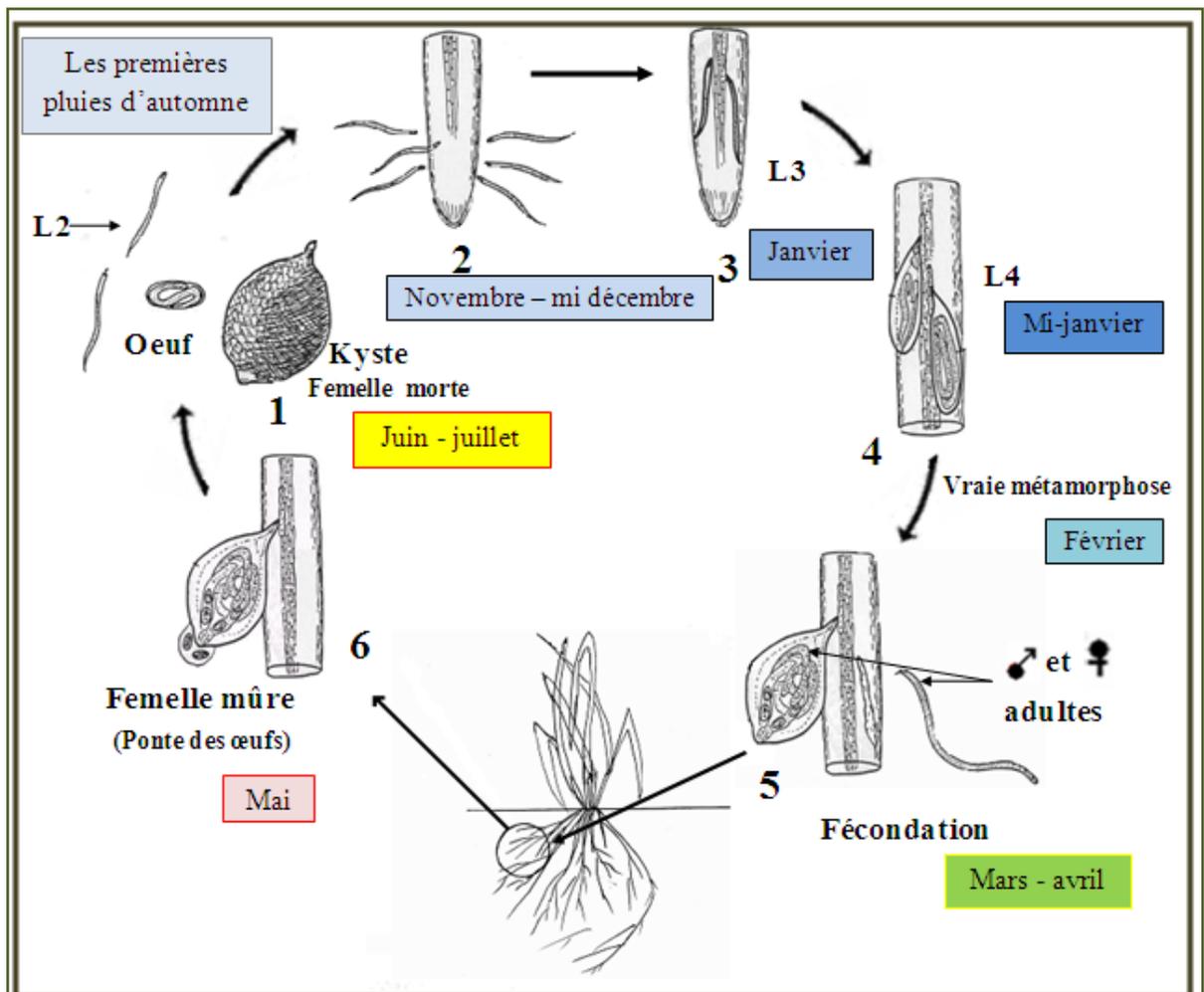


Fig.13 : Cycles de vie des nématodes de kyste.
(WILLIAMSON et GLEASON, 2003)



- 1 : Corps de la femelle morte transformé en kyste contenant les œufs.
- 2 : L2 écloses mobiles à la recherche de radicelles.
- 3 : Larves ayant rejoint leur site définitif et se transforme en L3.
- 4 : Transformation des larves L3 en L4.
- 5 : Différenciation du sexe (mâle et femelle adultes), le mâle est libre dans le sol.
- 6 : Femelle adulte faisant saillie lors de la racine et commençant à produire des œufs.

Fig. 14 : Le cycle biologique d'*Heterodera avenae*
(RIVAOL, 1987 (modifié))

I.2.7. Facteurs qui influencent le développement d' *H. avenae*

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

I.2.7. 1. Les facteurs abiotiques

I.2.7.1. 1. Facteurs climatiques

I.2.7.1.1. 1. L'humidité

La présence d'une humidité convenable au niveau des sites d'attaque d'un nématode endoparasite favorise la pénétration des larves (CAUBEL *et al.*, 1980), c'est pourquoi les attaques d'*H. avenae* coïncident avec les périodes pluvieuses (MEAGHER, 1970 ; CAUBEL *et al.*, 1980 ; LACOMBE et GARCIN, 1988).

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

I.2.7.1.1. 2. La température

Elle a un rôle prédominant dans le développement d' *H. avenae*. Selon GRECO (1981) et MOKABLI *et al.*, (2001), *les basses températures stimulent l'éclosion et le développement des larves, alors que les hautes températures les inhibent. En effet, une température au dessous de zéro, en l'occurrence, s'avère nuisible pour le nématode.*

En Algérie, d'après : SMAHA (1998), MOKABLI et al.(2001) et HAMROUN (2006) la température optimale pour l'évolution de ce parasite s'étale de 7 à 25°C. Selon MOKABLI et al., (2001), les exigences de la température varie d'un stade à un autre voir d'une population à une autre (Tableau 9). En Tunisie les populations ont éclos à des températures allant de 5 à 25 °C (Namouchi-Kachouri1 et B'Chir, 2008).

Tableau 9 : Degré de température de chaque stade de développement d' *H. avenae* en Algérie

<i>Stade de développement</i>	<i>La température (°C)</i>
<i>Obtention des larves</i>	7 à 10
<i>Développement des L₂</i>	10 à 15
<i>Formation des femelles</i>	15 à 25

I.2.7.1. 2. Facteurs édaphiques

I.2.7.1.2. 1. Type de sol

H. avenae se rencontre sur tous les types de sol (CAUBEL *et al.*, 1980), mais ses attaques sont plus redoutées en sols légers, (WILLIAMS et SIDDIQI, 1972; CAUBEL *et al.*, 1980) qu'en sols lourds (CHOPPIN DE JANVRY, 1971). D'après TRIGIANO *et al.*, 2004, la texture et la structure de sol sont d'importance primaire en déterminant le nombre et le type de nématode.

I.2.7.1.2. 2. La porosité

Elle favorise le déplacement des nématodes vers les horizons profonds où ils constituent un potentiel infectieux important assurant ainsi la pérennité du parasite (CHOPPIN DE JANVRY, 1971; WILLIAMS et SIDDIQI, 1972; CAUBEL *et al.*, 1980).

I.2.7.1.2. 3. L'oxygène

L'absence d'air dans les sols inondés (CAYROL, 1975) et dans les sols lourds, (CHOPPIN DE JANVRY, 1971), limite le développement d' *H. avenae*.

I.2.7.1.2. 4. Le pH

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

I.2.7.1. 3. Autres facteurs

Le système de culture

La monoculture favorise la pullulation d' *H. avenae* (CAUBEL *et al.*, 1980 ; RIVOAL *et al.*, 1985). *Par contre, la rotation* est défavorable à l'évolution des nématodes (CAUBEL *et al.*, 1980).

*Les parcelles à céréaliculture extensive et peu mécanisée contribuent à l'élévation du niveau des populations dans le sol. En conséquence, l'utilisation des amendements diminue l'infestation des nématodes (VIDHYASEKARAN, 2004), ainsi que, certains herbicides sélectifs appliqués en cultures céréalières aboutissent à la sélection d'une certaine flore qui constitue un bon hôte pour *H. avenae* (CAUBEL *et al.*, 1980).*

I.2.7. 2. Les facteurs biotiques

I.2.7.2. 1. La plante hôte

Les plantes hôtes des nématodes à kystes des céréales incluent toutes les céréales cultivées (RIVOAL et COOK, 1993). En fonction de degré de sensibilité, GAIRE *et al.*, 1965; JOHNSON et FUSHTHEY, 1966 ont classé l'avoine comme étant l'hôte le plus sensible, et RITTER en 1982 a classé le blé et l'orge en deuxième position, tandis que le maïs est atteint de manière variable selon les régions. *On ajoute le degré de résistance des variétés utilisées de chaque plante cultivée.*

Ces espèces de graminées et autres sauvages maintiennent en permanence ces nématodes, notamment dans les zones où la céréaliculture est la plus dominante (MOKABLI, 2002).

I.2.7.2. 2. La matière organique

D'après JONES (1982), la composition de la matière organique dans le sol libère certains produits toxiques tels que l'acide butyrique qui agit négativement sur le développement des nématodes. La matière organique induit une augmentation ou une diminution dans l'abondance des nématodes du sol.

I.2.8. Modes et facteurs de dissémination

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

I.2.8. 1. L'homme

Les kystes d'*Heterodera avenae* peuvent transporter d'une parcelle infestée à une autre par les chaussures non désinfectées. L'homme est le principal responsable de la dissémination par ses activités.

I.2.8. 2. Le matériel

Le matériel agricole joue un rôle important dans la dissémination des nématodes à kystes comme le genre *Heterodera*. Les crottes de sol contenant des kystes transportés par le matériel agricole et de transport et les voitures. Ces derniers constituent un mode de propagation de ce nématode. Les kystes sont transportés par les matériels travers les champs.

1.2.8. 3. Le vent

Plusieurs auteurs montrent que le vent joue un rôle dans la dissémination des nématodes à kystes (SADEK, 1977 ; GAUR, 1988).

1.2.8. 4. L'eau

L'eau d'irrigation est un moyen de transport des nématodes à kystes (SADEK, 1977). La technique d'irrigation par rigole constitue l'un des facteurs de dissémination des parcelles par *Heterodera avenae* (MOKABLI com. Personnel)

I.2.9. Symptômes et dégâts

I.2.9. 1. Au champ

Une parcelle infestée par *H. avenae* présente des taches claires, des plages jaunâtres où poussent des plants chétifs avec un tallage très faible (WILLIAMS et SIDDIQI, 1972 ; REDDY, 1983 ; PERSON-DEDRYVER, 1989) (Fig.15.A).

La culture est hétérogène et est aussitôt envahie par les mauvaises herbes (DE GUIRAN, 1983 ; SACRISTAN *et al.*, 1983).

I.2.9. 2. Sur la plante

I.2.9.2. 1. La partie aérienne

Au niveau de la partie aérienne, les attaques d' *H. avenae* se traduisent par :

I.2.9.2.1. 1. Un rabougrissement

On observe chez les céréales attaquées un nanisme puis un ralentissement de la croissance au niveau de la tige et une réduction du tallage donnant des épis maigres (REDDY, 1983 ; RIVOAL *et al.*, 1990; MOR *et al.*, 1992).

I.2.9.2.1. 2. Une décoloration du feuillage

Les feuilles des plants attaqués se décolorent puis prennent une couleur jaune, rouge, jaune rougeâtre pour l'orge, l'avoine et le blé respectivement (WILLIAMS et SIDDIQI, 1972 ; SACRISTAN *et al.*, 1983 et RIVOAL et COOK, 1993).

Ces symptômes (rabougrissement et décoloration du feuillage) ne sont pas spécifiques et résultent d'un dysfonctionnement du système racinaire.

I.2.9.2. 2. La partie racinaire

C'est à ce niveau que les symptômes sont très spécifiques (SCHNEIDER, 1965) les racines prennent un aspect touffu, avec de nombreuses radicules courtes. Le symptôme le plus caractéristique est la formation des nœuds au niveau des racines. (RITTER, 1965a; CAUBEL et RIVOAL, 1972 ; ESMENJAUD *et al.*, 1987; MOKABLI, 2002) (Fig.15.B.).

L'analyse nématologique reste la seule technique fiable et efficace pour un bon diagnostic de ce parasite (présence, degré), en tenant compte des facteurs (biotiques et abiotiques) cités précédemment. Selon Sosa Moss (1966), une infestation de 10 larves par gramme de sol engendre une diminution importante de la production. Aussi, il peut ouvrir des portes d'entrée pour d'autres agents pathogènes comme le champignon *Rhizoctonia solani* (MEAGHER, 1974).



Fig.15 : A. Symptômes des dégâts d' *Heterodera avenae* Au champ
B. Symptômes des dégâts d' *Heterodera avenae* Sur la plante :
partie racinaire. (Riley *et al.*, 2009).

1.2.10. La lutte contre *H. avenae*

*Les nématodes à kyste *Heterodera* et *Globodera* causent le dommage majeur aux récoltes cultivées, (RIGGS et SCHUSTER, 1998, in PERRY et MOENS, 2005; BURNS, 2009). Beaucoup ou tous les œufs sont produits à l'intérieur du corps de la femelle qui, après sa mort, devient un kyste avec un mur protecteur durci. Cette structure protège les œufs à l'intérieur contre la dessiccation rapide, augmentant leur capacité de rester viable pendant plusieurs années (PERRY et MOENS, 2005). Ces causes et autres rendent le contrôle et la gestion de ces parasites difficile et très compliquée (AGRIOS, 2005; PERRY et MOENS, 2005).*

1.2.10. 1. Lutte préventive

La lutte contre le nématode doit commencer avant son installation dans la parcelle, en maintenant les parcelles indemnes et propres avec :

- a-** La sensibilisation et la vulgarisation au profit des agriculteurs par la collaboration des différentes institutions et l'utilisation des différents moyens (tv, radio, journaux, conférences, sorties,...etc.) pour mieux gérer l'infestation des parcelles céréalières dans le temps et dans l'espace;
- b-** Le nettoyage du matériel utilisé (tracteurs, charrues, chaussures,...etc.), les semences certifiées (sains), et l'irrigation bien contrôlé (REDDY, 1983 ; BALDWIN et MUNDO-OCAMPO, 1991);
- c-** L'utilisation des moyens cultureux comme étant des moyens de lutte préventive.

1.2.10. 2. Lutte curative

Par l'utilisation des moyens cultureux, chimiques et biologiques.

1.2.10.2. 1. Les moyens cultureux

Naturellement, l'attitude du fermier aux pratiques cultureux devrait être d'optimiser la culture avec toutes les mesures qui réduisent l'établissement et le développement du parasite (WALLER et al., 2002). Donc, le contrôle cultural doit s'insérer dans le système de production employé par le fermier et doit être assez efficace (TRIGIANO et al., 2004).

1.2.10.2.1. 1. Jachère

Une jachère annuelle entre deux cultures consiste à priver le parasite des plantes dont il se nourrit (TAYLOR, 1968). Elle se traduit par une réduction annuelle de populations de 50 à 60 % (CAUBEL et al., 1980).

1.2.10.2.1. 2. Rotation

Elle consiste en une succession de cultures non hôtes, autres que les céréales à pailles défavorables à l'évolution du nématode *H. avenae* (CAUBEL *et al.*, 1980). Certaines cultures protéagineuses, telles que le pois chiche (REDDY, 1983; SMAHA, 2002) et la féverole (PERSON-DEDRYVER, 1989) limitent largement la multiplication d'*H. avenae* et améliorent la teneur du sol en azote (BROWN, 1982 b).

La rotation est une stratégie très efficace dans la gestion des maladies provoquées par les espèces d'*Heterodera* sur les grandes cultures (CAUBEL *et al.*, 1980; MOKABLI, 2002; TRIGIANO *et al.*, 2004).

I.2.10.2.1. 3. Labours

Le labour pendant les périodes sèches permet de détruire les densités de nématodes grâce à leur exposition à la chaleur (TAYLOR, 1968).

I.2.10.2.1. 4. Fumure et amendements (fertilisants)

L'apport d'engrais verts et de certains amendements organiques augmentent l'activité biologique du sol et le taux des champignons nématophages et des bactéries antagonistes, et par conséquent réduit l'infestation de nématode (OKA et YERMIYAHU, 2002 in VIDHYASEKARAN, 2004). D'après CAUBEL *et al.*, 1980, l'apport de quantités considérables expérimentales de potasse et de nitrate de chaux ou d'urée provoque une diminution de taux de multiplication des populations d'*H. avenae*.

I.2.10.2.1. 5. Semis

Les dates et les conditions de semis influencent le développement d'*H. avenae*. Un semi précoce des céréales permet aux plantes de développer un système racinaire vigoureux au moment où les larves sortent des kystes (SCHNEIDER, 1965).

I.2.10.2.1. 6. Les variétés résistantes

Selon TAYLOR (1968), l'utilisation des variétés résistantes est l'un des meilleurs moyens pour combattre les nématodes. Les variétés résistantes constituent de véritables plantes pièges pouvant occasionner des diminutions de 50 à 80 p. cent des effectifs du parasite en une seule année de culture. En France, CAUBEL *et al.*, 1980 ont obtenu des diminutions importantes de l'ordre de 60 à 80 % après cultures de variétés résistantes d'orge et d'avoine.

I.2.10.2.1. 7. Désherbage et nettoyage

Il faut maintenir nos parcelles propres de tous les résidus des cultures céréalières et des mauvaises herbes qui peuvent être des hôtes à ce parasite (MOKABLI, 2002).

I.2.10.2. 2. Les moyens chimiques

Le nématode à kystes *H. avenae* peut être maîtrisé en utilisant certains traitements à action de contact à base de fumigants (dichloropropane dichloropropène (DD), dibromide d'éthylène (EDB) et Dazomet) (RIVOAL *et al.*, 1986 b), d'organophosphorés (Ethoprophos), (CAUBEL et RIVOAL, 1977) ou à action systémique à base des carbamates (aldicarbe, carbofuran) (RIVOAL *et al.*, 1985). En Algérie, l'application de la lutte chimique contre *H. avenae* est rarement utilisable dans la pratique en raison du coût généralement élevé des produits nématicides.

1.2.10.2. 3. Les moyens biologiques

Les ennemis naturels des nématodes les plus utilisés dans la lutte biologique sont les champignons. Plusieurs champignons sont connus comme parasites des *Heterodera*. Dans ce cas, nous devons séparer les champignons parasites des œufs et ceux parasites des femelles (CAYROL *et al.*, 1992). Parmi les champignons les plus utilisés, on a *Verticillium chlamydosporium* parasite des œufs et *Nematophthora gynophila* parasite des femelles (KERRY *et al.*, 1982; RIVOAL et COOK, 1993). En Algérie, *ces moyens ne sont appliqués qu'à titre expérimental.*

1.2.10. 3. Lutte intégrée

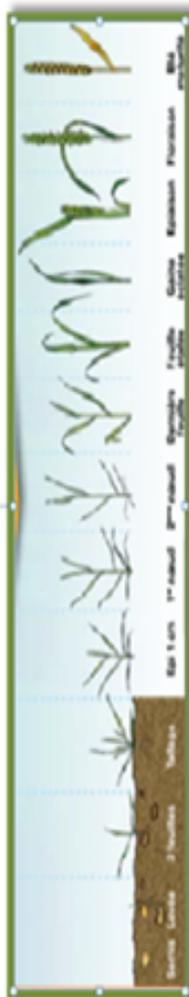
C'est une approche de planification et de gestion des cultures et alors de décision dans laquelle on va combiner différents moyens de lutte : culturaux, chimiques et biologiques, de manière raisonnable, efficace, durable et économique, avec la préservation de l'environnement.

Compte tenu de la complexité des problèmes posés par les nématodes à kystes des céréales *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.

I.2.10. 4. Calendrier de la lutte intégrée contre *H. avenae* en Algérie

Tableau 10 : Calendrier de lutte intégrée proposé contre *H. avenae* des céréales d'hiver en Algérie (OUDDENE, 2010)

Les mois	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avril	Mai.	Juin	Juillet	Aout
Les opérations												
Jachère ou rotation ⁽³⁾	—											
Labours - automne - printemps - été	—											
Fertilisants: - Apport des engrais de Fond (N, P, K). - Apport d'azote	—											
Semences (certifiées, variétés résistantes: Waha, Vitron, Simeto...)	—											
date de semis	—											
Désherbage												
Inoculation du : champignon parasite des œufsi (<i>Verticillium chlamydosporium</i>) champignon parasite des femelles I (<i>Nematospora gynophila</i>)	—											



II. Présentation de la région d'étude

Notre choix pour la wilaya de Tiaret, comme région d'étude est basé sur sa vocation agricole prédominée par la céréaliculture.

II.1. Superficie et situation géographique

Entre le massif de l'Ouarsenis occidental au Nord et les Hauts-Plateaux steppiques au Sud, s'étendent les plaines céréalières de Tiaret. Elles couvrent une superficie de 20.086,62 km².

Située à l'ouest du pays, la wilaya de Tiaret est composée de 14 daïras et de 42 communes. Elle est limitée par plusieurs wilayas à savoir :

- Tissemsilt et Relizane au nord ;
- Laghouat et El Bayadh Au Sud ;
- Mascara et Saida à l'ouest ;
- Djelfa à l'est.

Notre étude concerne des parcelles situées dans les communes suivantes (Fig. 16) :

Tiaret, Frenda, Takhemaret, Sougueur, Nadhora, Mechraa Sfa, Sidi Hosni, Ain El Hadid, Medrissa, Sebaïne, Sidi Abderrahmane, Ain Kermes, Dahmouni, Rechaïga, Rahouia.

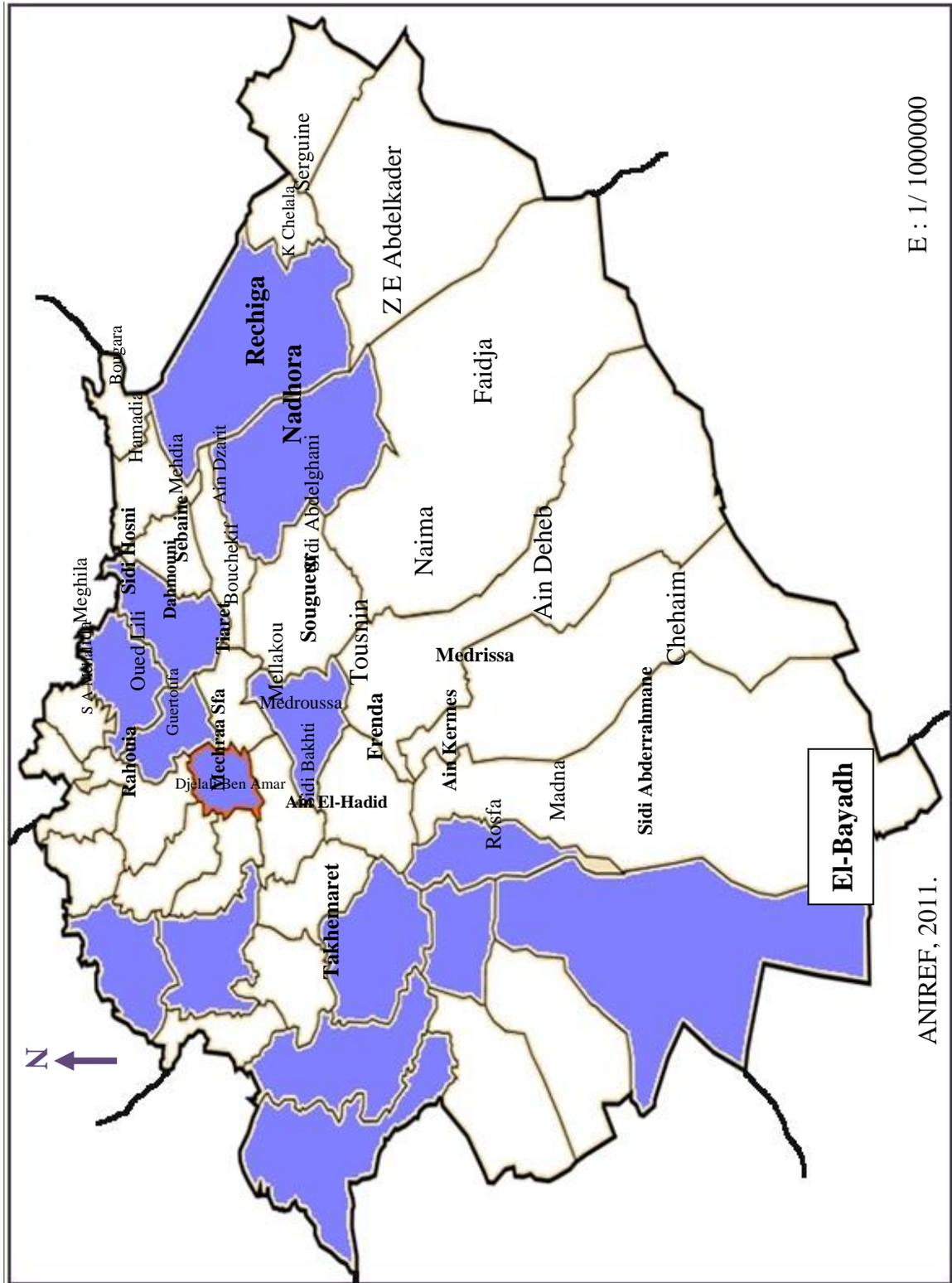


Fig. 16 ; Les communes prospectées dans la région de Tiaret.

II.2. Caractéristiques pédologiques

Les communes sont situées dans une zone dite hautement potentielle. Elles se caractérisent par des sols hétérogènes profonds, généralement à profil argileux, limoneux de très haute valeur agricole (TAYEB, 1993).

II.3. Caractéristiques climatiques

II.3.1. Le climat

La région de Tiaret se situe entre les isohyètes 250 mm au sud et 600 mm au nord. Elle est caractérisée par un climat continental ; en hiver froid et humide et en été chaud et sec. Les précipitations sont faibles et irrégulières du point de vue répartition et quantité. Elle se situe dans l'étage bioclimatique semi-aride avec parfois chute de neige, présence de gelées en hiver, et en été présence du vent desséchant (sirocco) (Station météorologique de Tiaret, 2010).

II.3.2. La pluviométrie

Les précipitations mensuelles moyennes en 2012, au niveau de la wilaya de Tiaret sont données dans le tableau 11. Avril est le mois le plus pluvieuse avec une pluviométrie moyenne de 108,7 mm. Le mois de juillet s'avère le plus sec avec une pluviométrie de 0,53 mm.

Tableau 11 : Précipitations mensuelles moyennes de deux années de Tiaret: 2011 - 2012.

Mois	Précipitation (mm) Année 2011	Précipitation (mm) Année 2012
Janvier	14,34	19,61
Février	29,82	46,07
Mars	34,1	39,37
Avril	101,6	108,7
Mai	46,42	32,24
Juin	6,39	4,6
Juillet	1,04	0,53
Aout	5,8	3,47
Septembre	20,5	15,4
Octobre	71,9	62,57
Novembre	79,31	88,9
Décembre	61,8	58,64
Total	473,02	480,10
Moyenne	39,42	40,01

Station météorologique de Tiaret, 2013.

II.3.3. La température

Le tableau 12 nous donne les températures mensuelles moyennes. Il s'avère que la plus basse température (5.5 °C) est enregistrée au cours du mois de janvier. La température la plus élevée (28.4°C) est celle du mois de juillet.

Tableau 12 : Températures mensuelles moyennes de deux années de Tiaret (2011, 2012).

Mois	Température (°C) Année 2011	Température (°C) Année 2012
Janvier	5,1	4,9
Février	5,9	2,4
Mars	10,2	9,5
Avril	7,5	5,3
Mai	16,8	17,9
Juin	22,4	23,5
Juillet	26,4	26,5
Aout	24,5	28,4
Septembre	20	25,2
Octobre	16,3	18,1
Novembre	8,5	11,4
Décembre	7,2	9,6
Moyenne	14,23	15,22

Station météorologique de Tiaret, 2013.

II.3.4. L'humidité

Comme la plus part des régions des hauts plateaux, le climat de la wilaya est sec en été : 15%, et elle est humide en hiver : 94%. Selon la station météorologique de Tiaret, la moyenne annuelle d'humidité est de 66,62% (**Tableau 13**).

Tableau 13 : Humidité mensuelle et annuelle moyenne dans la région de Tiaret en 2012

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Moy.
H													
Moy. (%)	80	73,5	74	81,5	75,5	51	39,5	47	68	69,5	72,5	67,5	66,62

Station météorologique de Tiaret, 2013.

II.3.5. Les phénomènes secondaires

II.3.5. 1. Les gelées

Les gelées font leur apparition dès le mois de novembre et se prolongent jusqu'au mois d'avril. Selon SELTZER (1913-1938), il gèle 42 jours en moyenne dans la région de Tiaret. Les plus marquées sont enregistrées durant les mois de janvier et de février avec une fréquence de 12 à 16 jours et elle diminue en avril où elle n'est que de deux (02) jours.

II.3.5. 2. La grêle

La grêle est faiblement fréquente dans la région de Tiaret, environ une journée par année selon SELTZER (1913-1938). Elle s'observe durant les mois les plus froids (janvier-février). Elle cause des dégâts importants sur la production agricole, surtout pour les céréales en stade de floraison.

II.3.5. 3. La neige

D'après SELTZER (1913-1938), le nombre de jours moyen d'enneigement est de 03 jours par année. Elle est fréquente pendant la période froide de novembre à mars.

II.3.5. 4. Les vents

Les vents du nord et du nord-ouest sont les plus dominants et se caractérisent par leur fraîcheur.

Selon la station météorologique de Tiaret, (2013) (Tableau 14) la vitesse moyenne annuelle du vent pour l'année 2012 est de 16.18 km/h. Le sirocco souffle à partir de mai mais atteint un maximum de 3 à 4 jours pendant le mois de juin-juillet. Durant l'année, il souffle en moyenne 24 jours ; c'est un vent sec et chaud causant des dégâts sur les cultures.

Tableau 14 : Vitesse mensuelle moyenne du vent de la région de Tiaret 2012.

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Moy.
Vitesse du vent (Km/h)	20,1	15,6	18,8	20,3	18,2	16,1	14,1	10,61	11,8	10,14	16,81	21,62	16,18

Station météorologique de Tiaret, 2013.

II.4. Analyse bioclimatique

II.4.1. Diagramme Ombrothermique de Gaussen

Le diagramme établi à partir des données climatiques de la station de Tiaret (2011-2012) révèle l'existence de deux périodes bien distinctes, une période sèche et une période humide (fig. 17) :

II.4.1. 1. La période sèche

Chaude et sèche, elle s'étend de fin mai jusqu'à mi septembre. Elle est caractérisée par de faibles précipitations (0,51 – 12,19 mm).

II.4.1. 2. La période humide

Elle s'étend du mi septembre jusqu'au le fin mai. Elle est caractérisée par un maximum de précipitation de 107,02 mm.

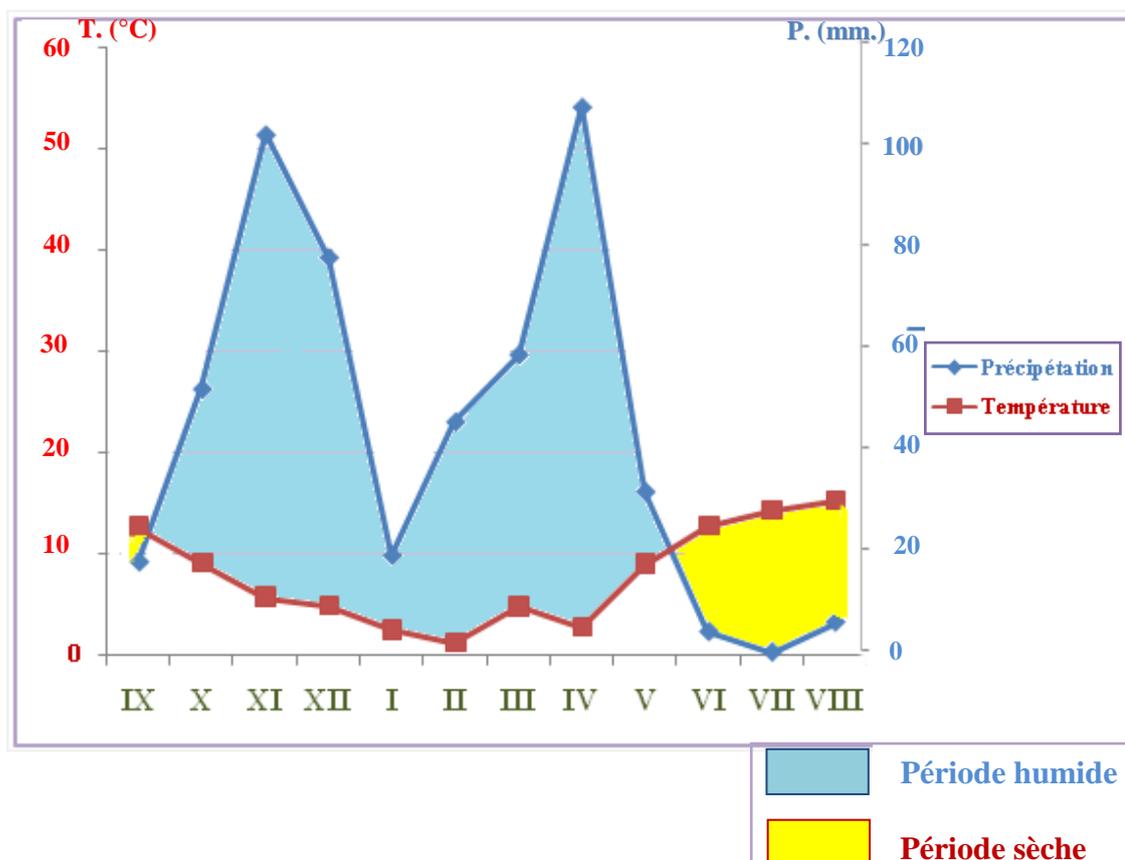


Fig. 17 : Diagramme Ombrothermique de la région de Tiaret (2011-2012)

II.4.2. L'étage bioclimatique (Le climagramme d'EMBERGER)

Selon la formule de STEWARD (qui simplifie la formule d'EMBERGER) :

Quotient pluviométrique : $Q_3 = 3.43 * (P / (M+m))$.

Avec :

P : Pluviométrie annuelle en mm.

M : Moyenne du T° max des mois les plus chauds en °C.

m : Moyenne du T° min des mois les plus froids en °C.

Alors : Le quotient pluviométrique de la wilaya de Tiaret est : $Q_3 = 39,68$

Le quotient pluviométrique (Fig. 18) montre que la région de Tiaret est située dans l'étage bioclimatique semi-aride avec un hiver froid.

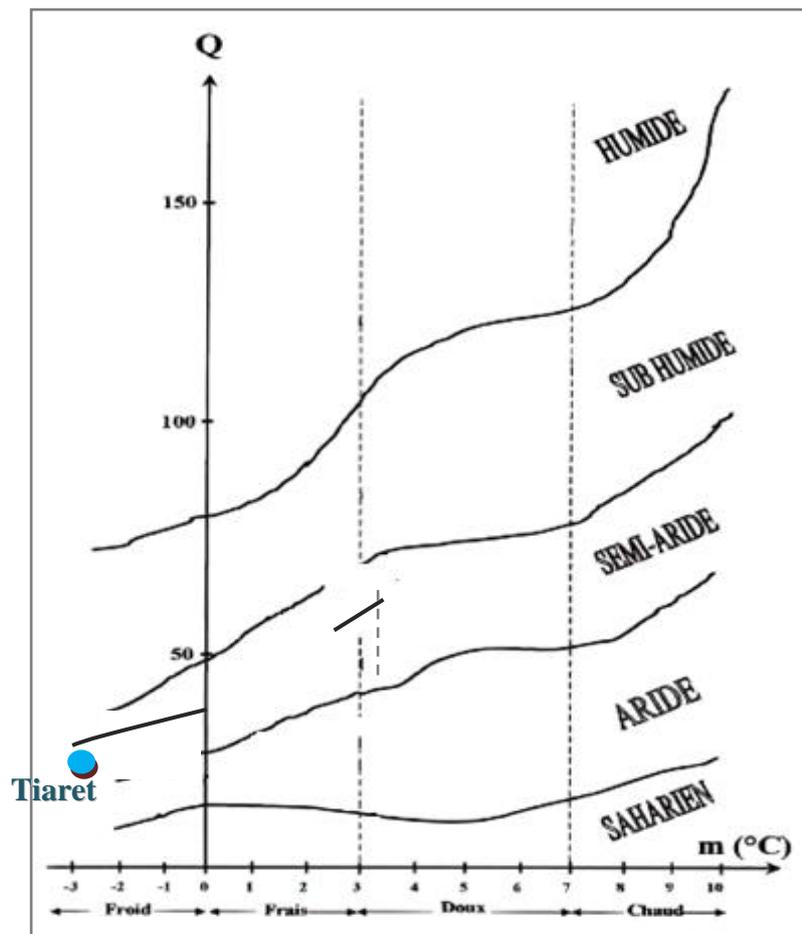


Fig. 18 : Le climagramme d'Emberger de la région d'étude : Tiaret (2001-2012).

II.5. Occupation des sols et l'importance de la céréaliculture dans cette région.

La wilaya s'étend sur une superficie totale de 2.008.662 hectares. La superficie agricole totale est de 1609 900 hectares, dont la superficie agricole utile est de 705 650 ha, seulement 26 384 ha dont irrigués (tableau 15). (D. S. A., 2013).

Les céréales prennent presque 45% de cette superficie, soit 316950 ha et les fourrages occupent 40970 ha. Malgré cette grande superficie, les rendements sont généralement faibles à moyens avec une moyenne de : 15qx/ ha (Tableau 16) (Fig. 19).

L'absence d'une politique agricole durable, les aléas climatiques (irrégularité des pluies, gelées et grêle surtout), les itinéraires techniques non respectés et dégâts causés par les différentes maladies, parasites et ravageurs (insectes, oiseaux, rongeurs, mauvaises herbes, champignons pathogènes et nématodes) sont des principaux facteurs responsables aux insuffisances des productions et l'augmentation des factures d'importation des céréales en Algérie.

Tableau 15 : Répartition et occupation des terres dans la région de Tiaret.

Terre	Superficie (en ha)
Superficie Totale de la wilaya (S.T)	2 008 662
Superficie Agricole Totale (S.A.T)	1 609 900
Superficie Agricole Utile	705 650
Superficie Irriguée	26 384
Superficie des forêts	142 966

(D.S.A. de Tiaret ,2013).

Tableau 16 : Répartition des cultures et importance de la céréaliculture dans la région de Tiaret (Campagne 2011-2012).

Spéculation	Superficie (ha)
Céréales	316950
Légumes secs	1350
Jachère	315231
Fourrage	40970
Cultures maraichères	10560,5
Vignoble	530
Cultures fruitières	6 793

(D.S.A. de Tiaret ,2013).

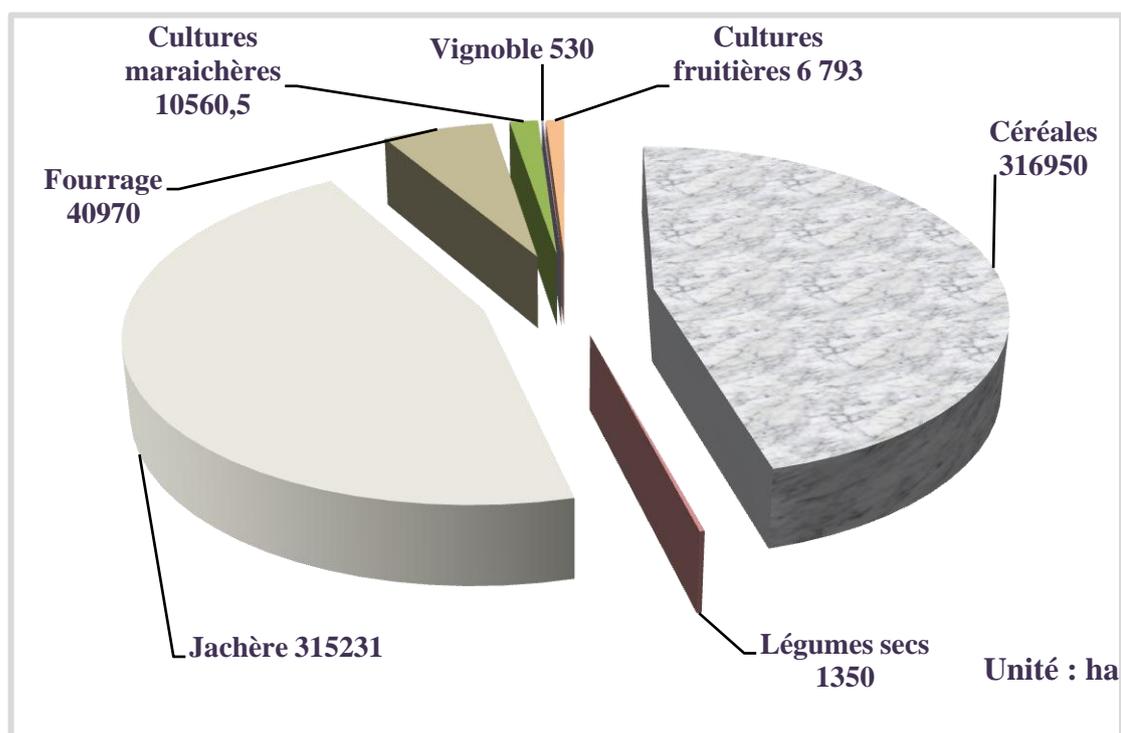


Fig. 19 : Répartition des cultures et l'importance de la superficie des céréales dans la région de Tiaret (Campagne : 2011-2012).

III. Matériel et Méthodes

Dans le domaine de nématologie, toutes les études sont basées sur l'analyse nématologique (différé selon le type de nématodes et son hôte), qui nous permet d'avoir un aperçu et une estimation quantitative des populations sur les sites en question. Pour cela, nous avons effectué des prospections et des enquêtes au niveau des différentes communes et ces parcelles à vocation céréalière de la wilaya de Tiaret ; région céréalière par excellence.

L'analyse nématologique se réalise en trois (03) étapes : l'échantillonnage du sol puis l'extraction des kystes et enfin la récupération et le comptage des kystes.

Ce chapitre montre le matériel utilisé et explique les méthodes et les techniques utilisées dans les quatre (04) volets de recherche:

- État d'infestation du nématode à kystes *Heterodera avenae* des céréales dans quelques parcelles à Tiaret.
- Caractéristiques morpho-biométriques de deux populations d'*Heterodera sp.*
- Impact des types de rotations culturales sur le degré d'infestation du nématode à kyste *Heterodera avenae* des céréales dans les hauts plateaux (Tiaret).
- Enquête sur les facteurs responsables de la dissémination spatiale des nématodes à kystes du genre *Heterodera* dans les parcelles céréalières de la région de Tiaret

III.1. État d'infestation du nématode à kystes *Heterodera avenae* des céréales dans quelques parcelles à Tiaret.

III.1.1. Le but de cette étude

Les principaux objectifs fixés sont les suivantes:

- ✓ Avoir une idée sur la répartition des nématodes à kystes *H. avenae* des céréales de quelques parcelles dans quelques communes dans la région céréalière (Tiaret) ;
- ✓ Evaluer les degrés d'infestation des parcelles ;
- ✓ Estimer en pourcentage les terres et les régions infestées par ce nématode ;
- ✓ Signaler les parcelles infestées par ce nématode pour lutter contre leur dissémination;
- ✓ Le suivi de multiplication d' *Heterodera avenae* dans les parcelles infestées ;
- ✓ Faire dans l'avenir, une cartographie de répartition de ce nématode dans cette région.

III.1.2. L'échantillonnage du sol

III.1.2. 1. Matériel et méthodes

III.1.2.1. 1. Matériel de l'échantillonnage

- ✚ Une binette ;
- ✚ Des sachets en plastique ;
- ✚ Des étiquettes ;
- ✚ Marqueur de crayon ou marqueur avec l'encre imperméable à l'eau ;
- ✚ fiche d'échantillonnage ;
- ✚ un carnet

III.1.2.1. 2. Technique d'échantillonnage :

(Où, quand et comment échantillonner ?) :

L'échantillonnage consiste à prélever des quantités de sol dans la zone de la croissance des racines, à des profondeurs allant de 10 à 30 cm, à partir de parcelles ayant les céréales comme précédent cultural. Les prélèvements sont effectués à l'aide d'une tarière (KIMPINSKI *et al.*, 2003; MUGNIERY et ZAOUCHI, 1976). Ils sont réalisés avec le modèle systématique (deux diagonales) (Fig. 20) qui donne des résultats fiables que le modèle aléatoire (ERGINBAS *et al.*, 2008). L'échantillonnage est effectué sur des surfaces de 12 m² (2,40 x 5m) (RIVOAL, 1986 b).

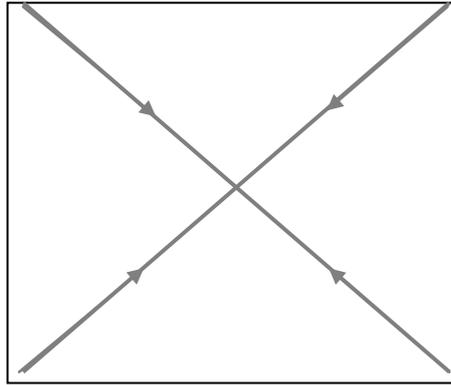


Fig. 20 : Prélèvement des échantillons élémentaires de sol

La période optimale d'échantillonnage est durant ou juste avant le semis ou après les moissons, avant et après une culture en rotation (légumineuses, culture maraichères, jachère, ...etc.), afin de bien déterminer la densité et le développement de ce nématode.

Il est préférable de collecter assez d'échantillons afin d'assurer une représentativité suffisante de la distribution des nématodes dans le champ. L'échantillonnage doit comprendre entre 10 (minimum) et 50 sous-échantillons.

La combinaison de ces sous-échantillons conduit à un échantillon composite représentatif de la surface de champ échantillonnée. Le rassemblement de ces sous-échantillons aide à préserver les nématodes en maintenant une température et une humidité adéquates (Coyne *et al.*, 2010).

Des échantillons de sol et de racine sont mis dans des sachets en plastique juste après le prélèvement. Dans une fiche de dépistage (voir annexe), on note la date d'échantillonnage, le lieu, la profondeur d'échantillonnage, le précédent cultural, le numéro de la parcelle, superficie totale, Surfaces semées ou plantées et les variétés utilisées, les travaux culturaux pratiqués, le statut juridique, source d'irrigation ... etc.

III.1.2. 2. Précautions phytosanitaires pour l'échantillonnage

Pour éviter la propagation des kystes d' *H. avenae* il faut :

- a- Nettoyer les chaussures et l'équipement d'échantillonnage (la binette et les bottes,...) avant le déplacement d'un endroit à l'autre.
- b- Les véhicules devraient être laissés sur des chaussées et ne pas être conduits dans les champs (KIMPINSKI1 *et al.*, 2003).
- c- Utiliser de solides sachets en plastique (D.L. Coyne *et al.*, 2010).

III.1.3. Extraction des kystes

III.1.3. 1. Le principe

Afin d'extraire nos échantillons, nous avons utilisé la technique de FENWICK (1940) qui est basée essentiellement sur le principe de flottaison des kystes (basé sur la densité des kystes par rapport à celle de l'eau). Les kystes pleins et humides *d' H. avenae* ont une densité supérieure à 1,08. En revanche, les kystes secs, quelque soit leur contenu, ont une densité inférieure à 1. Ainsi, les kystes pleins et humides sédimentent très vite alors que les kystes secs flottent à la surface de l'eau, ce qui permet de les récupérer facilement. C'est pourquoi, l'opération nécessite un dessèchement préalable du sol contenant les kystes (NAKACHIAN et JACQEMONT, 1971).

III.1.3. 2. Matériel

- + Appareil de FENWICK ;
- + Tamis de 250 μm ;
- + Papiers buvard ;
- + des entonnoirs portés par des Erlen-Meyer ;
- + Récipient ;
- + Boîtes de Pétri et une pissette.

Description de l'appareil de FENWICK

L'appareil de FENWICK (Fig. 21) est un récipient en forme de cône, dont le fond est constitué par un plan oblique incliné vers un orifice permettant la vidange. La partie supérieure est aménagée d'une gouttière orientant l'écoulement lorsque le récipient déborde. L'écoulement est orienté vers un tamis de 250 μm . Selon SOUTHEY (1959), in LOUNIS (1992), il y'a une perte de kystes de 6% jusqu'à 20%. L'efficacité de l'appareil de FENWICK peut être considérée en général comme satisfaisante. Toutefois cette perte des kystes reste un des inconvénients majeur.



Fig. 21 : Appareil de FENWICK.

III.1.3. 3. Mode opératoire

L'extraction des kystes telle décrite par NAKACHIAN et JACQEMONT (1971); BACHELIER (1978), consiste à entraîner le sol sec à travers une passoire de 1 mm de maille dans le corps de l'appareil par un jet d'eau. La passoire laisse passer les particules fines tandis que les grosses particules minérales et végétales sont retenues. Les kystes qui flottent à la surface de l'eau sous l'action d'une impulsion du courant ascendant vont être entraînés dans la gouttière pour s'écouler sur le tamis. Le refus du tamis est récupéré à l'aide des jets d'eau d'une pissette sur un papier filtre tapissant un entonnoir porté par un Erlen-Meyer. Lorsqu'il est bien égoutté, le contenu du papier filtre est placé dans une boîte de Pétri pour la récolte des kystes. Pour notre étude, ces extractions sont réalisées au niveau du laboratoire nématologique de l'université de Khemis Miliana et de C.N.C.C.

III.1.4. La récupération et le comptage des kystes

III.1.4. 1. Matériel

- ✚ Une loupe binoculaire ;
- ✚ Une épingle ;
- ✚ Un pinceau ;
- ✚ Une pissette ;
- ✚ Boîte de pétri ;
- ✚ Étiquettes avec un marqueur de crayon.

III.1.4. 2. Méthode

Sous une loupe binoculaire (G.10 x 1.6) et à l'aide d'un pinceau très fin imbibé d'eau, les kystes en mélange avec la matière organique sont récoltés puis on sépare les kystes vides et pleins. Ils sont dénombrés par la suite.

Les kystes pleins sont reconnus grâce à leur aspect turgescent et leur couleur foncée ou parfois claire, alors que les kystes vides sont identifiés par leur couleur claire et l'aspect ridé de la cuticule. De plus, ces derniers se compriment au moindre contact avec le pinceau. Ces kystes sont alors comptés et conservés dans des boîtes de Pétri.

III.1.4. 3. Le calcul

La densité moyenne pour une même parcelle ou une même commune est calculée en rapportant le nombre des kystes pleins extraits à partir de tous les échantillons prélevés dans cette commune par rapport au poids total des échantillons (MUGNIERY *et al.*, 1971).

Le degré d'infestation est exprimé en nombre de larves infestantes L₂ par gramme de sol. Il est calculé en tenant compte du nombre total de kystes pleins/parcelle, tout en considérant le nombre de L₂/g de sol d'environ 300 L₂/ K.P.

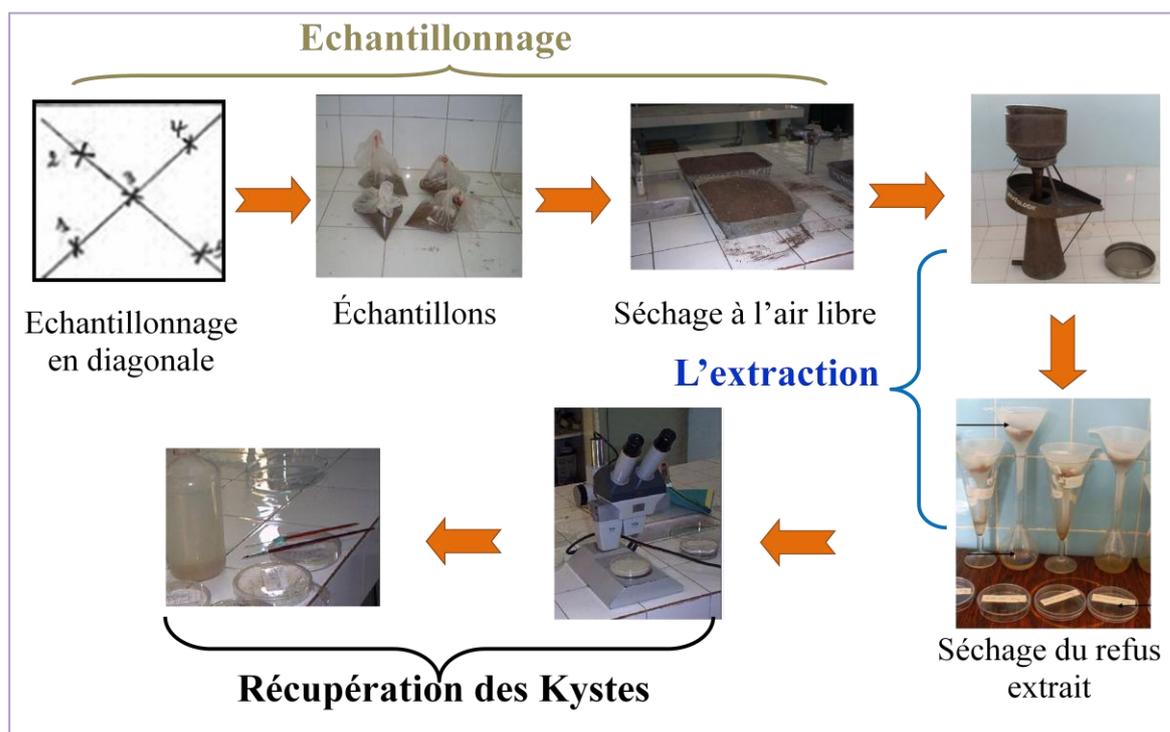


Fig.22: Principales étapes d'analyse nématologique des nématodes à kystes des céréales *Heterodera sp.*

III.2. Caractéristiques morpho-biométriques de deux populations d'*Heterodera* sp.

On a choisi deux populations, l'une de la commune de Tiaret et l'autre appartenant de la commune de Dahmouni dans la région de Tiaret.

III.2.1. Le but de cette étude

- ✓ Avoir une idée sur les caractéristiques et les variations :
 - ❖ Morphologiques : la forme générale des kystes, couleur,... etc. ;
 - ❖ Biométriques : Mensuration des kystes de deux populations ;
- ✓ La systématique : les espèces d'*Heterodera* trouvées dans ces deux populations ;
- ✓ Avoir des justifications de ces résultats.

III.2.2. Matériel et méthodes

III.2.2. 1. Etude biométrique

III.2.2.1. 1. Mensuration des kystes

III.2.2.1.1. a. Matériel

- ✚ Verres de montre ;
- ✚ Un pinceau ;
- ✚ L'eau oxygénée ;
- ✚ Le bistouri ;
- ✚ Lames et lamelles ;
- ✚ Loupe binoculaire ;
- ✚ Microscope optique.

III.2.2.1.1. b. Méthode

Dans un verre de montre et à l'aide d'un pinceau fin Dans l'eau oxygénée et l'alcool on nettoie les kystes. A l'aide d'un microscope optique muni d'un micromètre, les critères suivants sont mesurés (en μm): la longueur du corps, la largeur du corps, la longueur du cou et la longueur du cône vulvaire.

III.2.2.1. 2. Dénombrement des œufs par kyste de deux populations d'*Heterodera*

III.2.2.1.2. a. Matériel

- ✚ Matériels biologiques (kystes) ;
- ✚ L'eau ;
- ✚ Lames et lamelles ;
- ✚ Loupe binoculaire.

III.2.2.1.2. b. Méthode

Entre lame et lamelle et dans une goutte d'eau, nous écrasons un kyste plein d'*Heterodera*. Sous une loupe binoculaire, nous dénombrons les œufs contenus dans chaque kyste.

Nous avons pris une quarantaine (40) de kystes pleins de chaque population, puis nous avons calculé la moyenne des œufs par kyste pour chacune d'elles.

III.2.2. 2. Etude morphologique

III.2.2.2. 1. La morphologie des kystes

Des observations des kystes de deux populations sont réalisées sous une loupe binoculaire. Les différents critères morphologiques observés sont : la forme générale, la couleur et la taille.

III.2.2.2. 2. La morphologie du cône vulvaire

III.2.2.2.2. a. Matériel

- ✚ Verres de montre ;
- ✚ Un pinceau ;
- ✚ L'eau oxygénée ;
- ✚ L'alcool à 90° ;
- ✚ L'essence de girofle ;
- ✚ Liquide de Faure ;
- ✚ Le bistouri ;
- ✚ Lames et lamelles ;
- ✚ Loupe binoculaire ;
- ✚ Microscope optique.

III.2.2.2.2. b. Méthode

Afin d'identifier les espèces des nématodes à kystes du genre *Heterodera* récoltées, nous avons placé les kystes dans des verres de montre. Ils sont nettoyés avec de l'eau oxygénée, ensuite dans l'alcool, à l'aide d'un pinceau. Sous une loupe binoculaire, des coupes sont réalisées à l'aide d'un bistouri. On note que, seule la partie postérieure est prise en considération car elle comprend le cône vulvaire (Anonyme, 1970).

1. Montage et observation

On dépose le cône dans une goutte de liquide de Faure entre lame et lamelle, puis on observe au microscope optique à différents grossissements. Nous nous sommes basés sur les travaux de COOK (1982) et de NOBBS (1989) pour la détermination des espèces du genre *Heterodera*. Les coupes ainsi que le montage et l'identification des espèces (Fig. 23, 24) sont faites au niveau du laboratoire nématologique de l'université de Khemis Miliana.

2. Les étapes de réalisation des coupes et identification des espèces

L'identification des espèces de nématodes est basée essentiellement sur la morphologie du cône vulvaire du kyste qui passe par les étapes suivantes (fig. 23) :

1. Coupe transversale au niveau de la partie postérieure du kyste préalablement nettoyé ;
2. La coupe est vidée de son contenu à l'aide des aiguilles lancéolées ;
3. Trempage dans de l'eau oxygénée pendant 10 minutes ;
4. Trempage dans de l'eau de robinet ;
5. Trempage dans de l'alcool 75° pendant quelques minutes ;
6. Trempage dans de l'alcool 95° pendant quelques minutes ;
7. Trempage dans de l'essence de girofle ;
8. Dépôt des coupes dans une goutte étalée du liquide de Faure sur une lame ;
9. Dépôt d'une lamelle sur la lame ;
10. Observation des coupes à l'aide d'un microscope optique.

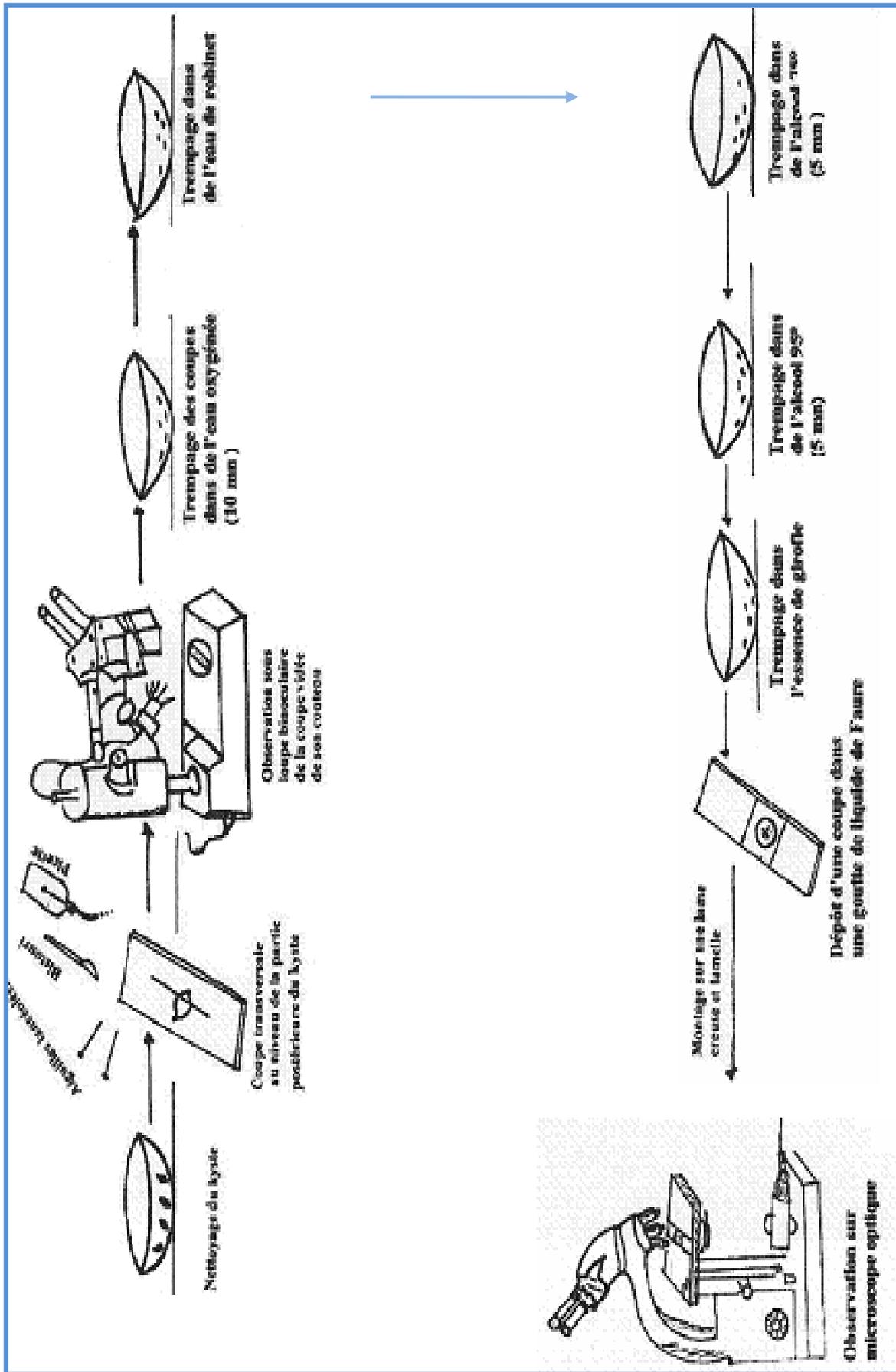


Fig. 23 : Principales étapes pour la réalisation des coupes au niveau du cône vulvaire des kystes.

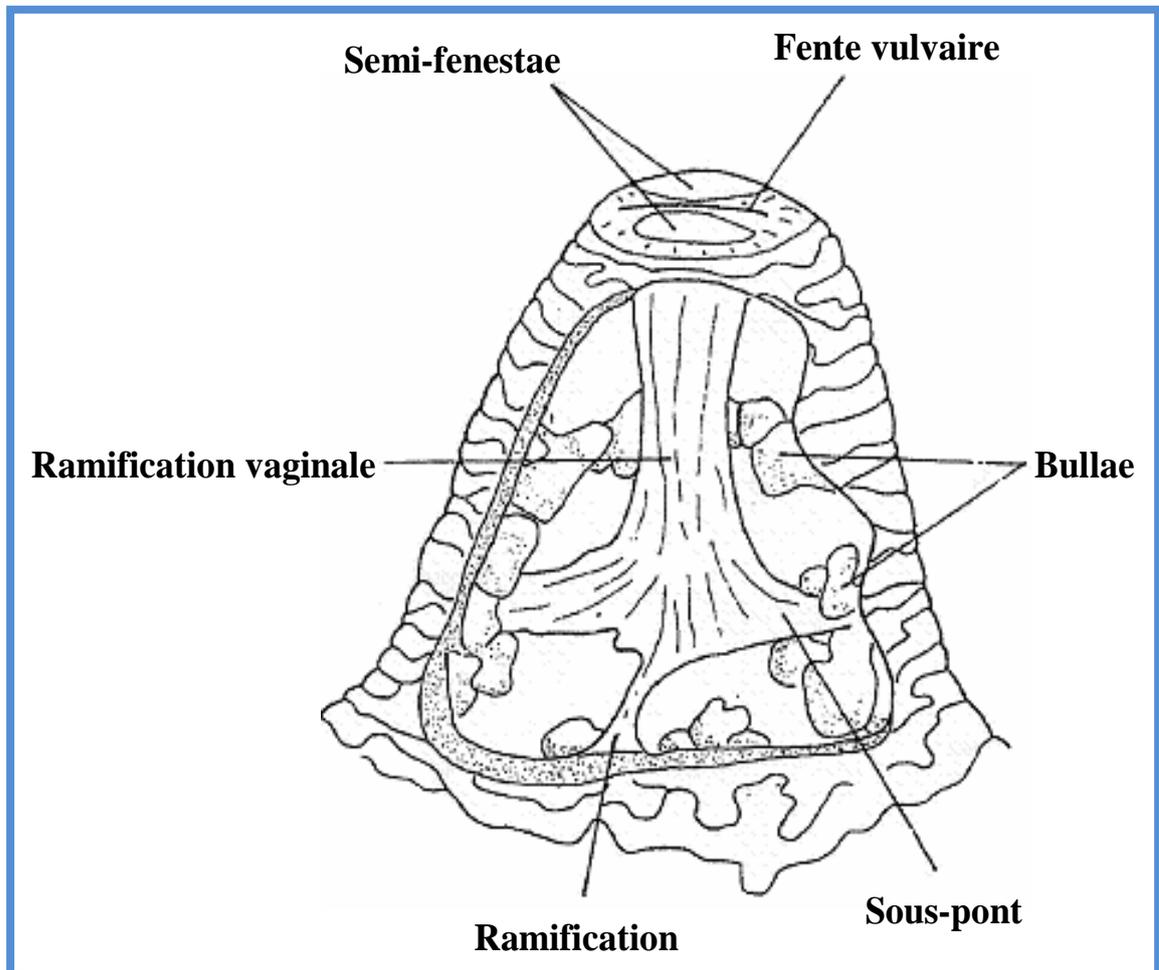


Fig.24 : Diagramme d'un cône vulvaire (NOBBS, 1989).

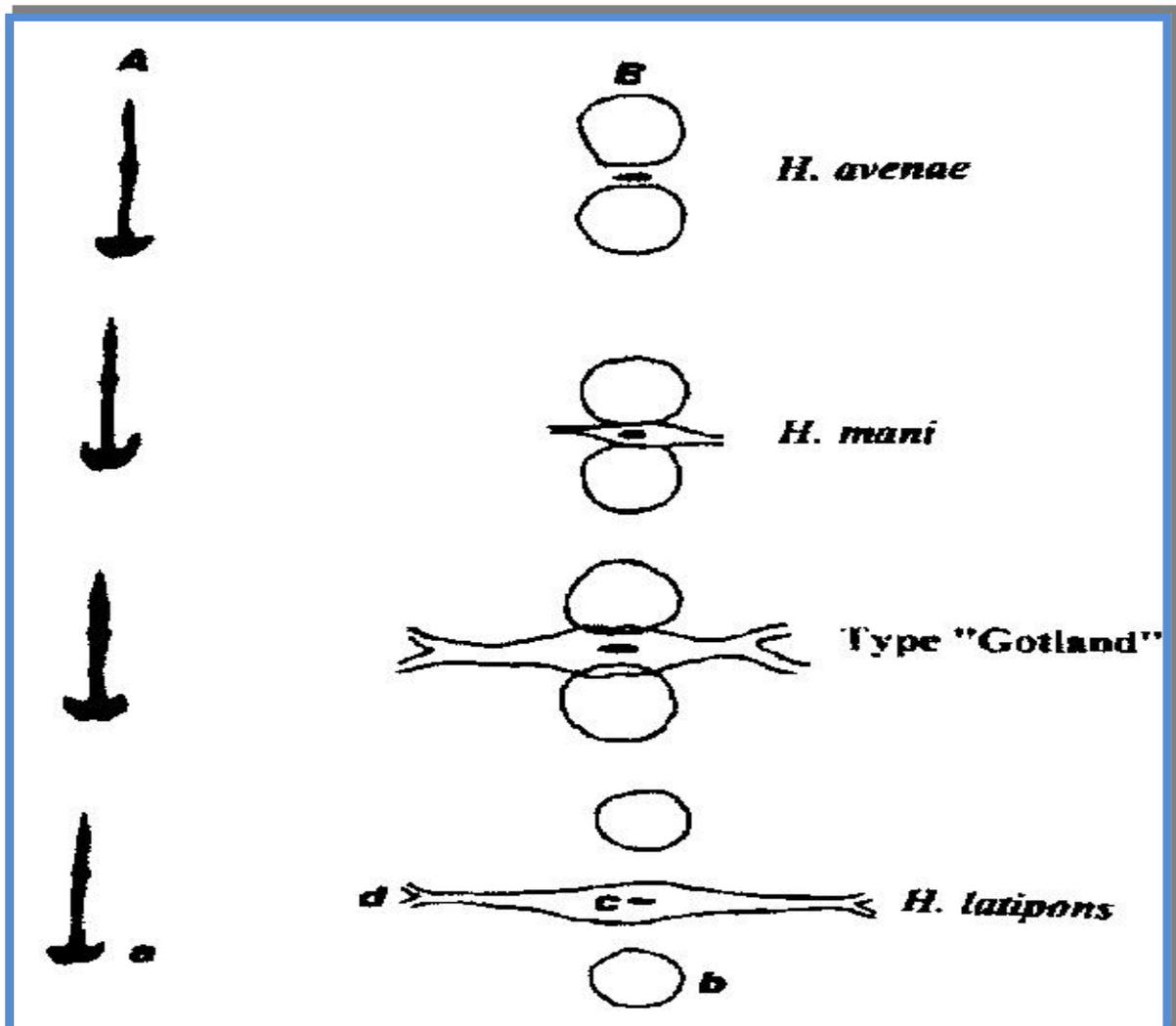


Fig.25 : Caractéristiques morphologiques majeures du stylet (A) des juvéniles et du cône vulvaire des kystes d'*Heterodera avenae*, *H. mani*, *H. latipons* et de type «Gotland » (BEKAL, 1997).

a : Forme des boutons basaux du stylet.

b: Fenêtre vulvaire.

c : Fente vulvaire.

d : Sous-pont vulvaire.

III.3. Impact des types de rotations culturales sur le degré d'infestation du nématode à kyste *Heterodera avenae* des céréales dans les hauts plateaux (Tiaret).

III.3.1. Les objectifs

- ✓ Connaitre les types de rotations la plus pratiquées dans les parcelles céréalières ;
- ✓ Evaluer leurs effet sur le degré d'infestation parcelles par *Heterodera avenae* ;
- ✓ Utiliser le type de rotation adéquat dans la lutte biologique anti-nématode ;
- ✓ Proposer un calendrier de rotation culturale pour la gestion durable de ce nématode.

III.3.2. Matériel et méthodes

Pour cette étude, on a choisi six (06) communes, pour chaque commune, cinq (05) parcelles de différents types de rotation culturale sont analysés. Les analyses nématologiques (échantillonnage, extraction, récupération des kystes et le comptage) donnent le degré d'infestation de ces parcelles (matériels et méthodes utilisés : voir III.1).

IV. Résultats et Discussion

**IV.1. État d'infestation de quelques parcelles à Tiaret par les
nématodes à kystes *Heterodera avenae* des céréales.**

IV.1.1. Résultats

IV.1.1.1. Importance de poids de sol échantillonné de chaque parcelle prospectée dans la région de Tiaret 2012-2013

Tableau 18 : Importance de poids de sol échantillonné de chaque parcelle prospectée

Commune	Poids (Kg)	Poids Total (Kg)
Tiaret	1.560	8.100
	1.380	
	1.400	
	1.020	
	1.240	
	1.500	
Takhemaret	2.500	14.600
	1.800	
	1.600	
	3.500	
	2.300	
	2.900	
Frenda	1.900	12.890
	1.550	
	2.450	
	3.600	
	1.090	
	2.300	
Rahouia	1.600	9.310
	1.350	
	1.950	
	2.060	
	1.200	
	1.150	
Sebaïne	1.300	9.500
	2.100	
	1.650	
	1.350	
	1.600	
	1.500	
Sougueur	2.600	8.960
	1.300	
	1.700	
	1.260	
	1.100	
	1.000	
Ain Kermes	1.950	12.440
	2.800	
	1.500	
	2.240	
	1.400	
	2.550	

Commune	Poids (Kg)	Poids Total (Kg)
Nadorah	1.350	11.630
	2.500	
	1.800	
	1.980	
	1.600	
	2.400	
Rechaïga	1.900	10.140
	2.050	
	1.750	
	1.360	
	1.480	
	1.600	
Dahmouni	2.550	17.950
	3.400	
	2.600	
	3.800	
	3.500	
	2.100	
Medrissa	1.750	10.830
	1.600	
	2.550	
	1.680	
	1.300	
	1.950	
Mechraa Sfa	1.450	9.580
	1.380	
	2.200	
	1.200	
	1.400	
	1.950	
Ain El-Hadid	2.680	19.83
	3.500	
	3.600	
	2.450	
	3.700	
	3.900	
Sidi Hosni	1.600	9.900
	1.400	
	1.350	
	2.100	
	1.650	
	1.800	
Sidi Abderrahmane	1.800	11.930
	2.500	
	1.300	
	1.900	
	2.650	
	1.780	
Total		168.59

IV.1.1. 2. Fréquence d'*Heterodera avenae* dans les communes prospectées dans la région de Tiaret (campagne 2012-2013)

Le tableau ci-dessous représente la fréquence d'*Heterodera avenae* dans les parcelles des quinze (15) communes prospectées dans la région de Tiaret.

Tableau 19 : Fréquence d' *H. avenae* dans les parcelles prospectées.

N°	Commune	Nbr. des parcelles prospectée	Nbr. des échantillons prélevés	% des parcelles infestés
01	Dahmouni	06	15	100%
02	Rahouia	06	09	100
03	Ain El-Hadid	06	17	100%
04	Ain Kermes	06	11	100%
05	Sidi Hosni	06	09	83.33%
06	Medrissa	06	10	83.33%
07	Nadorah	06	10	66.66%
08	Mechraa Sfa	06	08	66.66%
09	Sougueur	06	07	66.66%
10	Tiaret	06	08	33.33%
11	Frenda	06	12	33.33%
12	Sebaïne	06	09	16.66%
13	Sidi Abderrahmane	06	11	16.66%
14	Takhemaret	06	12	16.66%
15	Rechaïga	06	10	00.00%
		Total :	Total :	Moyenne :
		90	158	58.88%

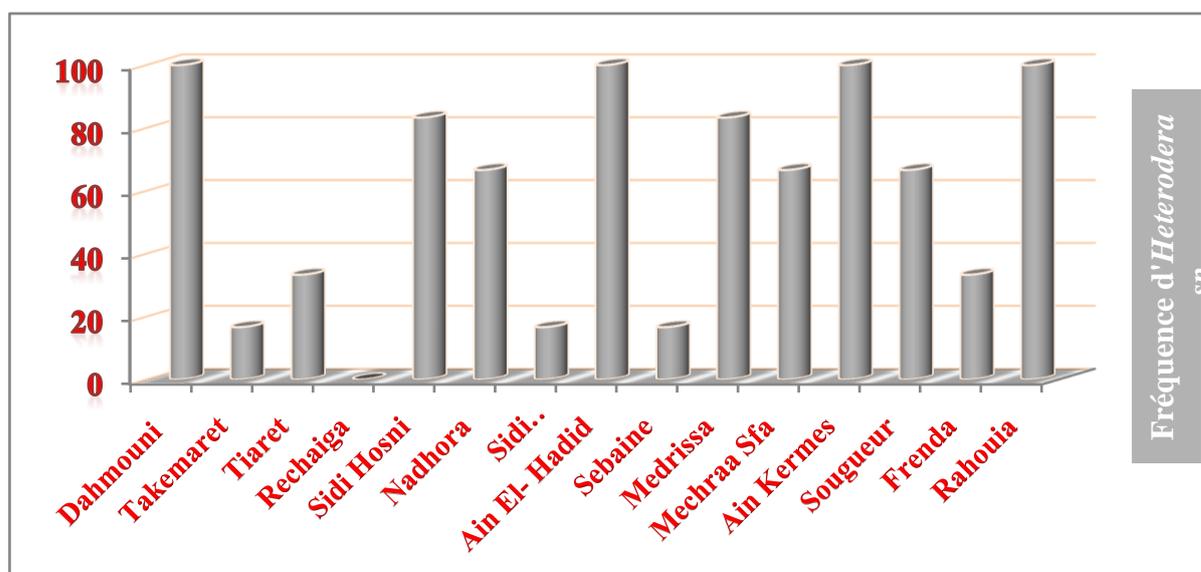


Fig.26 : Fréquence d' *H. avenae* dans les parcelles prospectées en 2012-2013.

Le nématode *H. avenae* a été mis en évidence dans l'ensemble des communes prospectées à l'exception de la commune de Rechaïga qui montre l'absence totale de ce nématode. La fréquence de ce nématode est variable (Tableau). Les communes de Dahmouni, Rahouia, Ain El Hadid, Ain Kermes, Medrissa, Sidi Hosni, Mechraa Sfa, Nadhora et Sougueur enregistrent les fréquences les plus importantes dans notre étude. En effet, elles sont entre **66.66 p. cent et 100 p. cent**. Cependant pour les communes de Tiaret, Frenda, Sebaine, Takhemaret et Sidi Abderrahmane, la fréquence est moins élevée cent par rapport aux premières, entre **16.66 p. cent et 33.33 p. cent**.

IV.1.1. 3. Etat d'infestation et répartition des nématodes à kystes des céréales *H. avenae* dans quelques parcelles dans la région de Tiaret.

Pour cette étude on prend en considération les paramètres suivants :

- La profondeur d'échantillon ;
- La texture du sol ;
- Le précédent cultural ;
- Les travaux culturaux pratiqués ;
- L'existence ou l'absence d'une source d'irrigation ;
- Le statut juridique des parcelles.

IV.1.1.3. 1. Importance des densités des nématodes *H. avenae* dans chaque parcelle prospectée dans la région de Tiaret (2012-2013).

Les résultats obtenus dans chaque parcelle des communes prospectées sont consignés dans les tableaux ci-dessous. Le poids d'échantillon analysé est de **500 g** pour chaque parcelle de la commune.

IV.1.1.3.1. a. Cas de la commune de Tiaret:

- Période du prélèvement : du 08 juillet 2012 au 04 août 2012 ;
- Nombre des prélèvements : 08 prélèvements.

Tableau 20 : Résultats d'analyse nématologique commune de Tiaret.

Commune	Parcelle	Profondeur d'échantillon	Texture de sol	Précédent cultural	Travaux Culturels	Irrigation	Statut Juridique	Nbr. K. V.	Nbr. K. P.	Nbr. Total des K.	Densité K.P./100g de sol
Tiaret	01	20	Limono- argileuse	Céréales	L. F.	N	EAI	08	14	22	2.8
	02	20	Argileux	Fourrage	L. F. D.	N	Privé	00	00	00	00
	03	20	Argilo - limoneux	Jachère	L. D.	N	EAI	00	00	00	00
	04	30	Argilo - limoneux	Céréales	L. F.	O	EAC	10	18	28	3.6
	05	30	Limono- argileuse	Céréales	L. F.	N	Privé	00	00	00	00
	06	30	Limono- argileuse	Jachère	L.	N	Privé	00	00	00	00

IV.1.1.3.1. b. Cas de la commune de Takhemaret:

- Période du prélèvement : du 16 juin 2012 au 23 juillet 2012;
- Nombre des prélèvements : 12 prélèvements.

Tableau 21 : Résultats d'analyse nématologique commune de Takhemaret.

Commune	Parcelle	Profondeur d'échantillon	Texture de sol	Précédent cultural	Travaux Culturels	Irrigation	Statut Juridique	Nbr. K. V.	Nbr. K. P.	Nbr. Total des K.	Densité K.P./100g de sol
Takhemaret	01	20	limoneux	Cultures maraichères	L. F. D.	O	Privé	00	00	00	00
	02	20	Argileux	Fourrage	L. F. D.	O	Privé	00	00	00	00
	03	20	Limono- argileuse	Cultures maraichères	L. F. D.	O	Privé	00	00	00	00
	04	30	Limono- argileuse	Jachère	L. D.	N	Privé	06	00	06	00
	05	30	limoneux	Cultures maraichères	L. D.	O	EAI	00	00	00	00
	06	30	limoneux	Cultures maraichères	L. D.	O	Privé	00	00	00	00

IV.1.1.3.1. c. Cas de la commune de Frenda:

- Période du prélèvement : du 22 juin 2012 au 07 juillet 2012;
- Nombre des prélèvements : 12 prélèvements.

Tableau 22 : Résultats d'analyse nématologique commune de Frenda.

Commune	Parcelle	Profondeur d'échantillon	Texture de sol	Précédent culturel	Travaux Culturelles	Irrigation	Statut Juridique	Nbr. K. V.	Nbr. K. P.	Nbr. Total des K.	Densité K.P./100g de sol
Frenda	01	20	Limono- argileuse	Fourrage	L. D.	N	Privé	00	00	00	00
	02	20	Limono- argileuse	Céréales	L. F.	O	EAC	12	12	24	2.4
	03	20	Limono- argileuse	Céréales	L. F.	N	EAC	15	17	32	3.4
	04	30	Argileux	Jachère	L. F. D.	N	EAC	00	00	00	00
	05	30	Argileux	Jachère	L.	N	Privé	00	00	00	00
	06	30	Limono- argileuse	Cultures maraichères	L. F.	O	EAI	00	00	00	00

IV.1.1.3.1. d. Cas de la commune de Rahouia:

- Période du prélèvement : du 26 juillet 2012 au 15 aout 2012;
- Nombre des prélèvements : 09 prélèvements.

Tableau 23 : Résultats d'analyse nématologique commune de Rahouia.

Commune	Parcelle	Profondeur d'échantillon	Texture de sol	Précédent culturel	Travaux Culturelles	Irrigation	Statut Juridique	Nbr. K. V.	Nbr. K. P.	Nbr. Total des K.	Densité K.P./100g de sol
Rahouia	01	20	Argilo- limoneuse	Céréales	L. F.	N	Privé	04	14	18	2.8
	02	20	Argileux	Fourrage	L. F.	N	EAC	06	18	24	3.6
	03	20	Limono- argileuse	Fourrage	L.	N	EAC	10	16	26	3.2
	04	30	Argilo- limoneuse	Céréales	L. F.	N	EAI	03	21	24	4.2
	05	30	Argilo- limoneuse	Fourrage	L. F.	N	Privé	09	12	21	2.4
	06	30	Argilo- limoneuse	Céréales	L. F. D.	N	EAC	02	19	21	3.8

IV.1.1.3.1. e. Cas de la commune de Sebaine:

- Période du prélèvement : du 24 aout 2012 au 14 septembre 2012;
- Nombre des prélèvements : 09 prélèvements.

Tableau 24 : Résultats d'analyse nématologique commune de Sebaine.

Commune	Parcelle	Profondeur d'échantillon	Texture de sol	Précédent cultural	Travaux Culturales	Irrigation	Statut Juridique	Nbr. K. V.	Nbr. K. P.	Nbr. Total des K.	Densité K.P./100g de sol
Sebaine	01	20	Limono- argileuse	Cultures maraichères	L. F. D.	O	Privé	00	00	00	00
	02	20	Argilo- limoneuse	Céréales	L. F. D.	O	Privé	00	00	00	00
	03	20	Limono- argileuse	Cultures maraichères	L. F. D.	O	EAC	00	00	00	00
	04	30	Limono- argileuse	Cultures maraichères	L. F.	O	Privé	08	00	08	00
	05	30	Argilo- limoneuse	Jachère	L. D.	N	EAI	10	14	24	2.8
	06	30	Argileux	Cultures maraichères	L. D.	O	Privé	00	00	00	00

IV.1.1.3.1. f. Cas de la commune de Sougueur:

- Période du prélèvement : du 08 juillet 2012 au 04 août 2012;
- Nombre des prélèvements : 07 prélèvements.

Tableau 25: Résultats d'analyse nématologique commune de Sougueur.

Commune	Parcelle	Profondeur d'échantillon	Texture de sol	Précédent cultural	Travaux Culturales	Irrigation	Statut Juridique	Nbr. K. V.	Nbr. K. P.	Nbr. Total des K.	Densité K.P./100g de sol
Sougueur	01	20	Argilo- limoneuse	Jachère	L. D.	N	Privé	12	05	17	01
	02	20	Argilo- limoneuse	Céréales	L. F.	O	EAC	18	11	29	2.2
	03	20	Limoneux	Cultures maraichères	L. F.	O	EAI	00	00	00	00
	04	30	Limono- argileuse	Fourrage	L. D.	N	Privé	00	00	00	00
	05	30	Argilo- limoneuse	Céréales	L.	O	EAC	21	16	37	3.2
	06	30	Argilo- limoneuse	Jachère	L.	N	EAC	10	06	16	1.2

IV.1.1.3.1. g. Cas de la commune d'Ain Kermes:

- Période du prélèvement : du 23 juillet 2012 au 18 octobre 2012;
- Nombre des prélèvements : 11 prélèvements.

Tableau 26 : Résultats d'analyse nématologique commune d'Ain Kermes.

Commune	Parcelle	Profondeur d'échantillon	Texture de sol	Précédent cultural	Travaux Culturels	Irrigation	Statut Juridique	Nbr. K. V.	Nbr. K. P.	Nbr. Total des K.	Densité K.P./100g de sol
Ain Kermes	01	20	Argileux-limoneuse	Céréales	L. F.	N	EAC	03	14	17	2.8
	02	20	Argileux	Jachère	L.	N	EAI	07	15	22	03
	03	20	Argileux-limoneuse	Céréales	L. F.	O	EAC	06	15	21	03
	04	30	Argileux	Fourrage	L. F.	N	EAC	04	22	26	4.4
	05	30	Argileux-limoneuse	Fourrage	L. D.	N	Privé	10	13	23	2.6
	06	30	Argileux-limoneuse	Céréales	L. F.	N	EAC	09	12	21	2.4

IV.1.1.3.1. h. Cas de la commune de Nadorah:

- Période du prélèvement : du 24 aout 2012 au 14 septembre 2012;
- Nombre des prélèvements : 10 prélèvements.

Tableau 27 : Résultats d'analyse nématologique commune de Nadorah.

Commune	Parcelle	Profondeur d'échantillon	Texture de sol	Précédent cultural	Travaux Culturels	Irrigation	Statut Juridique	Nbr. K. V.	Nbr. K. P.	Nbr. Total des K.	Densité K.P./100g de sol
Nadorah	01	20	Limono-Argileuse	Jachère	L.	N	EAI	12	17	39	3.4
	02	20	Argileux-limoneuse	Fourrage	L.	N	EAC	11	10	21	02
	03	20	Argileux-limoneuse	Jachère	L. F. D.	N	EAC	00	00	00	00
	04	30	Argileux	Céréales	L. D.	O	Privé	00	00	00	00
	05	30	Argileux-limoneuse	Fourrage	L. F.	O	Privé	15	19	34	3.8
	06	30	Argileux-sableuse	Fourrage	L.	N	EAC	07	10	27	02

IV.1.1.3.1. k. Cas de la commune de Rechaïga:

- Période du prélèvement : du 24 aout 2012 au 14 septembre 2012;
- Nombre des prélèvements : 10 prélèvements.

Tableau 28: Résultats d'analyse nématologique commune de Rechaïga.

Commune	Parcelle	Profondeur d'échantillon	Texture de sol	Précédent culturel	Travaux Culturels	Irrigation	Statut Juridique	Nbr. K. V.	Nbr. K. P.	Nbr. Total des K.	Densité K.P./100g de sol
Rechaïga	01	20	Argilo- sableuse	Cultures maraichères	L. F.	O	Privé	00	00	00	00
	02	20	Sablo- argileuse	Cultures maraichères	L. F. D.	O	Privé	00	00	00	00
	03	20	Argilo- sableuse	Céréales	L.	O	Privé	00	00	00	00
	04	30	Sablo- argileuse	Cultures maraichères	L. F. D.	O	EAC	00	00	00	00
	05	30	Sablo- argileuse	Jachère	L. D.	O	EAC	00	00	00	00
	06	30	Sablo- argileuse	Cultures maraichères	L. F. D.	O	Privé	00	00	00	00

IV.1.1.3.1. s. Cas de la commune de Dahmouni:

- Période du prélèvement : du 03 juillet 2012 au 19 septembre 2012 ;
- Nombre des prélèvements : 15 prélèvements.

Tableau 29 : Résultats d'analyse nématologique commune de Dahmouni.

Commune	Parcelle	Profondeur d'échantillon	Texture de sol	Précédent culturel	Travaux Culturels	Irrigation	Statut Juridique	Nbr. K. V.	Nbr. K. P.	Nbr. Total des K.	Densité K.P./100g de sol
Dahmouni	01	20	Argilo- sableuse	Céréales	L.	N	EAC	10	26	36	5.2
	02	20	Argilo- sableuse	Fourrage	L. F.	N	EAC	13	17	30	3.4
	03	20	Argileux	Fourrage	L. F.	N	EAI	08	11	19	2.2
	04	30	Argilo- sableuse	Céréales	L. F. D.	N	Privé	09	15	24	03
	05	30	Argilo- sableuse	Céréales	L. F.	N	EAC	05	23	28	4.6
	06	30	Argilo- limoneuse	Céréales	L. F.	O	EAC	08	24	32	4.8

IV.1.1.3.1. m. Cas de la commune de Medrissa:

- Période du prélèvement : du 23 juillet 2012 au 18 octobre 2012;
- Nombre des prélèvements : 10 prélèvements.

Tableau 30 : Résultats d'analyse nématologique commune de Medrissa.

Commune	Parcelle	Profondeur d'échantillon	Texture de sol	Précédent cultural	Travaux Culturels	Irrigation	Statut Juridique	Nbr. K. V.	Nbr. K. P.	Nbr. Total des K.	Densité K.P./100g de sol
Medrissa	01	20	Argilo- limoneuse	Céréales	L. F.	O	Privé	11	08	19	1.6
	02	20	Argilo- limoneuse	Fourrage	L. F.	N	EAC	16	11	27	2.2
	03	20	Argilo- limoneuse	Fourrage	L. F.	N	Privé	07	18	25	3.6
	04	30	Argilo- limoneuse	Jachère	L. D.	N	EAC	00	00	06	00
	05	30	Argilo- sableuse	Céréales	L. D.	N	EAC	09	20	29	04
	06	30	Sablo- Argileuse	Cultures maraichères	L. F.	O	EAI	03	08	11	1.6

IV.1.1.3.1. n. Cas de la commune de Mechraa Sfa:

- Période du prélèvement : du 26 juillet 2012 au 15 aout 2012;
- Nombre des prélèvements : 08 prélèvements.

Tableau 31 : Résultats d'analyse nématologique commune de Mechraa Sfa.

Commune	Parcelle	Profondeur d'échantillon	Texture de sol	Précédent cultural	Travaux Culturels	Irrigation	Statut Juridique	Nbr. K. V.	Nbr. K. P.	Nbr. Total des K.	Densité K.P./100g de sol
Mechraa sfa	01	20	Argilo- limoneuse	Fourrage	L. D.	N	EAI	09	12	21	2.4
	02	20	Argilo- limoneuse	Fourrage	L.	N	EAC	05	15	20	03
	03	20	Argilo- limoneuse	Céréales	L. F.	O	EAC	00	00	00	00
	04	30	Argileux	Fourrage	L. F. D.	O	Privé	16	10	26	02
	05	30	Argilo- limoneuse	Jachère	L.	N	EAC	00	00	00	00
	06	30	Limono- argileuse	Céréales	L. F.	N	EAC	27	14	31	2.8

IV.1.1.3.1. p. Cas de la commune de Sidi Hosni:

- Période du prélèvement : du 24 aout 2012 au 14 septembre 2012;
- Nombre des prélèvements : 09 prélèvements.

Tableau 32 : Résultats d'analyse nématologique commune de Sidi Hosni.

Commune	Parcelle	Profondeur d'échantillon	Texture de sol	Précédent cultural	Travaux Culturales	Irrigation	Statut Juridique	Nbr. K. V.	Nbr. K. P.	Nbr. Total des K.	Densité K.P./100g de sol
Sidi Hosni	01	20	Argileux	Jachère	L. F. D.	N	Privé	00	00	00	00
	02	20	Argilo- limoneuse	Jachère	L.	N	EAC	09	13	22	2.6
	03	20	Argilo- limoneuse	Céréales	L. F.	N	EAC	11	20	31	04
	04	30	Argileux	Céréales	L. F.	N	EAI	07	16	23	3.2
	05	30	Argileux	Fourrage	L. F.	O	Privé	11	08	19	1.6
	06	30	Argilo- limoneuse	Jachère	L. F.	N	EAC	14	14	28	2.8

IV.1.1.3.1. q. Cas de la commune d'Ain El-Hadid:

- Période du prélèvement : du 17 juin au 06 octobre 2012 ;
- Nombre des prélèvements : 17 prélèvements.

Tableau 33 : Résultats d'analyse nématologique commune d'Ain El-Hadid.

Commune	Parcelle	Profondeur d'échantillon	Texture de sol	Précédent cultural	Travaux Culturales	Irrigation	Statut Juridique	Nbr. K. V.	Nbr. K. P.	Nbr. Total des K.	Densité K.P./100g de sol
Ain El-Hadid	01	20	Limono- argileuse	Céréales	L. F. D.	O	EAC	04	17	21	3.4
	02	20	Argilo- limoneuse	Fourrage	L. F.	N	EAC	09	16	25	3.2
	03	20	Argileux	Céréales	L. F.	N	Privé	05	23	28	4.6
	04	30	Argileux	Céréales	L.	N	EAC	16	09	25	1.8
	05	30	Limono- argileuse	Cultures maraichères	L. F.	O	EAC	12	10	22	02
	06	30	Argileux	Jachère	L.	N	EAI	08	17	25	3.4

IV.1.1.3.1. r. Cas de la commune de Sidi Abderrahmane:

- Période du prélèvement : du 23 juillet 2012 au 18 octobre 2012;
- Nombre des prélèvements : 11 prélèvements.

Tableau 34 : Résultats d'analyse nématologique commune de Sidi Abderrahmane.

Commune	Parcelle	Profondeur d'échantillon	Texture de sol	Précédent culturel	Travaux Culturels	Irrigation	Statut Juridique	Nbr. K. V.	Nbr. K. P.	Nbr. Total des K.	Densité K.P./100g de sol
Sidi Abderrahmane	01	20	Argilo- limoneuse	Fourrage	L. F. D.	N	Privé	00	00	00	00
	02	20	Limono- argileuse	Cultures maraichères	L. D.	O	Privé	00	00	00	00
	03	20	Sablo- Argileuse	Cultures maraichères	L. F.	O	EAC	00	00	00	00
	04	30	Argilo- limoneuse	Céréales	L.	O	EAI	00	00	00	00
	05	30	Sablo- argileuse	Cultures maraichères	L. F.	O	EAC	19	08	27	1.6
	06	30	Argilo- sableuse	Cultures maraichères	L. F. D.	O	Privé	00	00	00	00

L. : Labours ; **F.** : Fertilisation ; **D.** : Désherbage ; **O** : Oui ; **N** : Non ; **EAC** : Exploitation agricole collectif ; **EAI** : Exploitation agricole individuel.

IV.1.1.3. 2. Importance du degré d'infestation par *H. avenae* de chaque commune prospectée dans la région de Tiaret en 2012-2013

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 24 et la figure 17, représentant les pourcentages de kystes pleins et vides ainsi que la densité et le degré des différentes communes prospectées.

Tableau 35 : Pourcentage des K. V. et K. P. et le degré d'infestation.

Commune	Nbr. de K. P.	Nbr. de K. V.	Nbr. total des kystes	% de K. P.	% de K. V.	Densité moyen K P/100 g de sol	Degré moy. d'infestation (Nbr. L ₂ / g de sol)
Dahmouni	116	53	169	68.63%	31.37%	3.86	13.14
Takhemaret	00	06	06	00.00%	100%	00	00
Tiaret	32	18	50	64%	36%	1.06	3.62
Rechaïga	00	00	00	00.00%	00.00%	00	00
Sidi Hosni	71	52	123	57.72%	42.28%	2.36	8.04
Nadhora	56	45	101	55.44%	44.56%	1.86	6.34
Sidi Abderrahmane	08	19	27	29.63%	70.37%	0.26	0.91
Ain El- Hadid	92	54	146	63.01%	36.99%	3.06	10.42
Sebaïne	14	10	24	58.33%	41.67%	0.46	1.58
Medrissa	65	46	111	58.56%	41.44%	2.16	7.36
Mechraa Sfa	51	57	108	47.22%	52.78%	1.7	5.78
Ain Kermes	91	39	130	70%	30%	3.03	10.31
Sougueur	38	61	99	38.38%	61.62%	1.26	4.30
Frenda	29	27	56	51.78%	48.22%	0.96	3.28
Rahouia	100	34	134	74.63%	25.37%	3.33	11.33

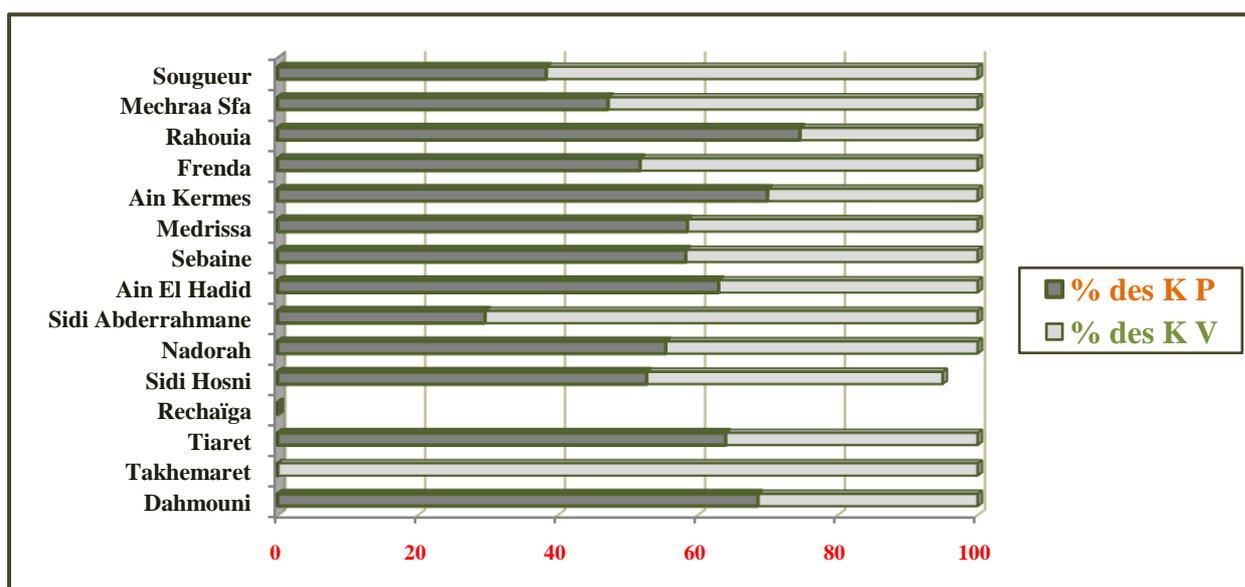


Fig. 27 : Les pourcentages de kystes pleins et vides des communes prospectées.

IV.1.1.3. 3. Classement des communes céréalières prospectées en fonction du degré d'infestation par *H. avenae*.

La gravité de l'infestation étudiée dans les parcelles céréalières s'avère très variable. En effet, si l'on se réfère au seuil de nuisibilité de 10 L₂/g de sol établi par RIVOAL *et al.*, (1980), nous pouvons classer ces zones comme suit :

Tableau 36 : Le degré moyen d'infestation et le classement des communes prospectées.

N°	Commune	Degré moye. d'infestation (Nbr. L ₂ / g de sol)	Classement
01	Dahmouni	13.14	Fortement infesté
02	Rahouia	11.33	Fortement infesté
03	Ain El-Hadid	10.42	Fortement infesté
04	Ain Kermes	10.31	Fortement infesté
05	Sidi Hosni	08.04	Moyennement infesté
06	Medrissa	07.36	Moyennement infesté
07	Nadorah	06.34	Moyennement infesté
08	Mechraa Sfa	05.78	Moyennement infesté
09	Sougueur	04.30	Moyennement infesté
10	Tiaret	03.62	Moyennement infesté
11	Frenda	03.28	Moyennement infesté
12	Sebaïne	01.58	Moyennement infesté
13	Sidi Abderrahmane	0.91	Faiblement infesté
14	Takhemaret	00.00	Indemne
15	Rechaïga	00.00	Indemne

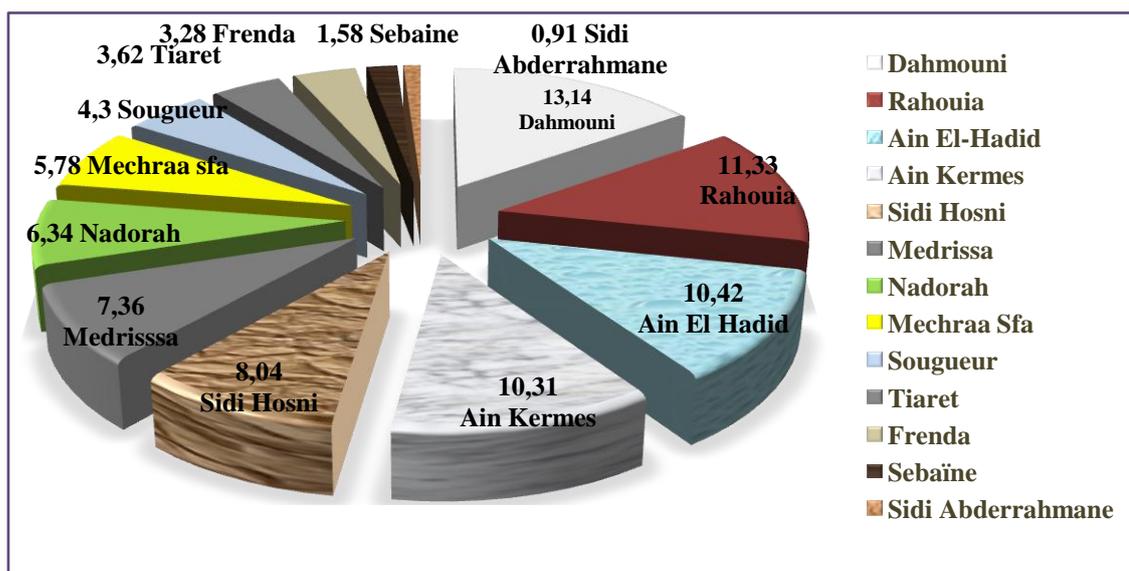


Fig.28 : Le degré d'infestation des communes infestées

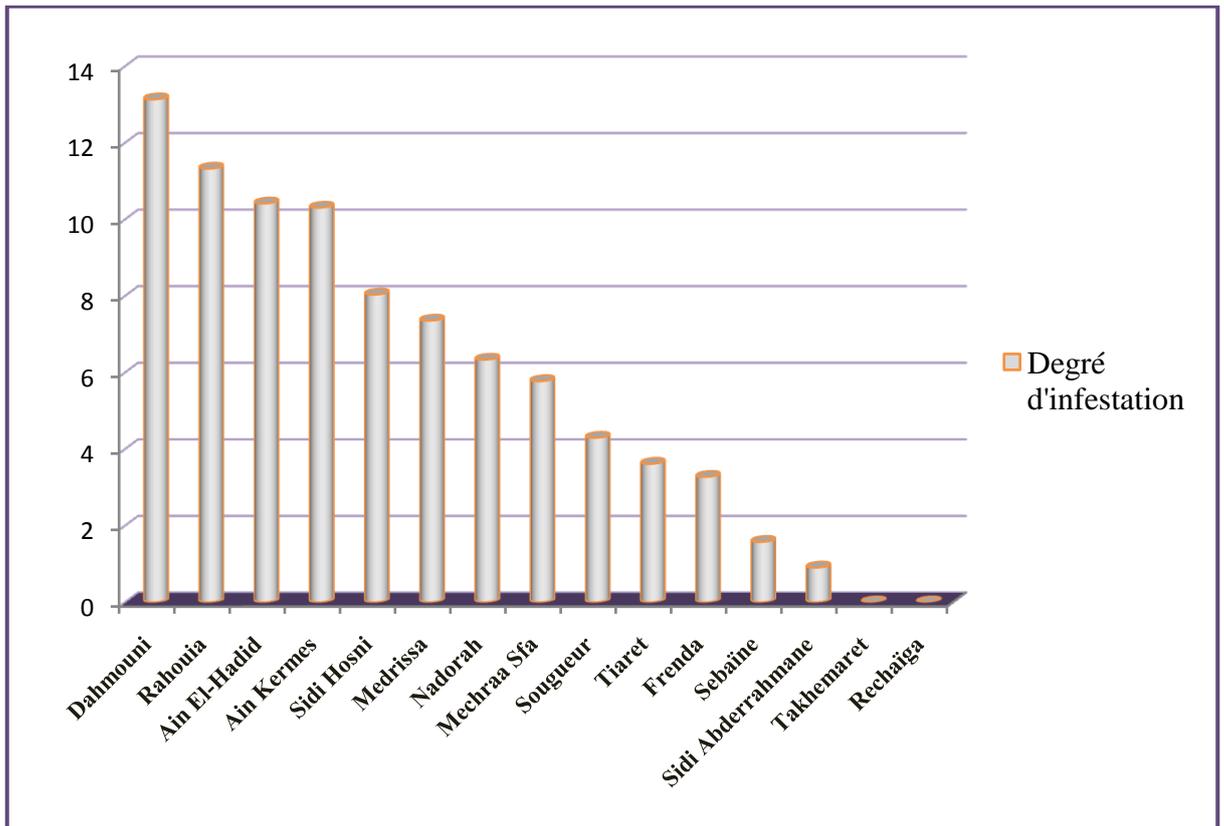


Fig.29. Classement des communes céréalières prospectées en fonction du degré d'infestation par *H. avenae*

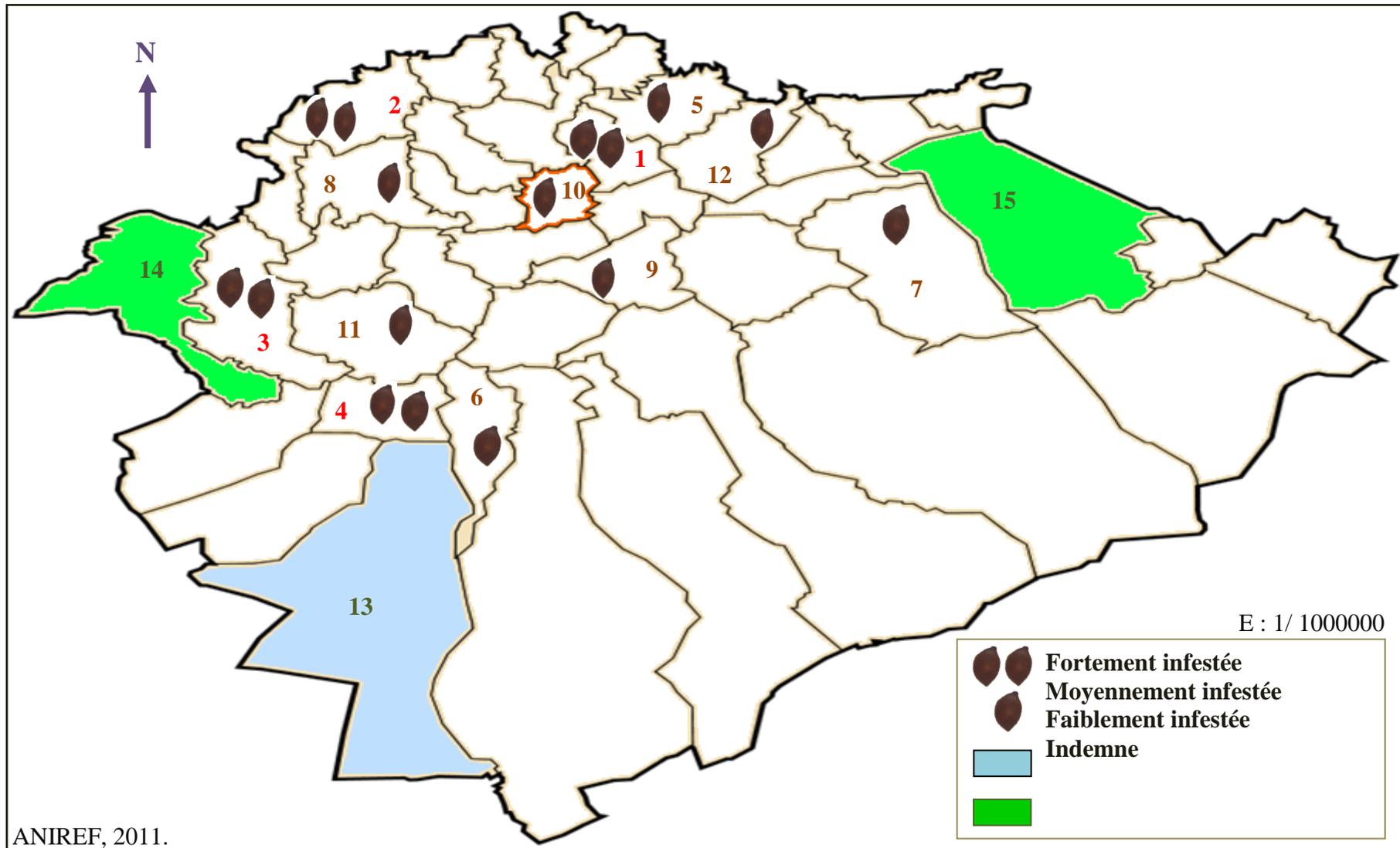


Fig.30 : La répartition d’Heterodera et leur degré d’infestation dans quelques communes prospectées dans la région de Tiaret 2013 (Original).

IV.1.2. Discussion

Ce nématode est considéré parmi les principales contraintes qui affectent la production des céréales à l'échelle mondiale (WILLIAM, NICKLE, 1991). Des dégâts évalués à plusieurs millions de dollars ont été observés dans une région à climat méditerranéen situé au Sud- Est de l'Australie (MEAGHER, 1982). Les résultats obtenus dans notre étude révèlent la présence d' *H. avenae* dans la région de Tiaret à différents communes et orientations de cette wilaya (est, ouest, nord et sud), avec une fréquence variable allée de 00 à 100%.

Si on prend les communes de Rahouia, Dahmouni, Ain El-Hadid et Ain Kermes qui ont une fréquence très élevée 100%. Cela confirme les résultats des autres auteurs comme : LABDELLI, 1995; MOHAMED MEZIANI, 1996 et SMAHA, 1998, OUDDENE, 2010 qui sont travaillé sur la commune de Dahmouni mais avec une augmentation de 10 à 15%. Les communes de Medrissa, Sidi Hosni ont une fréquence élevée de 83.33%, même chose pour Sougueur, Nadorah et Mechraa Sfa de 66.66% des parcelles infestées. OUDDENE en 2010 enregistre dans la commune de Sidi Hosni une fréquence de 40%, donc 100% d'augmentation durant 03 ans. Cette élévation et l'augmentation de fréquence (entre 66.66% et 100%) pourraient expliquer par le fait que ces communes se trouvent dans des zones où la monoculture (céréales) est la plus dominante.

Dans les communes de Frenda et Tiaret, *Heterodera sp.* trouve dans 33.33% des parcelles prospectées. OUDDENE, 2010 enregistre 70% de Fréquence d'Heterodera dans la commune de Tiaret.

Cette diminution de fréquence dans ces deux communes est due à la présence des sources d'eau (puits surtout), ce qui donne la chance d'une rotation de polycultures (cultures non hôtes).

Une fréquence de 16.66% noté dans Les communes de Sebaine, Sidi Abderrahmane et Takhemaret. Une absence totale d'Heterodera dans toutes les parcelles de la commune de Rechaïga (00.00%). En 2010, une fréquence de 84.64% enregistré par OUDDENE dans la commune de Takhemaret.

La pratique des cultures maraichères dans ces communes et le maintien des parcelles constituent l'un des causes de cette régression de fréquence d'Heterodera.

Nous remarquons à travers les résultats obtenus que les densités d'infestation sont très hétérogènes et varient considérablement d'une commune à une autre; au sein d'une même commune: d'une parcelle à une autre, d'un échantillon à une autre.

À l'exception des parcelles des communes de Rechaïga et Takhemaret qui sont indemnes, les parcelles de treize communes prospectées sont toutes infestées par *H. avenae* avec des densités différentes. Cela peut s'expliquer par la pratique de la céréaliculture plus souvent.

Pour les parcelles indemnes de la commune de Takhemaret, les résultats obtenus montrent que la fréquence d'*H. avenae* est de 16.66% dont le total est représenté par des kystes vides (100% K.V.), avec une répartition hétérogène.

On note une faible infestation dans les parcelles de la commune de Sidi Abderrahmane avec un degré de 0.91 L₂/g de sol, avec un fort taux de kystes vides : plus de 70% sont des K. V.

Ce degré nul (indemne) ou faible s'explique par l'effet de polycultures, à cause de l'existence d'une source d'irrigation dans la majorité de ces parcelles.

Les prospections montrent que plus de 65% de ces parcelles céréalières pratiquent souvent le maraichage et 10% la jachère.

Cela confirme les résultats obtenus par plusieurs auteurs tels que TAYLOR, 1968, LACOMBE et RICHAUD, 1993, RIVOAL et COOK, 1993.

Plus de 61% de ces agriculteurs maintiennent leurs parcelles par l'utilisation des amendements et l'élimination des mauvaises herbes. Un calendrier de rotation basée sur maraichages et jachère (non hôtes), subvenir par tous les opérations et les travaux culturales (labours, fertilisation, désherbage) sont des moyens plus efficaces pour diminuer les pullulations de ces parasites. Ils donnent un avantage d'avoir un très faible degré d'infestation entre 0 L₂/g de sol et 0.91 L₂/g de sol. Environ 70% des parcelles sont à titre propriétaire (privée) ce qui diminue l'éventualité de dissémination des parcelles par échange de matériel ou irrigation par rigole.

Les parcelles des communes de Sebaïne, Frenda, Tiaret, Sougueur, Mechraa Sfa, Nadorah, Medrissa et Sidi Hosni sont Moyennement infestées. Elles sont respectivement de l'ordre de 1.58 L₂/g de sol, 3.28 L₂/g de sol, 3.62 L₂/g de sol, 4.30 L₂/g de sol, 5.78 L₂/g de sol, 6.34 L₂/g de sol, 7.36 L₂/g de sol et de 8.04 L₂/g de sol.

Ces communes citées ont un taux plus au moins élevé des kystes pleins respectivement de l'ordre de : 58.33%, 51.78%, 64 %, 38.38%, 47.22%, 55.44%, 58.56% et de 57.72%. En ce qui concerne les parcelles des communes à forte infestation par *H. avenae*, avec une fréquence de 100%, on a Dahmouni, Rahouia Ain El-Hadid et Ain Kermes dont le degré moyen est respectivement de l'ordre de 13.14L₂/g de sol, 11.33, 10.42 et de 10.31. Les kystes des populations d'*Heterodera sp.* de ces quatre communes sont en majorité des kystes pleins : entre 63% et 74% K. P.

Ces forts degrés d'infestation sont dus à la monoculture intensif appliquée, cela confirme les résultats de plusieurs auteurs tel que : AZIZI, 1993; LABDELLI, 1995; MOHAMED MEZIANI, 1996; SMAHA, 1998; MOKABLI, 2002, OUANIGHI, 2004; HAMROUN, 2006, TRABELSI en 2009 et OUDDENE, 2010. Dans ces communes, les agriculteurs sont habitués à l'emploi des rotations basées essentiellement sur les céréales et fourrages, à cause de la rentabilité des céréales (par l'encouragement et la subvention des prix par l'état), les conditions climatiques (précipitation surtout) dans ces derniers années. La monoculture céréale peut due à la rareté des forages d'irrigation dans ces parcelles (pas de choix). On note dans ces quatre communes (Dahmouni, Rahouia, Ain El Hadid et Rahouia) :54.66% des parcelles ont une précédente culturale céréale, 33.33% fourrages et seulement 8% jachère et 4% Maraichage. On note l'absence de désherbage (seule 17% des parcelles faites), ce qui donne favorise la pullulation de ce parasite qui peut utilise les mauvaises herbes comme hôte secondaire. Il serait indispensable de faire une analyse nématologique pour voir si les graminées sauvages sont hôtes à ces parasites.

Pour la texture des parcelles moyennement et fortement infestées: plus de 47% sont des sols argileux-limoneuse, plus de 10% argileux-sableuse, plus de 18% limono-argileuse et plus de 3% limoneux, qui sont favorable pour la locomotion libre et la pénétration dans les plantes et donc leur développement. Seulement 20% des sols sont argileux qui est défavorable pour le développement de ces parasites (sol tassé), cela confirme les résultats obtenus par RITTER, 1982. HAMMACHE en 2010 trouve que les sols limono-sableux peuvent fournir au *Meloidogyne* toutes les conditions favorables et adéquates pour leur prolifération.

Ajoutée à cela, la quantité importante de précipitation pendant l'année précédente avec une température moyenne favorable. Ces facteurs climatiques favorisent l'éclosion des

œufs de ces nématodes GRECO (1981), LACOMBE (1988) et MOKABLI *et al.* (2001) et par conséquent une augmentation des larves L₂/ g de sol.

Les résultats montrent que le statut juridique des parcelles (privé, EAC, EAD) peut constituer l'un des causes d'augmentation de propagation et développement de ce nématode. Plus de 54 % des parcelles de moyenne et forte infestation sont des exploitations agricoles collectives (EAC). Cela facilite le déplacement des kystes d'*Heterodera* d'une parcelle à une autre et augmente la possibilité de propagation, par l'échange de matériels agricoles et l'irrigation par rigole (une seule source d'irrigation dans l'exploitation).

Le paramètre profondeur des échantillons montre que la répartition et la distribution dans la totalité des kystes (K. P. + K. V.) sont presque identiques entre la profondeur 20 cm et 30 cm et même chose pour les kystes pleins. Par contre, il existe une différence de distribution verticale chez les kystes vides : 54.44% des kystes vides se trouvent dans la profondeur de 30 cm et 45.56% des kystes vides se situent dans les 20 cm de profondeur. Cela s'explique par : la texture, la température, l'humidité et le pH de sol ; les conditions climatiques (précipitation et Température) de la zone ; les cultures et les variétés cultivées ; la profondeur des racines des céréales (où déroule le cycle d'*Heterodera*) qui peut atteindre plus de 50 cm ; la migration des nématodes à l'état mobile (L₂). Les nématodes à kystes des céréales *Heterodera sp.* situé à 30 cm de profondeur peut éclore mieux que celles trouvés à 20 cm :

Plus la profondeur ↑ → Plus Taux d'éclosion des œufs ↑ (dans la zone d'enracinement).
-Taux d'éclosion des œufs à 30 cm > Taux d'éclosion des œufs à 20 cm de profondeur.

Pour les communes de Freneda, Ain El-Hadid, Medrissa, Sidi Abderrahmane, Mechraa Sfa, Ain Kermes aucune étude nématologique n'a été faite auparavant et c'est la première fois que nous mettons en évidence la présence de ces parasites.

L'analyse des 158 échantillons de sol de 90 parcelles prospectées depuis mi juin 2012 jusqu'au fin octobre 2012 dans quinze (15) communes de la wilaya de Tiaret a montré une fréquence moyenne de 58.88 p. cent. avec une diminution de 15% à celle obtenu en 2010.

Les analyses nématologiques à travers la région de Tiaret montre la prédominance des kystes pleins (plus de 59 p. cent K.P.).

Si l'on admet que le seuil de nuisibilité pour les pays du bassin méditerranéen est de 10L₂/ g de sol (RIVOAL *et al.*, 1980), celui-ci n'est pas dépassé pour la moyenne des communes prospectées, avec une degré moyen d'infestation de la région de Tiaret de 5.76 L₂/g de sol. Cette degrés est élevé plus de 2.35 L₂/g de sol par rapport à celle de 2010. Cependant, les degrés d'infestation varient d'une commune à une autre.

D'après les enquêtes faites et les discussions avec les agriculteurs on a conclu que ces fréquences sont dues principalement à la méconnaissance totale de ce nématode et son importance économique. Ils expliquent souvent la diminution des rendements par les conditions climatiques seulement, on note également l'absence de la vulgarisation agricole dans cette région. Ces résultats confirment les études faites dans cette région par les auteurs cités précédemment, et même les études faites d'ailleurs par plusieurs chercheurs, ont conclu que la monoculture (plante hôte) et la présence d'eau sont des facteurs les plus indispensables pour le développement et la pullulation de tous les nématodes phytophages : WILLIAMS et SIDDIQI, 1972, GAULER et BILGRAMI, 2004 et ROLAND *et al.*, 2009).

IV.2. Caractéristiques morpho-biométriques de deux populations d'*Heterodera sp.*

IV.2.1. Résultats

IV.2.1.1. Les caractères morphologiques des kystes de deux populations

IV.2.1.1. a. La forme

Différentes formes sont observées chez les kystes de ces deux populations. La plupart des kystes sont citrifformes. En effet, il y a des kystes allongés et globuleuses (Photo 2, 3). La paroi du kyste se compose de plusieurs stries en zig-zag.

IV.2.1.1. b. La couleur

Le principale couleur des kystes observés est le brun, le noir et le marron (foncé ou clair). En effet, quelques kystes nouvellement formés sont enveloppés dans un duvet blanc (couche sub-crystalline) (Photo 1).

IV.2.1.1. c. La taille

Il existe des kystes de petite et de grande taille (Photo 2 et 3).



Photo 1 : kystes d'*Heterodera avenae*

Population Dahmouni 2013 (Original) (Gr:10x20)

IV.2.1.2. Les caractères biométriques des kystes d'*Heterodera sp.* de deux population (Tiaret, Dahmouni)

IV.2.1.2.1. Mensurations des kystes des deux populations étudiées

Les mensurations des kystes de chaque population sont présentées dans le tableau et la figure ci-dessous :

Tableau 37 : Mensurations (longueur et largeur) des kystes des deux populations.

Populations	Longueur du kyste moye. [Min. Max.]	Largeur du kyste moye. [Min. Max.]	Longueur du cône vulvaire moye. [Min. Max.]	Longueur du cou moye. [Min. Max.]
Tiaret	590,75 : [530 - 680]	498,5 : [420 - 560]	22,5 : [10 - 50]	50,25 : [40 - 70]
Dahmouni	724,75 : [630 - 880]	470,25 : [320 - 570]	28,75 : [20 - 50]	42 : [30 - 70]

Unité : μm

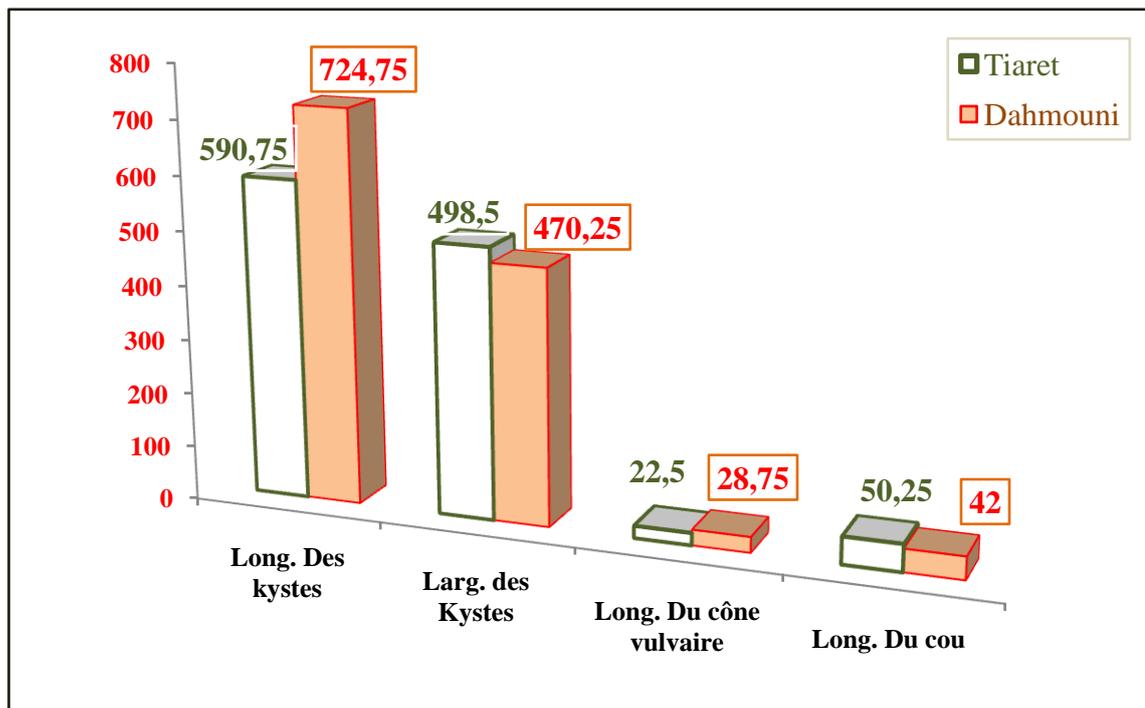


Fig.31 : Mensurations (longueur et largeur) des kystes des deux populations.

Analyse statistique

Un seul facteur est mis en évidence

Facteur 1 : population avec deux niveau (Tiaret et Dahmouni).

Les variables à analyser sont :

La longueur du corps,
 La largeur du corps,
 La longueur du cou,
 La longueur du cône vulvaire.

a. Analyse statistique : La longueur des kystes

Analyse de la variance

Tableau 38 : Résultats de l'analyse de la variance pour la longueur des kystes

Tests Univariés de Significativité pour la longueur des kystes					
	SC	Degré de liberté	MC	F	p
ord. origine	34610805	1	34610805	14293,28	0,00
population	359120	1	359120	148,31	0,00
Erreur	188875	78	2421		

Pour le facteur 1 : population

On a (**p = 0,00**) < **0,05** ➡ Effet de la longueur des kystes est hautement significatif (HS), donc la longueur des kystes diffère d'une population à une autre.

L'analyse de la variance a été complétée par le test de Newman-Keuls au seuil de 5% qui a pour le but la comparaison des moyennes. Les résultats du test sont consignés dans le tableau 39.

Test de Newman-keuls

Tableau 39 : Résultats du test de Newman-keuls sur la longueur des kystes

F1	Libellés	Moyennes	Groupes homogènes
1	Tiaret	590,75	A
2	Dahmouni	724,75	B

Pour le facteur 1 : population.

Le test de Newman-Keuls ressortir l'existence de deux groupes homogènes :

Le groupe **A** : représenté par la population de Tiaret qui présente une longueur moyenne de 590,75 µm.

Le groupe **B** : représenté par la population de Dahmouni qui présente une longueur moyenne importante de 724,75 μm .

b. Analyse statistique : la largeur des kystes

Analyse de la variance

Tableau 40 : Résultats de l'analyse de la variance pour la largeur des kystes.

Tests Univariés de Significativité pour la largeur des kystes					
	SC	Degré de liberté	MC	F	P
ord. origine	18769531	1	18769531	6991,266	0,000000
population	15961	1	15961	5,945	0,017031
Erreur	209407	78	2685		

Pour le facteur 1 : population

On a ($p = 0,017$) < $0,05$ \implies Effet est hautement significatif de la largeur des kystes, donc la largeur des kystes diffèrent des deux populations.

L'analyse de la variance a été complétée par le test de Newman-Keuls au seuil de 5% qui a pour le but la comparaison des moyennes. Les résultats du test sont consignés dans le tableau 41.

Test de Newman-Keuls.

Tableau 41 : Résultats du test de Newman-Keuls sur la largeur des kystes.

F1	Libellés	Moyennes	Groupes homogènes
1	Tiaret	498,5	A
2	Dahmouni	470,25	B

Pour le facteur 1 : population.

Le test de Newman-Keuls ressortir l'existence de deux groupes homogènes :

Le groupe **A** : représenté par la population de Tiaret qui présente une largeur moyenne de 498,5 μm .

Le groupe **B** : représenté par la population de Dahmouni qui présente une largeur moyenne importante de 470,25 μm .

c. Analyse statistique : la longueur du cône vulvaire des kystes.

Analyse de la variance

Tableau 42 : Analyse de la variance pour la longueur du cône vulvaire des kystes.

Tests Univariés de Significativité pour la longueur du cône vulvaire des kystes					
	SC	Degré de liberté	MC	F	P
ord. origine	52531,25	1	52531,25	603,6740	0,000000
Population	781,25	1	781,25	8,9779	0,003663
Erreur	6787,50	78	87,02		

Pour le facteur 1 : population

On a ($p = 0,0036$) < $0,05$ \Rightarrow Effet H. S. de la longueur du cône vulvaire des kystes, donc la longueur du cône vulvaire des kystes non pas identique pour les deux populations testées.

L'analyse de la variance a été complétée par le test de Newman-Keuls au seuil de 5% qui a pour le but la comparaison des moyennes. Les résultats du test sont consignés dans le tableau 43.

Test de Newman-keuls

Tableau 43 : Résultats du test de Newman-keuls sur la longueur du cône vulvaire.

F1	Libellés	Moyennes	Groupes homogènes
1	Tiaret	22,5	A
2	Dahmouni	28,75	B

Pour le facteur 1 : population.

Le test de Newman-Keuls ressortir l'existence de deux groupes homogènes :

Le groupe **A** : représenté par la population de Tiaret qui présente une longueur moyenne du cône vulvaire des kystes : 22,5 μ m.

Le groupe **B** : représenté par la population de Dahmouni qui présente une longueur moyenne du cône vulvaire des kystes : 28,75 μ m.

d. Analyse statistique : la longueur du cou des kystes.

Analyse de la variance

Tableau 44 : Analyse de la variance pour la longueur du cône vulvaire des kystes.

Tests Univariés de Significativité pour la longueur du cône vulvaire des kystes
--

	SC	Degré de liberté	MC	F	P
ord. origine	170201,2	1	170201,2	1519,393	0,000000
Population	1361,3	1	1361,3	12,152	0,000808
Erreur	8737,5	78	112,0		

Pour le facteur 1 : population

On a ($p = 0,000808$) < $0,05$  Effet hautement significatif (H S) de la longueur du cou des kystes, donc la longueur du cou des kystes varié d'une population à une autre.

L'analyse de la variance a été complétée par le test de Newman-Keuls au seuil de 5% qui a pour le but la comparaison des moyennes. Les résultats du test sont consignés dans le tableau 45.

Test de Newman-keuls

Tableau 45 : Résultats du test de Newman-keuls sur le cou des kystes.

F1	Libellés	Moyennes	Groupes homogènes
1	Tiaret	50,25	A
2	Dahmouni	42	A

Pour le facteur 1 : population.

Le test de Newman-Keuls ressortir l'existence de deux groupes homogènes :

Le groupe **A** : représenté par la population de Tiaret qui présente une longueur moyenne importante du cou de 50,25µm.

Le groupe **B** : représenté par la population de Dahmouni qui présente une longueur moyenne du cou de 42µm.

IV.2.1.2.2. Dénombrement des œufs par kyste de deux populations d'*Heterodera sp.*

Tableau 46 : Résultats de dénombrement des œufs par kystes des deux populations

Populations	Tiaret	Dahmouni
Nombre des œufs par kyste moye.	221,85 :	361,97 :
[Min. Max.]	[101 - 462]	[193 - 589]

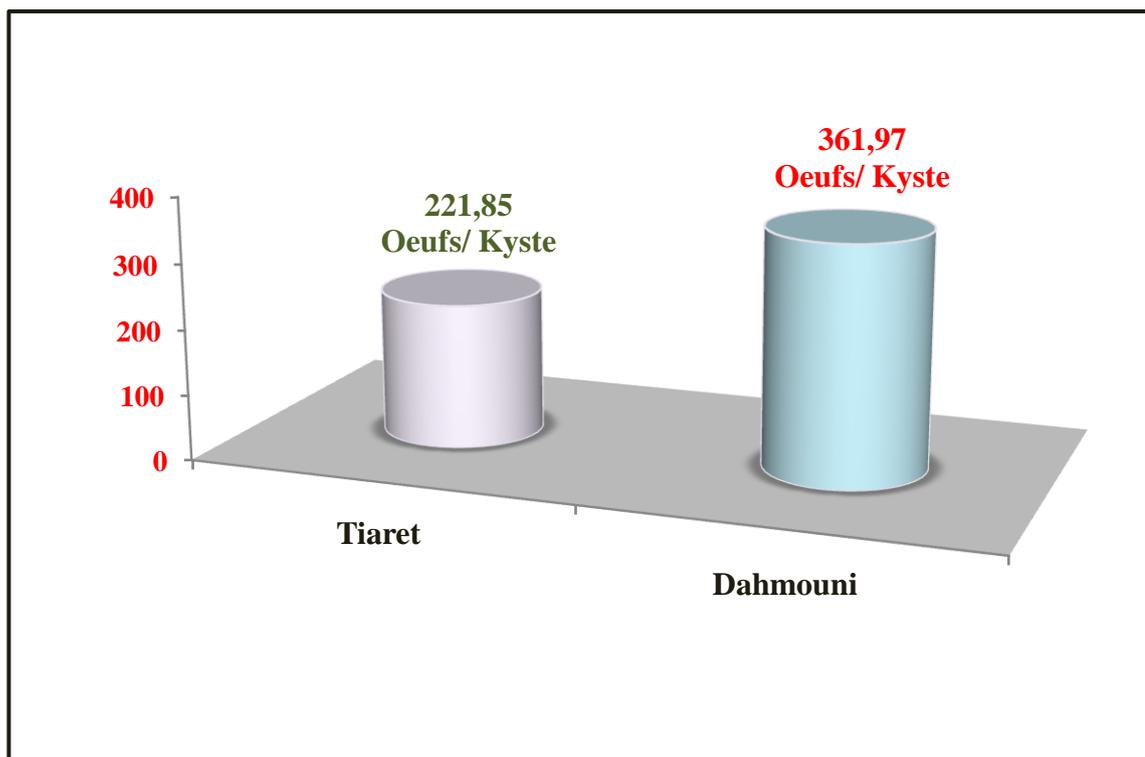


Fig.32 : Nombre des œufs par kystes des deux populations

Analyse statistique

Un seul facteur est mis en évidence :

Facteur 1 : population avec deux niveaux (Tiaret et Dahmouni)

Le variable à analyser: le nombre des œufs par kyste.

Analyse statistique : le nombre des œufs par kystes.

Analyse de la variance

Tableau 47 : Analyse de la variance pour le nombre des œufs par kystes.

Tests Univariés de Significativité pour le nombre des œufs par kyste					
	SC	Degré de liberté	MC	F	P
ord. Origine	6817033	1	6817033	770,8712	0,000000
Population	392700	1	392700	44,4066	0,000000
Erreur	689776	78	8843		

Pour le facteur 1 : population

On a ($p = 0,000$) < $0,05$  Effet du nombre des œufs est hautement significatif, donc le nombre des œufs diffère d'une population à une autre.

L'analyse de la variance a été complétée par le test de Newman-Keuls au seuil de 5% qui a pour le but la comparaison des moyennes. Les résultats du test sont consignés dans le tableau 48.

Test de Newman-keuls

Tableau 48 : Résultats du test de Newman-keuls sur le nombre des œufs par kystes.

F1	Libellés	Moyennes	Groupes homogènes
1	Tiaret	221,85	A
2	Dahmouni	361,97	B

Pour le facteur 1 : population

Le test de Newman-Keuls ressortir l'existence de deux groupes homogènes :

Le groupe **A** : représenté par la population de Tiaret qui présente un nombre moyen des œufs important de l'ordre de 221,85œufs par kyste.

Le groupe **B** : représenté par la population de Dahmouni qui présente un nombre moyen des œufs important de l'ordre de 361,97œufs par kyste

IV.2.2. Discussion

L'étude morphologique des espèces du nématode *Heterodera* de deux communes Tiaret et Dahmouni, montre que la plupart des kystes sont citrifformes mais

de taille différente au sein d'une même population. Ils présentent généralement une couleur brun-noire.

Une large variabilité de taille des kystes de ce nématode est enregistrée chez les deux populations d'*Heterodera*.

En effet, les kystes de la commune de Dahmouni ont une grande taille par rapport à celles de Tiaret.

Pour la commune de Dahmouni, les mensurations montrent une longueur moyenne des kystes de 724.75 μm : [630 - 880], une largeur moyenne de 470.25 μm : [320 - 570]. La longueur moyenne du cône vulvaire et du cou, sont respectivement d'ordre de: 28.75 μm et 42 μm .

La taille des kystes de la population de Tiaret est : 590.75 μm de longueur moyenne avec un maximum de 680 μm , d'une largeur moyenne de 498.5 μm avec un maximum de 560 μm . La longueur moyenne du cône vulvaire et du cou, sont respectivement d'ordre de: 22.5 μm et 50.25 μm .

L'analyse de variances et le test de Newman-Keuls donnent une meilleure interprétation de ces résultats. Pour cela, le logiciel STATISTICA est utilisé.

L'analyse statistique des mesures obtenues révèle une différence hautement significative (H. S.) pour les quatre variables analysées (longueur et largeur des kystes, longueur du cou et du cône vulvaire) deux populations étudiées.

Ces résultats se rapprochent plus de ceux de SMAHA (1998) pour la population de Tiaret (Dahmouni) (L= 640,80 μm , l= 480,90 μm), de HAMROUN *et al.* (2010) sur la population de Oued Smar (L= 661,05 μm : [496 μm - 747 μm], l= 511,65 μm : [378 μm - 621 μm]) et de OUDDENE (2010) sur la population de Dahmouni (L= 694 μm : [600 μm - 870 μm], l= 495,5 μm : [410 μm - 550 μm]) et d'Ain Guessma (L= 647 μm : [550 μm - 730 μm], l= 505 μm : [400 μm - 590 μm]).

La longueur de ces kystes se rapproche aussi de celle des populations Italiennes (L 710 μm : [590-830]) (VOVLAS, 1985) et Saoudiennes (L 895 μm : [809 - 974]) (AL-HAZMI *et al.*, 1994).

Le dénombrement des œufs par kyste d' *Heterodera* de ces deux populations, montre que le nombre des œufs varie d'un kyste à une autre dans une même parcelle. Les kystes de la population de Tiaret ont un nombre moyen de 221.82 œufs: [101 - 462]. Ceux de la de Dahmouni ont en moyenne 361.97 œufs: [193 - 589]. Ces résultats se rapprochent de ceux trouvés par SMAHA (1998) sur la population de Tiaret : moyen de 308,45 œufs par kyste et OUDDENE (2010) sur la population de Dahmouni et Ain Guessma en moyen de 320,22 œufs et 266,82 œufs. Les analyses statistiques (analyse de variance et le test de Newman-Keuls) nous permettent de bien interpréter ces données. L'analyse de variance révèle l'effet hautement significatif du nombre d'œufs par kyste de ces deux populations.

L'étude des caractéristiques morpho-biométriques de deux populations dans la région de Tiaret montrent que les kystes de ces deux communes sont totalement différentes. Cela peut être expliqué par le facteur édaphique (type de sol), le type de rotation pratiqué, les cultures précédentes qui sont différentes et l'itinéraire technique suivi dans ces parcelles. La parcelle de la commune de Dahmouni pratique la céréaliculture très souvent par rapport à celle de Tiaret ce qui les rend les conditions très favorable pour la nutrition et le développement des *Heterodera* et augment le taux de fécondité de ces espèces et par conséquent kystes de grandes tailles pleins des œufs. Le travail du sol et les conditions climatiques peuvent aussi être les principales causes de la variabilité de la taille et de la forme des femelles. La distance entre les régions et leurs altitudes pourraient être un facteur responsable de la variation entre les populations.

IV.3. Impact des types de rotations culturales sur le degré d'infestation des nématodes à kyste des céréales *Heterodera avenae* dans les hauts plateaux (Tiaret).

IV.3.1. Résultats

IV.3.1.1. Importance de poids de sol échantillonné de chaque parcelle

Les données sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 49: Importance de poids de sol échantillonné de chaque parcelle.

Commune	Type de rotation	Poids (Kg)	Poids Total (Kg)
Sidi Abderrahmane	Céréales / Céréales	1.200	8.950
	Céréales / Jachère	1.500	
	Céréales / Cultures maraichères	2.350	
	Céréales / Fourrages	2.600	
	Céréales / Légumes secs	1.300	
Nadhora	Céréales / Céréales	2.400	9.500
	Céréales / Jachère	1.600	
	Céréales / Cultures maraichères	1.800	
	Céréales / Fourrages	2.100	
	Céréales / Légumes secs	1.600	
Frenda	Céréales / Céréales	2.800	10.200
	Céréales / Jachère	2.200	
	Céréales / Cultures maraichères	1.900	
	Céréales / Fourrages	1.800	
	Céréales / Légumes secs	1.500	
Sebaïne	Céréales / Céréales	1.700	8.700
	Céréales / Jachère	1.700	
	Céréales / Cultures maraichères	1.500	
	Céréales / Fourrages	2.200	
	Céréales / Légumes secs	1.600	
Takhemaret	Céréales / Céréales	2.250	10.550
	Céréales / Jachère	1.800	
	Céréales / Cultures maraichères	2.500	
	Céréales / Fourrages	1.700	
	Céréales / Légumes secs	2.300	
Rechaïga	Céréales / Céréales	1.800	8.700
	Céréales / Jachère	1.900	
	Céréales / Cultures maraichères	1.600	
	Céréales / Fourrages	1.300	
	Céréales / Légumes secs	2.100	
Total			56.600 Kg

IV.3.1.2. L'effet de type de rotation sur la fréquence d'*Heterodera sp.*

Le tableau 50 représente la fréquence d'*Heterodera avenae* dans les parcelles de six (06) communes choisies.

Tableau 50 : Fréquence d'*Heterodera avenae* dans les parcelles prospectées.

Type de rotation	Commune	Nbr. des échantillons prélevés	Fréquence d' <i>Heterodera sp.</i>
Céréales/ Céréales	Sidi Abderrahmane	08	100%
	Nadhora	13	
	Frenda	16	
	Sebaïne	11	
	Takhemaret	14	
	Rechaïga	12	
Céréales/ Jachère	Sidi Abderrahmane	10	83.33%
	Nadhora	11	
	Frenda	15	
	Sebaïne	11	
	Takhemaret	12	
	Rechaïga	14	
Céréales/ Cultures maraichères	Sidi Abderrahmane	16	50%
	Nadhora	12	
	Frenda	14	
	Sebaïne	10	
	Takhemaret	17	
	Rechaïga	11	
Céréales/ Fourrages	Sidi Abderrahmane	18	100%
	Nadhora	14	
	Frenda	12	
	Sebaïne	15	
	Takhemaret	11	
	Rechaïga	08	
Céréales/ Légumes secs	Sidi Abderrahmane	09	66.66%
	Nadhora	11	
	Frenda	10	
	Sebaïne	11	
	Takhemaret	16	
	Rechaïga	14	

IV.3.1.3. Impact des types de rotations culturales sur le degré d'infestation des nématodes à kyste des céréales *Heterodera avenae*.

Les parcelles destinées à l'étude ont la même :

- Texture de sol : Argileux-limoneuse ;
- Itinéraires techniques : le labour, la fertilisation et le désherbage ;

- Situation juridique : privé ;
- Profondeur d'échantillon : 30 cm ;
- Concession des matériels agricoles : autonome.

IV.3.1.3. 1. La densité des nématodes *H. avenae* dans chaque type de rotation.

Les tableaux ci-dessous montrent la densité des nématodes dans chaque type de rotation pratiquée. Le poids d'échantillon analysé est de **500 g** pour chaque parcelle.

IV.3.1.3.1. a. Type de rotation pratiqué : céréales/ céréales

Période de prélèvement : du 08 juin 1013 au 20 juillet 2013.

Tableau 51: la densité d'*H. avenae* dans le type de rotation : céréales/ céréales

Type de rotation (plus pratiqué)	Commune	Nbr. K. V.	Nbr. K. P.	Nbr. Total des K.	Densité K.P./100g de sol
Céréales/ Céréales	Sidi Abderrahmane	07	18	25	3.6
	Nadorah	08	21	29	4.2
	Frenda	01	26	27	5.2
	Sebaïne	13	24	37	4.8
	Takhemaret	14	20	34	04
	Rechaïga	06	22	28	4.4

IV.3.1.3.1. b. Type de rotation pratiqué : céréales / jachère

Période de prélèvement : du 08 juin 1013 au 20 juillet 2013.

Tableau 52 : la densité d'*H. avenae* dans le type de rotation : céréales/ jachère.

Type de rotation (plus pratiqué)	Commune	Nbr. K. V.	Nbr. K. P.	Nbr. Total des K.	Densité K.P./100g de sol
Céréales/ Jachère	Sidi Abderrahmane	12	08	20	1.6
	Nadhora	10	06	16	1.2
	Frenda	18	20	38	04
	Sebaïne	19	07	26	1.4
	Takhemaret	21	05	27	01
	Rechaïga	00	00	00	00

IV.3.1.3.1. c. Type de rotation pratiqué : céréales / cultures maraichères

Période de prélèvement : du 08 juin 1013 au 20 juillet 2013.

Tableau 53: la densité d'*H. avenae* dans le type de rotation : céréales / maraichage.

Type de rotation (plus pratiqué)	Commune	Nbr. K. V.	Nbr. K. P.	Nbr. Total des K.	Densité K.P./100g de sol
Céréales/ Cultures	Sidi Abderrahmane	00	00	00	00
	Nadhora	19	14	33	2.8
	Frenda	24	12	36	2.4

maraichères	Sebaïne	06	00	06	00
	Takhemaret	00	00	00	00
	Rechaïga	00	00	00	00

IV.3.1.3.1. d. Type de rotation pratiqué : céréales/fourrages

Période de prélèvement : du 08 juin 1013 au 20 juillet 2013.

Tableau 54: la densité d'*H. avenae* dans le type de rotation : céréales/fourrages.

Type de rotation (plus pratiqué)	Commune	Nbr. K. V.	Nbr. K. P.	Nbr. Total des K.	Densité K.P./100g de sol
Céréales/ Fourrages	Sidi Abderrahmane	09	16	25	3.2
	Nadhora	17	11	28	2.2
	Frenda	06	22	28	4.4
	Sebaïne	08	15	23	03
	Takhemaret	09	12	21	2.4
	Rechaïga	03	19	22	3.8

IV.3.1.3.1. e. Type de rotation pratiqué : céréales / légumes secs

Période de prélèvement : du 08 juin 1013 au 20 juillet 2013.

Tableau 55: La densité d'*H. avenae* dans le type de rotation : céréales / légumes secs.

Type de rotation (plus pratiqué)	Commune	Nbr. K. V.	Nbr. K. P.	Nbr. Total des K.	Densité K.P./100g de sol
Céréales/ Légumes secs	Sidi Abderrahmane	12	09	21	1.8
	Nadhora	16	10	26	02
	Frenda	14	06	20	1.2
	Sebaïne	00	00	00	00
	Takhemaret	19	08	27	1.6
	Rechaïga	00	00	00	00

IV.3.1.3.2. Le degré d'infestation par *H. avenae* de chaque type de rotation dans la région de Tiaret en 2013

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 56 et la figure 33, représentant les pourcentages de kystes pleins et vides ainsi que la densité et le degré des différentes communes prospectées.

Tableau 56: Le degré d'infestation par *H. avenae* de chaque type de rotation.

C. : Céréales

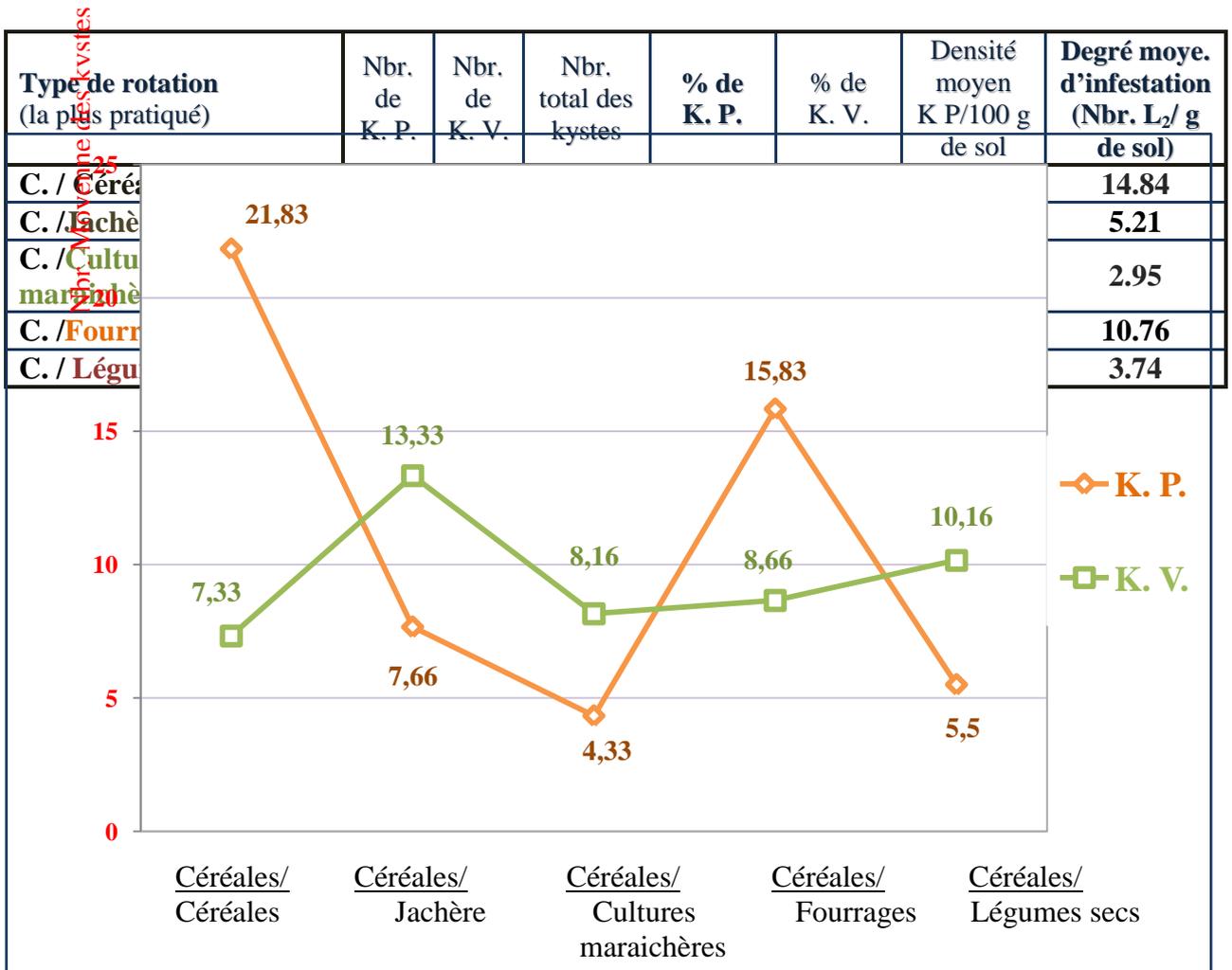


Fig. 33 : Nombre moyen des kystes pleins et vides dans chaque type de rotation.

Les tableaux ci-dessous montrent l'impact et l'effet de type de rotation plus pratiquée (plus de 10 ans) sur le degré d'infestation et de ces parcelles.

Tableau 57: Le classement des types de rotation en fonction de degré d'infestation.

Type de rotation (la plus pratiqué)	Degré moye. d'infestation (Nbr. L ₂ / g de sol)	Classement

C. / Cultures maraichères	2.95	Moyennement infestée
C. / Légumes secs	3.74	Moyennement infestée
C. / Jachère	5.21	Moyennement infestée
C. / Fourrages	10.76	Fortement infestée
C. / Céréales	14.84	Fortement infestée

Tableau 58: La différence entre le degré d'infestation moyen de trois types de rotation et celles de : C. /céréales, C. /Fourrages.

Type de Rotation	Degré d'infestation (L2/g de sol)	La différence avec le degré d'infestation moyen : (C. /céréales et C. /Fourrages) (L2/ g de sol)
C. / Jachère	5.21	7.59
C. / Légumes Secs	3.74	9.06
C. / Cultures Maraichères	2.95	9.85

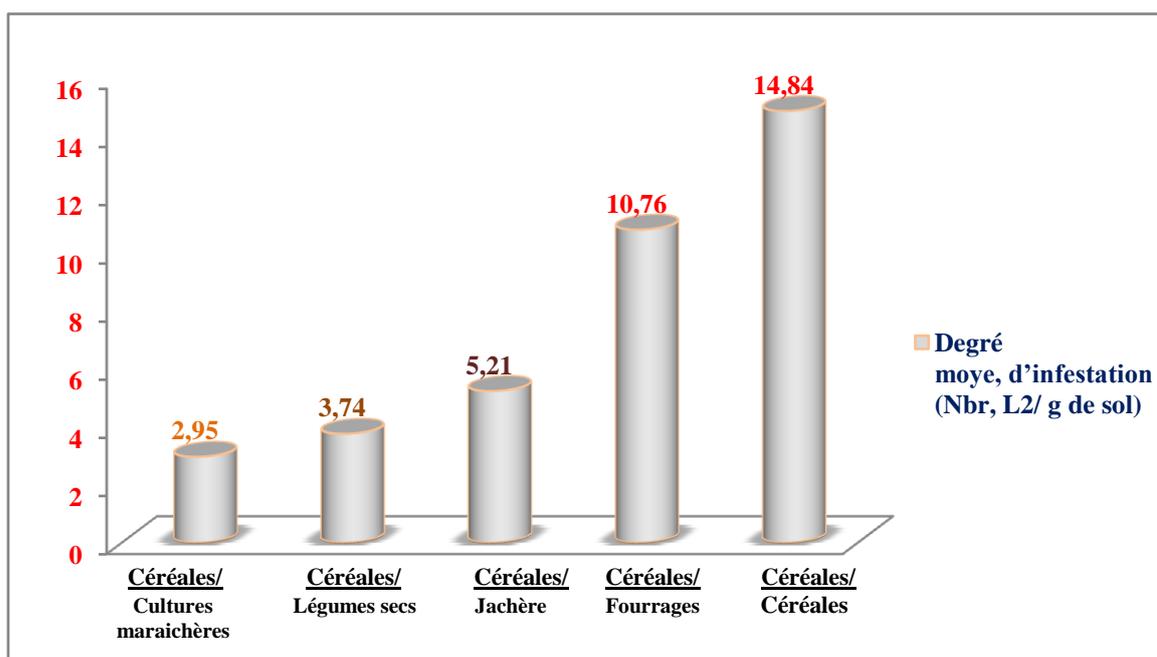


Fig. 34 : le degré d'infestation moyen de chaque type de rotation

Tableau 59 : L'impact de type de rotation sur : le nombre des kystes pleins et vides, l'état et le degré d'infestation des parcelles céréalières.

Parcelles Commune	Type de rotation (plus pratiqué : derniers douze (12) ans).																			
	P1: Céréales / Céréales				P2: Céréales / Jachère				P3 : Céréales / Cultures maraichères				P4: Céréales / Fourrages				P5: Céréales / Légumes secs			
	K. P.	K. V.	E. I.	D. I.	K. P.	K. V.	E. I.	D. I.	K. P.	K. V.	E. I.	D. I.	K. P.	K. V.	E. I.	D. I.	K. P.	K. V.	E. I.	D. I.
Sidi Abderrahmane	18	07	100%	14.84	08	12	83.33%	5.21	00	00	66.66%	2.95	16	09	100%	10.77	09	12	66.66%	3.74
Nadhora	21	08			06	10			14	19			11	17			10	16		
Frenda	26	07			20	18			12	24			22	06			06	14		
Sebaïne	24	02			07	19			00	06			15	08			00	00		
Takhemaret	20	14			05	21			00	00			12	09			08	19		
Rechaïga	22	06			00	00			00	00			19	03			00	00		

Abréviation: K. P. : Kystes pleins K. V. : Kystes Vides E. I. : Etat d'infestation D. I. : Degré d'infestation

IV.3.2. Discussion

En 2013, les analyses nématologiques sont effectuées sur trente (30) parcelles de différents types de rotations.

Le choix des parcelles céréalières basé sur la pratique d'un type de rotation (céréales, jachère, cultures maraichères, fourrages, légumes secs) sur plus de dix (10) ans.

Pour évaluer l'impact d'un type de rotation donné sur le degré d'infestation, nous avons compté le nombre des kystes (vides et pleins), estimé l'état d'infestation, calculé la densité des K. P. sur 100g de sol et le degré d'infestation (prenant 340 larves par kystes), classé les types de rotation en fonction de leur degré d'infestation.

Une estimation quantitative de l'effet d'un type de rotation donné (jachère, cultures maraichères, fourrages, légumes secs) par rapport au type (céréales/céréales) a été faite par le calcul de différence entre le degré d'infestation de chacun de ces quatre types et le degré d'infestation de type (céréales/céréales).

Les densités des nématodes varient en fonction de type de rotation pratiqué sur plusieurs années dans des parcelles de la même zone, même situation juridique, même texture de sol et itinéraire technique pratiqué.

La fréquence d'*Heterodera* est de 100% dans les types de rotation : céréales/céréales et céréales/ fourrages dans les parcelles des hauts plateaux (Tiaret).

La jachère, les légumes secs et les cultures maraichères pratiqués sur plus de 10 ans peut réduisent la fréquence d'*Heterodera* dans les parcelles céréalières, respectivement d'ordre de : 16.66%, 33.34% et 50% par rapport à la pratique permanente de céréales ou fourrage. Nos résultats se rapprochent de ceux avancés par plusieurs auteurs en Algérie et dans les autres pays ; en Algérie par : AZIZI, 1993; LABDELLI, 1995; MOHAMED MEZIANI, 1996; SMAHA, 1998; MOKABLI, 2002, OUANIGHI, 2004; HAMROUN, 2006 et TRABELSI, 2009 ; dans les autres pays par : CAUBEL *et al.*, 1980; SIKORA, 1987; RIVOAL *et al.*, 1991 et autres.

Les résultats figurés dans le graphe montrent qu'il ya une grande variation entre le nombre moyen des kystes pleins et vides d'*Heterodera avenae* dans les mêmes conditions (zone, texture,...) en fonction de type de rotation. La pratique des plantes hôte augmente le nombre des kystes pleins par rapport aux vides, le contraire pour des plantes non hôtes.

Une réduction moyenne allée de 20 à 30 kystes pleins par kg de sol peut atteindre dans des parcelles céréalières pratiques la jachère ou cultures non hôtes sur plusieurs années par rapport à celles à vocation céréalières ou fourragères continue.

Le degré d'infestation des parcelles céréalières par *Heterodera avenae* est nettement varié selon la rotation pratiquée. Il est plus élevé dans les parcelles à monoculture. Il est de 11.77 L₂/ g de sol à 14.84 L₂/g de sol.

Sur plus de dix (10) ans de rotation à base des légumes secs, des cultures maraichères et de la jachère dans les parcelles céréalières peuvent entraînés une diminution moyenne allée de 7 à 10 larves d'Heterodera par gramme de sol, par rapport aux pratiques successives des céréales ou des fourrages.

Ces recherches sur l'impact des types de rotations sur le degré d'infestation d'Heterodera à travers la région de Tiaret montrent qu'un calendrier de rotation à long terme basé sur des plantes non hôtes, peut gérer dans le temps les problèmes liés aux nématodes à kystes et autres, de manière imparfaite, écologique, économique et durable.

IV.4. Enquête sur les facteurs responsables de la dissémination spatiale de nématode à kystes du genre *Heterodera* dans les parcelles céréalières de la région de Tiaret.

IV.4.1. Résultats

IV.4.1.1. Les parcelles infestées par le vent :

Le tableau 60 montre les parcelles infestées par le vent.

Tableau 60 : nombre des parcelles infestées par le vent.

N°	Commune	Nombre de parcelles infestées par le vent
01	Sidi Hosni	02
02	Ain El-Hadid	03
03	Tiaret	00
04	Mechraa Sfa	01
05	Sougueur	01
06	Rahouia	02
07	Nadorah	01
08	Ain Kermes	01
09	Medrissa	02
10	Dahmouni	00
Total		08 communes
		13 parcelles

IV.4.1.2. Les parcelles infestées par l'eau d'irrigation:

Tableau 61 : nombre des parcelles infestées par l'eau d'irrigation.

N°	Commune	Nombre de parcelles infestées par l'eau d'irrigation
01	Sidi Hosni	00
02	Ain El-Hadid	00
03	Tiaret	02
04	Mechraa Sfa	01
05	Sougueur	00
06	Rahouia	00
07	Nadorah	00
08	Ain Kermes	00
09	Medrissa	00
10	Dahmouni	05
Total		03 communes
		08 parcelles

IV.4.1.3. Les parcelles infestées par les matériels de transport:

Le tableau 62 montre les parcelles infestées à cause de matériels de transport.

Tableau 62: nombre des parcelles infestées par le matériel de transport.

N°	Commune	Nombre de parcelles infestées à cause de matériels de transport
01	Sidi Hosni	00
02	Ain El-Hadid	00
03	Tiaret	00
04	Mechraa Sfa	00
05	Sougueur	00
06	Rahouia	00
07	Nadorah	00
08	Ain Kermes	00
09	Medrissa	00
10	Dahmouni	00
Total		00 communes
		00 parcelles

IV.4.1.4. Les parcelles infestées par les matériels agricoles:

Le tableau 63 montre les parcelles infestées à cause de matériels agricoles.

Tableau 63: nombre des parcelles infestées par le matériel agricole.

N°	Commune	Nombre de parcelles infestées par les matériels agricoles
01	Sidi Hosni	03
02	Ain El-Hadid	05
03	Tiaret	06
04	Mechraa Sfa	05
05	Sougueur	06
06	Rahouia	04
07	Nadorah	03
08	Ain Kermes	06
09	Medrissa	04
10	Dahmouni	05
Total		10 communes
		47 parcelles

IV.4.1.5. Les parcelles infestées par l'homme:

Le tableau 64 montre les parcelles infestées à cause de l'homme.

Tableau 64: nombre des parcelles infestées par l'homme.

N°	Commune	Nombre de parcelles infestées par l'homme
01	Sidi Hosni	02
02	Ain El-Hadid	01
03	Tiaret	02
04	Mechraa Sfa	01
05	Sougueur	03
06	Rahouia	01
07	Nadorah	02
08	Ain Kermes	04
09	Medrissa	03
10	Dahmouni	02
Total		10 communes
		21 parcelles

IV.4.1.6. Les parcelles infestées par d'autres facteurs:

Le tableau 65 montre les parcelles infestées par d'autres facteurs.

Tableau 65: nombre des parcelles infestées par d'autres facteurs.

N°	Commune	Nombre de parcelles infestées par d'autres facteurs
01	Sidi Hosni	01
02	Ain El-Hadid	01
03	Tiaret	00
04	Mechraa Sfa	00
05	Sougueur	00
06	Rahouia	02
07	Nadorah	00
08	Ain Kermes	00
09	Medrissa	01
10	Dahmouni	01
Total		05 communes
		06 parcelles

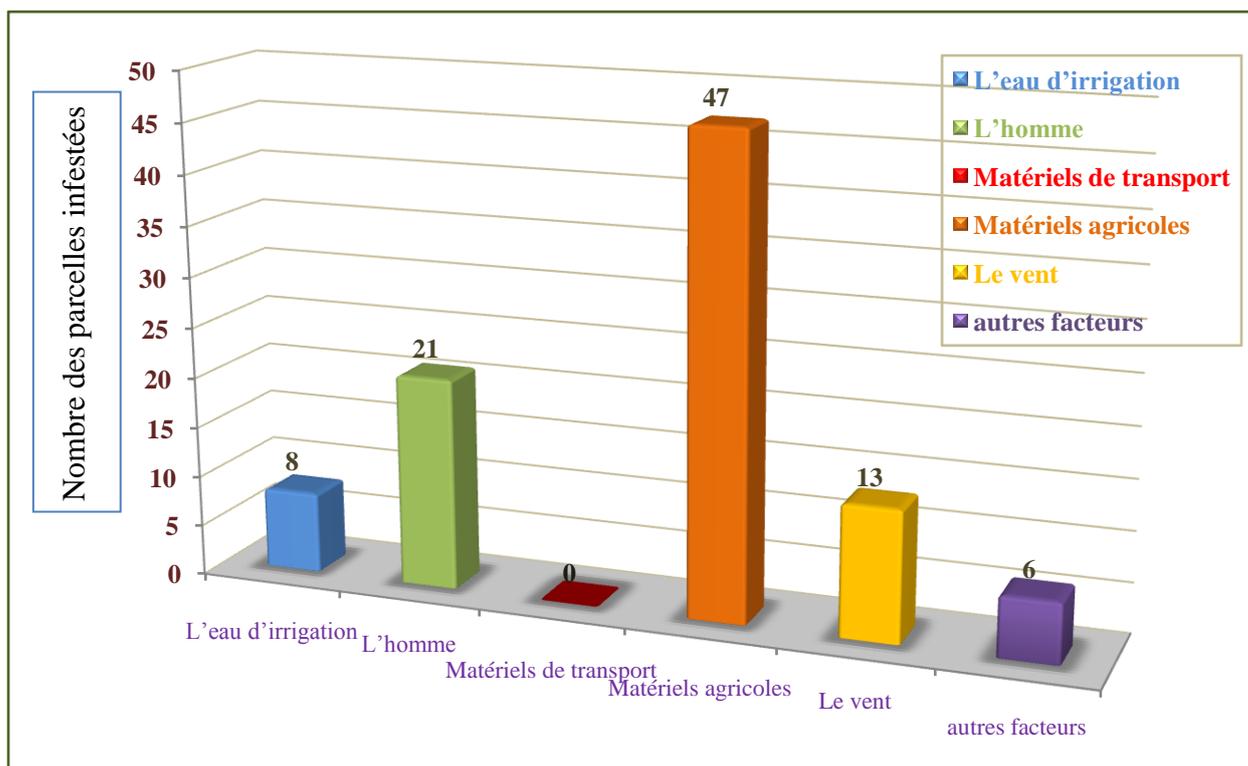


Fig. 35 : Nombre des parcelles infestées par chaque facteur de propagation.

IV.4.1.7. Classification des facteurs de dissémination des nématodes à kystes *Heterodera sp.* dans les parcelles céréalières de la région de Tiaret.

Le tableau 66 présente la classification des facteurs de dissémination des nématodes à kystes *Heterodera sp.* selon leurs effet de propagation des *Heterodera sp.* dans les parcelles céréalières de la région de Tiaret.

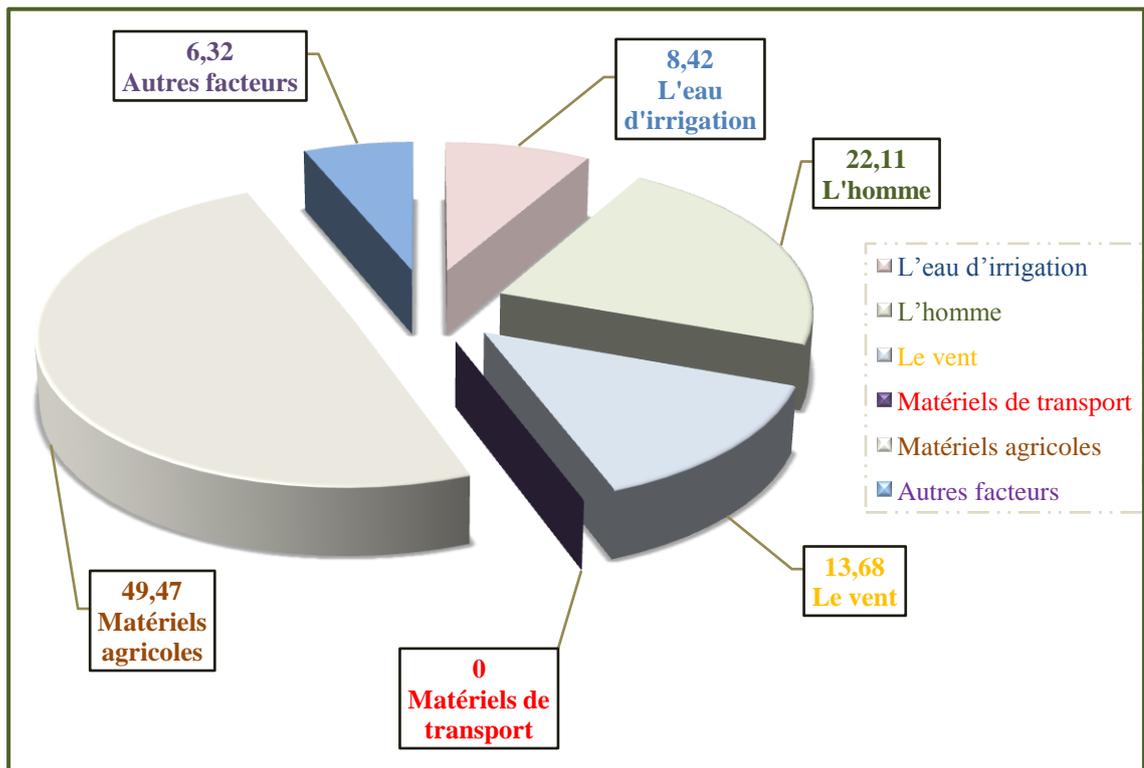


Fig. 36 : Fréquence de dissémination de chaque facteur.

V.4.2. Discussion

Les études faites dans les hauts plateaux (Tiaret) montrent l'importance des facteurs biotique et abiotique (homme, vent, eau d'irrigation, matériels agricoles et de transport) dans l'envahissement des parcelles céréalières par les nématodes à kystes des céréales *Heterodera avenae*. Aucune étude à été faite auparavant sur la quantification de ces facteurs de propagation des nématodes à kystes dans les parcelles agricoles.

La cause d'infestation des parcelles céréalières par *Heterodera* varie d'une parcelle à une autre dans la même zone. La même parcelle peut être infester par un seul ou plusieurs facteurs.

Les résultats obtenus montrent que le matériel agricole et l'homme sont des facteurs les plus dangereux dans la distribution spatiale des nématodes à kystes des céréales, ajoutant le facteur du vent et l'eau d'irrigation par rigole surtout ont des impacts non négligeable dans la propagation d'*Heterodera* à longue distance.

Les nématodes à kystes du genre *Heterodera* sont transportés par le matériel aratoire lors d'utilisation du même engin de labours (tracteur, charrues,...) et non de récolte. MORGAN et al., 2002, travail sur la répartition du Pratylenchidae confirme ces résultats.

L'homme (main d'œuvre, ...) constitue à son insu un facteur de dispersion et de distribution des nématodes à kystes du genre *Heterodera* par le transport, d'une parcelle à une autre, des crottes de sol dans leur bootes et chaussures.

La méthode d'irrigation des cultures est très importante dans la préservation des sols sains, la technique ancienne par rigole contamine les sols par les nématodes à kystes. Ces derniers confirment celles trouvés par MOKABLI (2002).

La dissémination des nématodes à kystes par voie anthropophile pendant les périodes de fortes vitesses du vent sur des parcelles céréalières labourées et découvertes est un phénomène difficile à maîtrisé et ingérable. Le poids et la taille des kystes des *Heterodera* facilitent leurs déplacements à longue distance et contaminent les sols sains. Les travaux de MEAGHER (1977) et MOKABLI (2002) confirment la dissémination des nématodes par le vent.

Lors de ces études, des parcelles infestées par les kystes d'*Heterodera* sans qu'il dissémine par l'un des facteurs citées auparavant. Les enquêtes faites nous ont menées à penser que ces parcelles son naturellement infestées par ces nématodes.

En conclusion, les enquêtes réalisées à travers les parcelles céréalières de la région de Tiaret révèlent que l'effet de matériel agricole (tracteur et charrues surtout) sur la distribution des nématodes à kystes atteindre plus de 49% des parcelles céréalières de la région.

L'homme est responsable à l'infestation de 22% des parcelles par *Heterodera avenae*. Environ 14% des parcelles céréalières sont infestées par *Heterodera* à cause du vent.

Le calcule de la fréquence de dissémination des nématodes dans les terres céréalières montre que plus de 8% d'infestation causé par l'eau d'irrigation.

Le reste (environ 6%) des parcelles céréalières est naturellement infesté par *Heterodera*. Le matériel de transport n'a aucun impact sur la propagation et la distribution spatiale d'*Heterodera* dans les parcelles céréalières de la région de Tiaret.

Cette étude nous a menée à proposer une équation d'évaluation de l'effet de facteur de propagation et de distribution des nématodes à kystes du genre *Heterodera* dans les parcelles céréalières, dite : la fréquence de dissémination.

Ce dernier , nous servir de Connaitre les facteurs, les plus importants, responsables de la distribution spatiale de ce nématode d'une parcelle à une autre, d'estimer la fréquence de chaque facteur dans la propagation d' *Heterodera* à travers les terres agricoles dans une région donnée et classé ces facteurs selon leur fréquence de dissémination, d'être prudent et préventif pour empêcher la distribution spatiale de ce nématode. Donc c'est un moyen efficace et indispensable dans lutte anti-nématode.

Conclusion générale

Les prospections effectuées depuis juin 2012 sur le degré d'infestation et la répartition des nématodes à kystes des céréales *H. avenae* dans les parcelles céréalières de quinze (15) communes à Tiaret montrent que ce nématode est présent dans la plupart de celles visitées mais avec des degrés différents. Hormis les parcelles de la commune de Rechaïga non infestées est de Takhemaret qui ont un total des kystes vides, toutes les autres prospectées sont infestées. Les parcelles de Dahmouni, Rahouia, Ain el Hadid et Ain Kermes se présentent avec un fort degré d'infestation. Un faible degré enregistré dans celles de la commune de Sidi Abderrahmane. Les restes montrent une infestation moyenne.

La carte de répartition de N. K. C. dans la wilaya de Tiaret révèle que douze (12) communes sont infestées par ce nématode avec une fréquence moyenne de 55.88% et un degré d'infestation moyen de 5.76 L₂/g de sol.

L'analyse et l'interprétation de ces résultats à base des paramètres suivants :

La texture du sol, la profondeur d'échantillon, le précédent cultural et le statut juridique révèlent que le nématode à kystes *H. avenae* est très répandu dans le sol léger que le sol lourd. L'éclosion des kystes dans une profondeur de 30 cm est plus élevée que celle de 20 cm. La monoculture pratiquée dans la majorité des parcelles et le statut juridique augmentent la possibilité d'infestation par ces nématodes. Plus de 54 % des parcelles infestées sont des exploitations agricoles collectives.

Il serait nécessaire de préserver les parcelles indemnes de toute contamination future. L'absence de la vulgarisation dans cette région est une cause majeure des problèmes phytosanitaires. Donc, les différents instituts agricoles de production et de protection doivent s'intéresser à ce genre de problème en organisant des journées et des sorties de vulgarisation au profil des agriculteurs afin de les sensibiliser, les orienter et les aider à diminuer les risques de propagation et de pullulation de ces parasites et autres.

L'étude morpho-biométrique des espèces de deux communes révèle une grande diversité des kystes de ces parasites. Cela confirme le polymorphisme d'*Heterodera*. L'étude systématique des deux populations montre que cette région est séviée par *Heterodera avenae*, l'espèce la plus répandue en Algérie.

L'utilisation d'autres méthodes fiable et facile comme l'ectrophorèse et la biologie moléculaire pour les espèces microscopiques surtout comme les nématodes, élimine la ressemblance et donnera des résultats de précision.

Il serait intéressant de poursuivre d'autres investigations concernant le N. K. C. pour établir une carte géographique de leur distribution en Algérie.

Les travaux et les analyses réalisés montrent que : plus de dix (10) ans de rotation à base de jachère, légumes secs ou cultures maraichères peuvent réduire jusqu'à 50% de la population d'*Heterodera avenae* par rapport aux parcelles à vocation céréalières ou fourragères continues. Donc une réduction moyenne de 20 à 30 K. P. /kg de sol, l'équivalent de 7 à 10 L₂/ g de sol.

L'étude d'autres types de rotation dans les autres régions céréalières apporterait plus de connaissances sur l'intérêt de la pratique de la rotation dans la diminution de la fréquence d'*Heterodera* et le degré d'infestation des parcelles céréalières.

L'abondance de l'eau d'irrigation permet de mieux diversifier les cultures. Ce facteur combien vital constitue un meilleur moyen pour proposer un calendrier de rotation à long terme permettant une gestion durable des problèmes liés aux nématodes.

Les enquêtes réalisées en 2013 à travers les parcelles céréalières de la région de Tiaret révèlent que la cause de l'infestation des terres céréalières par *Heterodera avenae* est de 49% par le matériel agricole (tracteur et charrues surtout), de 22% par l'homme, de 14% par le vent et de 8% par l'eau d'irrigation

Le reste (environ 6%) des parcelles céréalières est naturellement infesté par *Heterodera*. Le calcul de la fréquence de dissémination des nématodes montre que le matériel de transport n'a aucun impact sur la propagation et la distribution spatiale d'*Heterodera* dans les parcelles céréalières de la région de Tiaret.

Cette étude nous a menée à proposer une équation d'évaluation dite : la fréquence de dissémination qui nous montre l'effet des facteurs de propagation et de distribution des nématodes à kystes du genre *Heterodera* dans l'infestation des parcelles céréalières.

Il est intéressant de suivre l'évolution des nématodes à kyste dans des parcelles de céréales et de cultures fourragères à la fin de chaque culture pour une meilleure connaissance de leur distribution.

La rotation pratiquée, le statut juridique et les facteurs de propagation entraînent une différence significative du degré d'infestation des parcelles de mêmes conditions (zone, type de sol, travaux culturaux pratiqués).

Ces données pourraient constituer des éléments de base pour enrichir les connaissances bioécologiques et les intérêts agro-économiques des N. K. C. du genre *Heterodera* méconnus en Algérie et minimiser les pertes dues à ces attaques, de manière économique, écologique et durable.

Références bibliographiques

- 1- **ABDOLLAHI M., 2010.** Plant-parasitic nematodes associated with wheat in Kohgiluyeh and boyer-ahmad province, Iran. *J. Agric. Res.*, 48(1), pp. 131-136.
- 2- **ACTA, 1991.** Les maladies et les ravageurs des céréales. ACTA, Paris, 70p.
- 3- **AGRIOS G. N., 2005.** Plant Pathology (5th Ed.). London, UK: Academic Press, 922 p.
- 4- **ALAM M.S., NESA M.N., KHAN S.K., HOSSAIN M.B. and HOQUE A., 2007.** Varietal differences on yield and yield contributing characters of wheat under different levels of nitrogen and planting methods. *Journal of Applied Sciences Research*, 3(11): 1388-1392, 2007.
- 5- **AL-HAZMI A. S., IBRAHIM A. A. M. et ABDUL- RAZIG A.T., 1994.** Occurrence, morphology and reproduction of *Heterodera avenae* on wheat and barley in Saudi Arabia. *Journal Nematol.*, V.12, N°2, pp. 117-129.
- 6- **ANDERSSON S., 1968.** Variation in infection ability of *Heterodera avenae*. *Rev. Nematologica, E. J. Bill, Leiden*, V. 11, pp. 121-124.
- 7- **ANDRÉS M. F., ROMERO, M .D., MONTES M .J. et DELIBES A., 2001.** Genetic relationships and isozyme variability in the *Heterodera avenae* complex determined by iso-electrofocusing. *Plant Pathology* 50, 270-279.
- 8- **ANIREF, 2011.** Rubrique monographie wilaya : wilaya de Tiaret. ANIREF. 7p.
- 9- **ANONYME, 1970.** Laboratory methods for work with plant and soil nematodes. Technical bulletin 2. Edited by J. F. southey, London, 148p.
- 10- **AOUALI S. et DOUICI-KHALFI A., 2009.** Recueil des principales maladies fongiques des céréales en Algérie : Symptômes, développement et moyens de lutte. ITGC, Algérie, 56p.

- 11- **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.
- 12- **BACHELIER G., 1978.** *La faune des sols : son écologie et son action.* O.R.S.T.O.M, Paris, 391p.
- 13- **BALDWIN J.G ., MUNDO-OCAMPO M., 1991.** *Heteroderinae, cyst and non cyst forming nematodes.* In: Nickle, W.R. (Ed.). *Manual of agricultural nematology.* New York, USA, pp. 275-362.
- 14- **BAHLOULI F., BOUZERZOUR H. et BENMAHAMMED A., 2008.** *Effets de l'accumulation des assimilats de la tige chez le blé dur (Triticum durum).* Biotechn. Agron. Soc., 12(1), 31-39.
- 15- **BALDWIN J.G. et MUNDO-OCAMPO M., 1991.** *Heteroderinae, cyst and non-cyst-forming nematodes.* Manual of Agricultural Nematology, W.R. Nickle (Ed.), pp. 275-292.
- 16- **BANYER R. J. et FISCHER J.M., 1971.** *Effect of temperature on hatching of eggs of heterodera avenae.* *Nematologica*, 17 : 519-534.
- 17- **BARKER, K. R., PEDERSON G. A. et WINDHAM G. L., 1998.** *Plant and Nematode Interactions.* Agronomy Monograph 36. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- 18- **BEKAL S., 1997.** *Etude de la variabilité phénotypique et génétique dans le complexe des nématodes à kystes des céréales en vue de la sélection de la résistance chez le blé dur.* Thèse Doct., E.N.S.A.R., Rennes, 130 p.
- 19- **BEKAL S., GAUTHIER J .P. et RIVOAL R., 1997.** *Genetic diversity among a complex of cereal cyst nematodes inferred from RFLP analysis of the ribosomal internal transcribed spacer region.* *Genome* 40, 479-486.
- 20- **BELAID A., 2000.** *Durum wheat in WANA: Production, trade, and gains from technological change.* In: Eds. Royo C., Nachit M.M., Di Fonzo N., Araus J.L.. *Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges. L'amélioration doublé*

dur dans la région méditerranéenne : Nouveaux défis. Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens ; n. 40, pp : 35-49.

21- BELAID D., 1996. Aspect de l'agriculture. Ed. I.N.E.S Batna. 205 p.

22- BEN-HAMMOUDA M. et BOUBAKER M., 2000. Production du blé dur en fonction de la variété et du régime hydrique en Tunisie. Cahiers Agriculture, Vol. 9, n 6, 511-4.

23- BERGÉ J.B., DALMASSO, A., PERSON, F., RIVOAL., R. et THOMAS, D., 1981. Isoestérasés chez le nématode *Heterodera avenae* I. Polymorphisme chez différentes races françaises. *Revue de Nématologie* 4, 99-105.

24- BERG R. H. et TAYLOR C. G., 2009. Plant cell monographs. Ed. Springer, Germany, 273p.

25- BERNARD E. C., 1992. Soil nématode biodiversity. *Biology and Fertility of Soils*, 14: 99-103.

26- BOSSIS, 1991. Discrimination entre *Heterodera carotae* et *H. cruciferae* par l'électrophorèse SDS de protéines soluble extraites à partir de kystes individualisés. *Rév. Nématol.*, 14 : 325-327.

27- BOSSIS M. et RIVOAL R., 1996. Protein variability in cereal cyst nematodes from different geographic regions assessed by two-dimensional gel electrophoresis. *Fundamental and Applied Nematology* 19, 25-34.

28- BOUFENAR-ZAGHOUANE F. et ZAGHOUANE O., 2006. Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie (blé dur, blé tendre, orge et avoine). 1ere édition. Institut technique des grandes cultures ITGC-ICARDA, El-Harrach –Algérie, 154 p.

29- 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.

30- 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.

31- BURNS R., 2009. Plant pathology : Techniques and protocols. Ed. Humana press, N. Y. USA, 321p.

32- BURROWS, 1990. The use of DNA to identify plant parasitic nematodes. *Nematological abstracts*, 59: 1-8.

33- CASTAGNOME-SERENO P., VANLERBERGHE-MASUTTI F. et LEROY F., 1994. Genetic polymorphysm between and within *Melidogyne* species detected with RADP markers. *Genome*, 37 : 904-909.

34- CAUBEL G. et RIVOAI R., 1972. Observations sur les attaques de deux nématodes nuisibles au maïs, en 1971. *Phytoma, déf. des cultures*, (239) : 89-92.

35- CAUBEL G. et RIVOAL R., 1977. Evolution de l'action des pesticides sur divers nématodes en culture de maïs. *Rev. Scien. Agro.*, N°180, Renne, pp.33- 49.

36- CAUBEL G., PERSSON F. et RIVOAL R., 1980. Les nématodes dans les rotations céréalières. *Persp. agric.*, (36) : 31-48.

37- CAYROL J.C., 1975. Comment se maintenaient les nématodes dans le sol ? *Rev. P.H.M.*, N°155, pp. 31-35.

38- CAYROL J-C., DJIAN-CAPORALINO C., et PANCHAUD-MATTEI E., 1992. La lutte biologique contre les Nématodes phytoparasites. *Le Courrier de la Cellule Environnement* n°17, 1p.

39- CHOPPIN DE JANVRY E., 1971. Les nématodes des céréales. In: Les nématodes des cultures. Ed. A.C.T.A., Paris, pp. 273-291.

40- CIEMENT-GRANDCOURT M. et PRATS J., 1971. Les céréales. Baillièrre, Paris-France, 351p.

41- COOK J., JOHNSON V.A. et ALLAN R.E., 1993. Le blé. Méthodes traditionnelles de sélection des plantes:un aperçu historique dessiné à servir de référence

pour l'évaluation du rôle de la biotechnologie moderne. Ed. Organisation de Coopération et de Développement Economique, France, 67p.

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

43- DE GUIRAN G., 1983. Les ennemis invisibles. Les nématodes. Ed. La littorale S.A., Béziers, 42p.

44- DENNIS A., SCHALGER N. et TRUMPEY J. E., 2004. Animal life encyclopedia (2^{sd} ed.). Ed. Thomson gale, Canada, 514p.

45- DJELAILA Y., NEFFAH-BAAZIZ F. et DOUMANDJI S., 2010. Etude du régime trophique de *Meriones shawii* dans une zone steppique de la région d'El Bayadh. Journées Nationales sur la Zoologie Agricole et Forestière 19 au 21 avril, Ecol., Nat., Sup., Agro., El-Harrach, p. 119.

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

47- 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, p. 55-56.

48- D. S. A. de TIARET, 2013. La situation agricole de la wilaya de Tiaret 2011-2012. DSA, Tiaret, Algérie, 10 p.

49- ERGINBAS G. BENTLEY A. R., SAHIN E. et NICOL J. M., 2008. Soil borne pathogens of wheat. The 3rd international training course, INRAT, Tunisia, April 28th -9th May 2008, p. 42.

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

- 51- EYUALEM A., TEFAMARIAM M., et WILLIAM K. T. 2011.** Critique of current methods in nematode taxonomy. *African Journal of Biotechnology* Vol. 10(3), pp. 312-323.
- 52- FAO, 2013.** FAO STATISTICAL YEARBOOK 2013 : World Food and Agriculture. FAO. 307 p.
- 53- 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, 119p.
- 54- FERRIS V. R., FERRIS J. M., FAGHIHI J. et IREHOLM A., 1994.** Comparisons of isolates of *Heterodera avenae* using 2-D PAGE protein patterns and ribosomal DNA. *Journal of Nematology* 26, 144-151.
- 55- GAIRE R., PRICE T. J. A. et FIDDIAN W. E. H., 1965.** Cereal root eelworm *Heterodera avenae* and spring barley varieties. *Nematologica, E.J.Brill, Leiden*, Vol. pp. 267-272.
- 56- GAUR H. S., 1988.** Dissemination and mode of survival of nematodes in dust storms. *Indian J. Nematol.*, 18 : 94-98.
- 57- GAUGLER R. et BILGRAMI A., 2004.** Nematode behavior. Ed. CAB international, London, 419p.
- 58- GRAHAM C.W. (1980).** The effects of rainfall and soil type on the population dynamics of cereal cyst-nematode (*Heterodera avenae*) on spring barley (*Hordeum vulgare*) and spring oats (*Avena sativa*). *Ann. Appl. Bio.*, 94 : 243-253.
- 59- GRECO N., 1981.** Hatching of *Heterodera carotae* and *H. avenae*. *Nematologica* 27, 366-371.
- 60- 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- HAJIHASANI A., MAAFI Z., NICOL J. et REZAEI S., 2010.** Effect of the cereal cyst nematode, *Heterodera filipjevi*, on wheat in microplot trials. *Nematology* 12:357–363.
- 61- HAMADACHE A., HAMADOU D., MAKHLOUF M., OUELD Said H., SABOUR N., SAIDI Y. et DJEDDOU M., 2007.** Efficacité biologique de l'association de deux herbicides sur les messicoles et la production du blé dans les zones céréalières de l'Algérie du Nord. *Céréaliculture*, N°49, pp : 25-31.
- 62- 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.
- 63- HAMROUN W., 2006.** *Etat d'infestation de quelques régions céréalières d'Algérie.* Thèse Magister, Inst. Nat. Agro., El-Harrach, 121 p.
- 64- HAMROUN W., SMAHA D. et MOKABLI A., 2010.** Etude morphobiométrique de cinq populations de nématodes à kystes genre *Heterodera* dans quelques régions céréalières en Algérie. Journées Nationales sur la Zoologie Agricole et Forestière 19 au 21 avril, Ecol., Nat., Sup., Agro., El-Harrach, p. 88.
- 65- HEISLING J.J., 1978.** Cyst nematodes: morphology and identification of *Heterodera*, *Globodera* and *punctodera* in plant *Nematology*. *Southey. J. F., London*, pp. 125-155.
- 66- HOELZEL, 1992.** Molecular genetic analysis of population. A practical approach. Oxford, England, 315p.
- 67- IBRAHIM A., AL HAZMI A., AL YAHYA F. et ALDERFASI A., 1999.** Damage potential and reproduction of *Heterodera avenae* on wheat and barley under Saudi field conditions. *Nematology*, 1: 625-630.
- 68- IBRAHIM S. K., PERRY R. N., BURROWS P. R. et HOOPER FD. J., 1994.** Differentiation of species and populations of *Aphelenchoides* and of *Ditylenchus angustus* using a fragment of ribosomal DNA. *Journal of Nematology*, 26: 412-421.

- 69- IBRAHIM S. K. et ROWE J .A., 1995.** Use of isoelectric focusing and polyacrylamide gel electrophoresis of nonspecific C esterase phenotypes for the identification of cyst nematodes *Heterodera* species. *Fundamental and Applied Nematology* 18, 189-196.
- 70- I. N. P. V., 2009.** Moineau espagnol : *passer hispaniolensis* (dépliant). I. N. P. V., El-Harrach. 4 p.
- 71- I. N. P. V., 2012 a.** La lutte chimique contre les mauvaises herbes des céréales en Algérie (dépliant). I. N. P. V., El-Harrach. 4 p.
- 72- I. N. P. V., 2012 b.** La mérione de shaw : *Meriones shawi* (dépliant). I. N. P. V., El-Harrach. 4 p.
- 73- JOHNSON P.W. et FUSHTEY S.G., 1966.** The biology of the cyst nematode *Heterodera avenae* in Canada. II-nematode development and related anatomical changes in roots of oats and corn. *Nematologica*, V.12, Leiden, pp.630-638.
- 74- JONES F.M., 1982.** *The soil plant environment nematodes*. Ed. Southey, London, pp. 64-82.
- 75- KEHAL N., 2010.** Point de situation sur la Campagne céréalière 2009/2010. OAIC, Algérie, 16p.
- 76- 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.
- 77- KIMPINSKI J., GALLANT C.E. et STURZ A.V., 2003.** Field Sampling for Plant-Parasitic Nematodes. Agriculture and forestry, Prince Edward Island, Canada, 4p.
- 78- KOUDJIL M., 2010.** Etude du régime alimentaire des moineaux mâles hybrides : *Passer domesticus* (L) x *Passer hispaniolensis* (Temm) et les femelles *Passer* sp. Journées Nationales sur la Zoologie Agricole et Forestière 19 au 21 avril, Ecol., Nat., Sup., Agro., El-Harrach, p. 186.

- 79- 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.
- 80- LACHENAUD P., 1977.** *Observations comparatives, in vitro du développement de 2 races d'Heterodera avenae sur plusieurs hôtes et à différentes températures.* Mémoire de fin d'étude (DEA), INRA, Paris Grignon, 37p.
- 81- LACOMBE J.P. et GARCIN C., 1988.** Résultats récents obtenus avec l'aldicabé contre nématodes sur céréales à paille. *Deuxième Conf. sur les Maladies de Plantes*, Bordeaux, pp. 437-444.
- 82- LACOMBE J.P. et RICHAUD P., 1993.** Utilisation de cartes de répartition de nématodes phytophages, pour la lutte raisonnée en Grandes Cultures. *ANPP Troisième conf. inter. sur les ravageurs en agric.*, Montpellier, pp.1089- 1096.
- 83- LAMBERTI F., GRECO N. et ZAOUCHI H., 1975.** Etude sur les nématodes et chez les palmiers dattiers et autres cultures importantes en Algérie. *Bull. Phytosanitaire, F.A.O.*, N°23, pp.156-161.
- 84- LAMBSHEAD P., 2004.** Marine nematode biodiversity. In: Chen ZX, Chen SY & Dickson DW (eds.). *Nematology, Advances and Perspectives ACSE-TUP Book Series*, pp. 436-467.
- 85- LI J., FAGHILI J. M. V. R., 1996.** The use of RADP amplified DNA as markers for virulence characteristics in soybean cyst nematode. *Fundamental and Applied Nematology*, 19:143-150.
- 86- 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.
- 87- M. A. D. R., 2006.** Carte agricole de l'Algérie, MADR, Algérie, 42p.
- 88- M. A. D. R., 2007.** L'emploi dans la filière céréales. MADR, Algérie, 12p.

- 89- M. A. D. R., 2008.** Itinéraire technique préconisé pour la culture des blés en Algérie. MADR, Algérie, 1p.
- 90- M. A. D. R., 2013.** Pré Bilan Campagne agricole 2013. M. A. D. R. Alger. 36 p.
- 91- MATEILLE T., 2012.** Les nématodes phytoparasites : gestion par approche conservatoire à leur diversité. Ctifl. 13p.
- 92- MAEGHER J.W., 1974.** *The biology of the cereal cyst nematode (Heterodera avenae Woll.), and its interaction with a fungus in a soil-borne disease of wheat. PhD thesis University of Melbourne, Australia. In Eastwood. R.F., 1995. Genetic of resistance to Heterodera avenae in Triticum tauschii and its transfer to bread wheat (Triticum aestivum).* PhD Thesis, university of Melbourne, Australie, 221p.
- 93- MEAGHER J.W., 1970.** Senonal fluctuation in number of larvae of the cereal cyst (*Heterodera avenae*) and *Pratylenchus minyus* and *Tylenchorhynchus brevidens* in soil. *Rev. Nematologica*, V.16, Leiden, pp.333-347.
- 94- 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.
- 95- MEAGHER J.W., 1982.** The effect of environnement on survival and hatching of *Heterodera avenae*. *Bull .OEPP.*, V.12, N°4, pp. 361-369.
- 96- MEAGHER J .W. et BROWN R .H., 1974.** Microplot experiments on the effect of plant hosts on populations of the cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*) and on the subsequent yield of wheat. *Nematologica*, 20: 337-346.
- 97- MESKINE M. et ABBAD F. A., 1993.** Importance et répartition des nématodes phytoparasites associés aux cultures de blé et orge au Maroc. El-Awania, N°80, Maroc, pp.123-130.
- 98- MILLER L.I., 1986.** *Economic importance of cyst nematodes in North Americ. In : Cyst nematodes. Plenum Publishing Corpo., New-York, pp.373-386.*

- 99- MINGZU W. et JIAKUN Y., 1993.** Studies on the wheat disease caused by cyst nematode. II. Hatching of the nematode *Heterodera avenae*. *Journ. Huazhong Agric. Univ.*, V.12, N°6, pp. 561-565.
- 100- MOHAMED MEZIANI G., 1996.** *Etude du cycle décloison et de virulence d'une population d Heterodera avenae (Nematoda- Heteroderidae) de Tiaret dans les conditions naturelles, réaction de neuf variétés internationales de céréales vis-à-vis de deux population de deux régions différentes.* Thèse Ing. Agro., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 73 p.
- 101- 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.
- 102- MOKABLI A., 2006.** Geographical distribution of the cereal cyst nematodes, *Heterodera avenae* and *H. latipons* and the susceptibility of some cereal cultivars to infection in Algeria. Ninth Arab Congress of Plant Protection, 19-23 November 2006, Damascus, Syria, p. E-112.
- 103- MOKABLI A., VALETTE S. et RIVOAL R., 2001 a.** Différentiation de quelques espèces de nématodes à kystes des céréales et des graminées par électrophorèse sur gel d'acétate de cellulose. *Rev. Nematol. Medit.*, 29, pp. 103-108.
- 104-MOKABLI A., VALETTE S., GAUTHIER J.P. et RIVOAL R., 2001 b.** Influence of temperature on hatch of *Heterodera avenae* Woll. population from Algeria. *Rev. Nematology*, V.3 (2), pp. 171-178.
- 105- MOR M., COHN E. et SPIEGEL Y., 1992.** Phenology, pathogenicity and pathotypes of cereal cyst nematodes, *Heterodera avenae* and *H. latipons* (Nematoda: Heteroderidae) in Israel. *Nematologica* 38, 494-501.
- 106- MORGAN G. D., MACGUIDWIN A. E., ZHU J., BINNING L. K., 2002.** Population Dynamics and Distribution of Root Lesion Nematode (*Pratylenchus penetrans*) over a Three-Year potato crop Rotation. *Agronomy Journal*, 94, 1146-1155.

107- 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 (1), 59 p.

107- MUGNIERY D., RIVOAL R. et ZAOUCHI H., 1971. Rapport sur les travaux nématologiques effectués de 1968 à 1970. *Centre Nat. Rech. Agro.* D Algérie, 40 p.

108- MULVEY R. et GOLDEN A.M., 1983. An illustrated key to the cyst-forming genera and species of Heteroderidae in the Western Hemisphere with species morphometrics and distribution. *Journal Nematol.*, V. 15, N°1, Texas, 59 p.

109- NAKACHIAN J.M. et JACQEMONT R., 1971- *L'analyse nématologique in nématodes des cultures.* Ed. A.C.T.A., Paris, pp.759-792.

110- NICKLE W. R., 1991. Manual of agricultural nematology. CRC Press, New york, USA, 1025p.

111- NICOL, J. M., 2002. Important Nematode Pests of Cereals. In: B. C. Curtis (Ed.), *Wheat Production and Improvement.* Rome, Italy: FAO Plant Production and Protection Series, FAO. pp. 345–366.

112- NICOL J. M., ELEK IO LU I., BOLAT N., et RIVOAL R., 2007. The global importance of the cereal cyst nematode (*Heterodera* spp.) on wheat and international approaches to its control. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 72, 677–686.

113- NICOL J. M. et RIVOAL R., 2007. Integrated management and biocontrol of vegetable and grain crops nematodes. In: Ciancio A, Mukerji KG (eds) *Global knowledge and its application for the integrated control and management of nematodes on wheat.* Springer, The Netherlands, pp 243–287.

114- NICOL J. M., RIVOAL R., VALETTE S., BOLAT N., AKTAS H., et BRAUN, H. J., 2002. The frequency and diversity of the cyst and lesion nematode on wheat in the Turkish Central Anatolian Plateau. *Journal of Nematology*, 4, 272. [Abstract].

- 115- NOBBS J. M., 1989.** Identification of *Heterodera* and *Globodera*. CAB, Iner. Parasito., Fourth inter trining course on the identification of plant par parasitic nematodes of economie importante, 13 p.
- 116- OUANIGHI H., 2004.** Aperçu sur l'état d'infestation de quelques parcelles de céréales par les nématodes à kystes (*Heterodera*). Capacités d'hôte de trois variétés d'orge locale vis-à-vis d'*Heterodera latipons*. Thèse Magister, Inst. Nat. Agro., El-Harrach. 98 p.
- 117- 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.
- 118- OULD RABAH I., BERKAT B. et DOUMANDJI S., 2010.** Quelques données sur le comportement trophique du moineau Espagnol *Passer hispaniolensis* dans la région oranaise. Journées Nationales sur la Zoologie Agricole et Forestière 19 au 21 avril, Ecol., Nat., Sup., Agro., El-Harrach, p. 60.
- 119- 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.
- 120- PERSON-DEDRYVER F., 1989.** Les nématodes. In: Ennemis et maladies des prairies. Ed. INRA, pp. 173-177.
- 121- PETERS A. et SALAMBIER J.F., 1994.** Contrôles des mauvaises herbes, agronomie moderne, Ed. Halier Torino, 544p.
- 122- RAMADE F., 2003.** Elément d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 689p.
- 123- RAMMAH A., 1994.** Cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*) in Morocco. *Arab and Near East Plant Protection Newsletter*, 19: 40.
- 124- RAO U., SHARMA A., TYAGI N., BANAKAR P. et KUMAR M., 2013.** Characterization of genetic homogeneity of an Indian population of cereal cyst nematode,

Heterodera avenae using sequencing and PCR-RFLP of ribosomal DNA. *Bioinformation* 9(2): 067-071.

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

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

127- RITTER M., 1965 a. *Ecologie et cycles évolutifs des nématodes phytoparasites. In traité de Zoologie.* Ed. Masson et Cie., T.II, Fasc. II, Paris, pp.464-48.

128- RITTER, M., 1982. Importance des nématodes à kystes des céréales. *Bulletin OEPP* 12, 307-316.

129- RIVOAL R., 1973. Etude de la nuisibilité du nématode à kyste des racines céréales (*Heterodera avenae* Woll.) en France et des causes de sa variabilité. *Acad. Agric., C.R.* T.12, pp. 959-970.

130- RIVOAL R., 1975 b. Le nématode à kystes des céréales *Heterodera avenae*, France : caractéristiques biologiques et perspectives de lutte par l'utilisation de variétés résistantes. *Rev. Déf. des végétaux*, N°172, pp. 53-64.

131- 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.

132- RIVOAL R., 1987- Cycle biologique des nématodes à kystes (*Heterodera*) INRA, Rennes, 1p.

133- RIVOAL R., 1988. Résistance des céréales au développement de *Heterodera avenae* : Etat des recherches et perspectives d'utilisation. *Deuxième conf.inter. sur les maladies des plantes*, T.I, France, pp.453-463.

134- RIVOAL R. et BESSE T. 1982. Le nématode à kyste des céréales. *Perspectives Agricoles*, 63, 38-43.

135- RIVOAL R. et COOK, R., 1993. Nematode pests of cereals. In K. Evans, D. L. Trudgill and J. M. Webster (Eds.), *Plant parasitic nematodes in temperate agriculture* (pp. 259–303). U.K.: CAB International.

136- RIVOAL R. et PERSON-DEDRYVER F., 1982. Caractérisation des pathotypes d'*Heterodera avenae* en France : Influence de la période de culture sur le pouvoir eggs of discriminant de cultivars d'*Avena sativa* et de différences dans la capacité à former des femelles. *Bull. OEPP*, V.12, N°4, pp.387-391.

137- RIVOAL R. et PERSON-DEDRYVER F., 1984. Sélection et utilisation des variétés résistantes. *Rev. cultivar*, N°144, pp.51-53.

138- RIVOAL R. et SARR E., 1983. Considération sur l'emploi éventuel de nématodes 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*, (32), pp. 177-186.

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

140- 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.

141- RIVOAL R., DOUSSINAULT G. et JAHIER J., 1986. Résistance au développement d'*Heterodera avenae* Woll. chez différentes espèces de Triticum. *Agronomie*, 6: 759-765.

142- RIVOAIL R., LASSERRE F. et DOUSSINAULT G., 1991. Estimation of resistance and tolerance to *Heterodera avenae* in Wheat by miniature tests. *Symposium inter. phytopharm. phtytiat.*, n°43, Gent., pp.123-124.

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

- 145- RIVOAL R., PERSON-DEDRYVER 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 sp.* *Annales d'Amélioration des Plantes*. 28, 371-394.
- 146- ROLAND N. P. et MAURICE M., 2005.** Plant nematology. Ed. CAB international, London, 447p.
- 147- ROLAND N. P., MAURICE M. et JAMES L. S., 2009.** Root-knot nematodes. Ed. CAB international, London, 448p.
- 148- ROMERO D., 1982.** Nuevos datos sobre la morfología de *Heterodera avenae* en España. *Rev. Nematol. Medit.*, N°18, pp.145-149.
- 149- ROMERO M. D., ANDRES, M. F., LOPEZ-BRANA I. et DELIBES A., 1996.** A pathogenic and biochemical comparison of two Spanish populations of the cereal cyst nematode. *Nematologia Mediterranea* 24, 235-244.
- 150- 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.
- 151- SADEK M. A., 1977.** *Plant Nematology an Agriculture Training Aid*. Department of food and agriculture division of plant industry laboratory Nematology, California. Library of congress, 157 p.
- 152- SAUR L. et RIVOAL R., 1979.** Contribution à l'étude de l'hérédité de la résistance de l'avoine cultivée cv. Nelson au développement de *Heterodera avenae* Woll. *Ann. Amélio. des plantes*, V. 29, pp. 463-469.
- 153- SCHNEIDER J., 1965.** Le nématode des racines des céréales. *Phytoma*, défense des cultures, pp. 17-21.

- 154- 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.
- 155- SELTZER D., 1946.** Le climat de l'Algérie. Inst., Métor., Phys., Globe., de l'Algérie, 219 p.
- 156- SHEPHERED A. M., CLARK S.A. et KEMPTON A., 1972.** Cuticule structure in the genus *Heterodera*. *Rev. Nematologica*, V. 18, Leiden, pp. 1-17.
- 157- 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.
- 158- SHIABOVA T. N., 1982.** Pathogenicity factors of *Heterodera avenae*. *Nauchno Tekhnicheskii Byulleten' VASKhNIL, Sibirskoe Otdelenie*, 22: 32-36.
- 159- SIKORA R.A., 1987.** Plant parasitic nematodes of weat and barley in temperate semi-arid regiona comparative analysis. In "Nematodes parasitic to cereal and legumes in temperate semi-arid regions." *Aleppo*, pp.46-68.
- 160- SIMON H., CODACCIONI P. et LECAEUR X., 1989.** Produire des céréales à paille. Ed. Techniques et documentation- Lavoisier, Paris, 333 p.
- 161- 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.
- 162- SMAHA D., 1998.** *Etude de la biologie du nématode à kyste des céréales Heterodera avenae Wollenweber, 1924. Essai de comportement de 6 variétés de blé dur vis-à-vis de deux populations de ce parasite.* Thèse Magister, Inst. Nat. Agro., El Harrach, 170p.
- 162- SMAHA D., 2002.** Etude de l'influence de la culture de pois chiche sur le développement d'une population d'*Heterodera avenae*. 2^{ème} conf. Inter. Moyen Alter. lutte contre les organismes nuisibles aux végétaux. *Annales communication affichées*, pp. 37-41.

- 163- SMILEY R. W., 2009.** Occurrence, distribution and control of *Heterodera avenae* and *H. filipjevi* in western USA. Cereal cyst nematodes: status, research and outlook. Ankara, Turkey pp. 35-40.
- 164- SMILEY R. W., INGHAM R. E., UDDIN W. et COOK G. H., 1994.** Crop sequences for winter wheat in soil infested with cereal cyst nematode and fungal pathogens. *Plant Disease*, 78: 1142-1149.
- 165- SOLTNER D., 2005.** Phytotechnie spéciale : les grandes productions végétales. Ed. Collection sciences et techniques agricoles, Bressuire France, 472p.
- 166- 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, 150p.
- 167- STATION METEOROLOGIQUE DE TIARET, 2010.** Les données climatiques de la région de Tiaret 2008-2009. Tiaret, Algérie, 5p.
- 168- STONE A.R. 1977.** Reccent developpements and some problems in the taxonomy of *Heterodera*. *Rev. Nematologica*. V. 23, Leiden, pp. 273-288.
- 169- STONE A. R. et HILL A. J., 1982.** Some problems posed by the *Heterodera avenae* complex. *EPPO Bulletin*, 12: 317-320.
- 170- STURHAN D., 1982.** Distribution of cereals and rass cyst Nematodes in te Federal Republic Germany. *Bull. OEPP*, 12 (4), pp. 321-324.
- 171- SUBBOTIN S. A., WAEYENBERGE L., MOLOKANOVA I. A. et MOENS M., 1999.** Identification of *Heterodera avenae* group species by morphometrics and rDNA-RFLPs. *Nematology* 1, 195-207.
- 172- TALAMALI L., 2004.** La libération du marché des céréales en Algérie. Office Algérien Interprofessionnel des Céréales OAIC. La Nouvelle République, Algérie, 14-16P p.
- 173- TAYEB M, 1993.** contribution à la connaissance des sols céréalières de la région de Tiaret . Thèse Magister, Inst. Nat. Agro., El-Harrach, 168 p.

- 174- TAYLOR A.L., 1968.** *Introduction à la recherche sur les nematodes phytoparasites.* Manuel F.A.O., Rome, 135 p.
- 175- THAKURI P., SHARMA A., RAO S. B., KUMARI M., PRASAD G1 N., TYAGI N., KAMARAJU D., PAPOLU P., BANAKARI P. et RAO U., 2012.** Cloning and characterization of two neuropeptide genes from cereal cyst nematode, *Heterodera avenae* from India. *Bioinformation* 8(13): 617-621.
- 176- TRABELSI C., 2009.** Incidence des rotations culturales sur les densités des *Heterodera* et des *Pratylenchus* dans une parcelle à Mékhatria (Ain Defla). Thèse Ing., Agro., Ecol., Nat., Sup., Argo., El-Harrach, 74p.
- 177- TRIGIANO R.N., WINDHAM M. T. et WINDHAM A.S., 2004.** Plant pathology: Concepts and laboratory exercices. CRC press, Washington, 702p.
- 178- VALOCKA B., SABOVA M. et LSKOVA M., 1994.** Response of some winter wheat and spring Barley cultivars to *Heterodera avenae* pathotype Ha 12. *Rev. Helminthologica*, N°31, pp. 155-158.
- 179- VAN BERKUM J.A. et SESHADRI A.R., 1970.** Some important nematode problems in India. *10th International Nematology Symposium*, Pescara, Italy, pp. 136-137.
- 180- VIDHYASEKARAN P., 2004.** Concise encyclopedia of plant pathology. Ed. The haworth press, London, 619p.
- 181- 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.
- 182- WALLER J. M., LENNE J. M. et WALLER S. J., 2002.** Plant pathologist's pocketbook (3 rd Ed). CAB international, London, 516p.
- 183- 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.

184- WILLIAMSON V. M. et GLEASON C. A., 2003. Plant nematode interactions. Elsevier Science. USA.7p.

185- WOUTS W.M., 1972. A version of the family *Heteroderidae* (nematode, Tylenchoidea) 1- The family *Heteroderidae* and its subfamilies. *Rev. Nematologica*, V. 18, Leiden, pp. 439-446.

186- WOUTS W.M., 1985. Phylogenetic classification of the family *Heteroderidae* (Nematoda, Tylenchida.). *Systematic parasitology*. V. 7, Pays-Bas, pp.295-328.

187- ZAFAR A. H., 2002. A Key and Compendium to Species of the Heterodera avenae Group (Nematoda: Heteroderidae). *Journal of Nematology*, V. 34 (3), pp. 250-262.

Annexes

Annexes

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Ecole Nationale Supérieure Agronomique El-Harrach - Al



Département de Zoologie Agricole et Forestière.

Laboratoire de nématologie.



Dépistage du nématode sur

Fiche de prélèvement

L'exploitant

Nom et prénom: N° Tel.:

Adresse personnelle :

Commune : Daïra : Wilaya :

L'exploitation

Statut juridique: EAC EAI Privé Autre :

Localisation :

Superficie : S. Totale : S. A. U. : S. Irriguée :

Source d'eau : Type d'irrigation pratiqué :

Matériels Agricoles :

Les Activités

Activités dominantes :

Plantations :

Elevage :

Autres Activités :

Autres Données

Précédents culturales :

Travaux Cultureux :

Echantillonnage

N° de la parcelle : N° d'échantillon : Date de prélèvement :/...../.....

Type d'échantillon : sol racine Autre : Profondeur :

Annexes

Tableau 1 : Biométrie des kystes de la population de Tiaret.

N°	Longueur des kystes (µm)	Largeur des kystes (µm)	Longueur du cône vulvaire (µm)	Longueur du cou (µm)
1	600	500	20	40
2	570	540	20	50
3	530	530	10	40
4	610	540	10	50
5	650	560	10	40
6	540	560	30	40
7	530	520	10	60
8	580	500	20	40
9	540	520	20	50
10	590	430	20	60
11	680	510	30	60
12	610	420	20	70
13	580	490	10	40
14	600	480	20	40
15	610	430	10	50
16	600	500	40	60
17	590	510	20	50
18	540	500	20	40
19	620	530	30	50
20	670	420	30	60
21	580	560	50	40
22	590	550	20	50
23	530	490	10	50
24	610	480	10	40

25	640	450	30	50
N°	Longueur des kystes (µm)	Largeur des kystes (µm)	Longueur du cône vulvaire (µm)	Longueur du cou (µm)
26	680	530	20	60
27	600	540	20	50
28	560	500	20	40
29	630	500	30	40
30	540	550	20	70
31	560	560	30	60
32	600	440	40	70
33	530	480	30	50
34	630	460	30	40
35	600	440	40	70
36	580	440	30	50
37	530	420	20	40
38	570	500	10	40
39	660	530	20	50
40	570	530	20	60

Annexes

Tableau 2 : Biométrie des kystes de la population de Dahmouni.

N°	Longueur des kystes (µm)	Largeur des kystes (µm)	Longueur du cône vulvaire (µm)	Longueur du cou (µm)
1	730	460	30	60
2	780	500	30	30
3	800	530	20	40
4	710	400	20	30
5	710	450	40	30
6	630	460	30	30
7	750	430	20	50
8	690	410	40	40
9	660	420	50	30
10	780	400	40	40
11	710	420	20	30
12	880	450	30	40
13	790	400	40	50
14	760	320	20	30
15	740	430	30	40
16	720	510	20	50
17	710	400	30	30
18	680	520	20	70
19	650	500	30	40
20	730	510	20	60
21	800	510	30	40
22	740	490	40	30
23	750	400	50	40
24	790	480	20	50
25	760	460	30	40

N°	Longueur des kystes (µm)	Largeur des kystes (µm)	Longueur du cône vulvaire (µm)	Longueur du cou (µm)
26	690	430	20	30
27	710	420	30	40
28	760	480	20	70
29	640	450	30	50
30	700	490	40	40
31	630	510	20	40
32	750	400	40	30
33	660	540	30	40
34	790	530	30	50
35	640	570	20	60
36	760	560	20	50
37	690	560	30	40
38	730	570	20	30
39	710	530	20	50
40	680	510	30	40

Annexes

Tableau 3 : Nombre des œufs par kystes de chaque population.

N°	Population de Tiaret	Population de Dahmouni
1	224	361
2	131	483
3	216	259
4	302	234
5	459	521
6	231	456
7	426	297
8	197	460
9	137	473
10	379	369
11	132	347
12	156	394
13	277	364
14	317	399
15	102	361
16	236	369
17	324	193
18	267	249
19	137	337
20	109	269
21	230	378
22	295	589
23	139	361
24	247	335
25	137	504

N°	Population de Tiaret	Population de Dahmouni
26	314	413
27	104	367
28	126	340
29	324	427
30	127	337
31	124	243
32	149	302
33	261	235
34	113	397
35	101	346
36	462	312
37	284	403
38	209	375
39	121	364
40	247	256

Résumé

L'étude des nématodes à kystes des céréales *Heterodera avenae* dans quelques parcelles céréalières à Tiaret.

L'étude de l'état d'infestation et de la répartition d'*Heterodera* dans quelques parcelles céréalières montre la présence de ce nématode dans la majorité des communes prospectées, à l'exception de celles de Rechaïga et Takhemaret qui sont indemnes.

La fréquence moyenne d'*Heterodera* est de 55.88% avec un degré d'infestation moyen de 5.76 L₂/g de sol. La monoculture joue un rôle important dans l'élévation de ce degré.

L'étude morpho-biométrique des kystes des deux populations de ce nématode montre l'existence d'une large variabilité entre les deux populations. Cette étude a permis d'identifier l'espèce *H. avenae* qui est très répandue en Algérie.

L'étude de l'impact du type de rotation sur le degré d'infestation révèle que les parcelles qui pratiquent une rotation à base de cultures maraichères (plus de 10 ans), peut diminuer de 50 % de la fréquence d'*Heterodera* soit 7 à 10 L₂ / g de sol par rapport à celles qui pratiquent les céréales et les fourrages très souvent.

L'enquête faite sur les facteurs de propagation nous permet de proposer une fréquence dite : fréquence de dissémination. Cette dernière montre que le matériel agricole et l'homme jouent un rôle primordial dans l'infestation des parcelles céréalières (environ 49 % et 22%) par ce nématode. Donc, plus de 70% des parcelles sont infestées à cause de ces deux facteurs.

Mots clés : *Heterodera avenae*, Céréales, Tiaret, état d'infestation, fréquence de dissémination, type de rotation.

Summary

The study of cereal cyst nematodes *Heterodera avenae* in some cereals lands in Tiaret.

The study of the state of infestation and the distribution of nematode with *Heterodera* cysts of cereals in some parcels note the presence of the nematode with cyst of cereals on the level of all this common except that of Rechaïge and Takhemaret. The average frequency of *H. avenae* is 55.88%, with average degree of infestation 5.76 L₂ / g of soil. The monoculture plays an important role in the evolution of this degree.

The biometric study of the cysts of two populations of various origins has shown presence of a large variability. This study allowed identified one species *H. avenae* which is wide spread in Algeria.

The study of the impact of a rotation type in the degree of infestation refers that the lands which have a rotation that is based on vegetables cultures (more than 10 years), can decrease a 50% of the frequency of *Heterodera avenae* which means 7 to 10 L₂ / g of soil, unlike those that have cereals in continued use.

The investigations on the factors of distribution help us to propose a frequency of distribution. This latter show that the agriculture materials and human beings play an important role in the infestation of cereals lands (upward 49% and 22%) by this nematode. So, more than 70% of cereals lands are infected because of these two factors.

Key words: *Heterodera avenae*, cereal, Tiaret, state of infestation, frequency of distribution, rotation type.

دراسة النيमतودا ذات الأكياس الخاصة بالحبوب *Heterodera avenae* في بعض حقول الحبوب المتواجدة في منطقة تيارت.

دراسة حالة إصابة و توزع *Heterodera* في بعض أراضي الحبوب بتيارت بينت أن أغلب البلديات التي تم معاينتها مصابة بنيमतودا الحبوب، باستثناء بلديتي الرشايق و تخمات فهما سليمتان من الإصابة بهذه الآفة. متوسط تردد *H. avenae* و كذا درجة الإصابة في هذه المنطقة يقدر بـ: 55.88 % و 5.71 /غ تربة على التوالي. الزراعة الأحادية تلعب دورا مهما في ارتفاع درجة الإصابة.

إن الدراسة البيوميترية و المورفولوجية لأكياس سلالتين من *Heterodera* أظهرت وجود اختلافات كبير بين السلالتين. هذه الدراسة سمحت لنا بالتعرف على *H. avenae* المنتشرة بكثرة في الجزائر.

دراسة أثر نوع الدورة الزراعية على درجة الإصابة بين أن الحقول التي يُعتمَد في دورتها الزراعية على محاصيل الخضر (10 سنوات فأكثر) ينخفض فيها مقدار تردد النيमतودا و كذا درجة الإصابة بحوالي 50 % و 7 إلى 10 ل 1/2 غ تربة على التوالي، مقارنة بالحقول التي يُعتمَد في دورتها الزراعية على محاصيل الحبوب و الأعلاف (زراعة أحادية).

التحقيق الميداني الذي أجري حول عوامل انتشار النيमतودا سمح لنا باقتراح تردد يسمى: تردد الانتشار. هذا الأخير بين أن العتاد الفلاحي و الإنسان يلعبان دورا رئيسيا في إصابة حقول القمح بالنيमतودا (49% و 12%). إذن ما يزيد عن 70 % من أراضي الحقول مصابة بسبب هذين العاملين.

الكلمات الرئيسية: *Heterodera avenae* ، الحبوب، تيارت، حالة الإصابة، تردد الانتشار، الدورة الزراعية.