

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
-الجزائر- المعهد القومي للعلوم الفلاحية الحراش
Institut National Agronomique El-Harrach – Alger –

Thèse

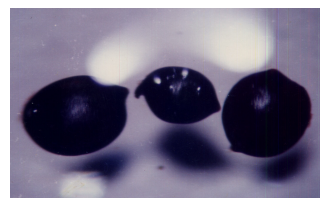
En vue de l'obtention du diplôme de Magister en Sciences Agronomiques

Spécialité : Protection des végétaux (Zoologie agricole et forestière)

Option : Zoophytatrie (Nématologie)



Thème



Etat d'infestation de quelques régions céréalières d'Algérie
par le nématode à kystes (*Heterodera*).
Capacité d'hôtes de six variétés de blé dur local vis-à-vis d'une
population de ce parasite.

Présentée par : M^{elle} HAMROUN Wahiba

Devant la commission d'examen composée de :

Président	: M ^r DOUMANDJI S.E.	<i>Professeur à l'INA</i>
Directeur de thèse	: M ^r MOKABLI A.	<i>Maître de conférence à l'INA</i>
Examineurs	: M ^{me} DOUMANDJI –MITICHE B.	<i>Professeur à l'INA</i>
	M ^{me} MEKLIICHE L.	<i>Maître de conférence à l'INA</i>
	M ^r HAMMACHE M.	<i>Chargé de cours à l'INA</i>
Invité	: M ^r SMAHA D.	<i>Magister (INPV)</i>



Année universitaire : 2005- 2006

*On rend d'abord grâce à Dieu
Tout Puissant
pour nous avoir donné
la force et la patience de
réaliser ce modeste travail*

Dédicace

Je dédie cette humble thèse

*Aux deux êtres que j'aime le plus au monde
Mon père et ma mère,
Pour leur amour et leur sacrifice
Que Dieu le Tout Puissant me les garde à tout
jamais*

*A mes frères et sœurs à qui je souhaite une belle et
longue vie pleine de bonheur et de réussite ;*

*A Mes amies
A tous ceux qui m'aiment et que j'aime.*

Wahiba

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma reconnaissance à Monsieur **MOKABLI A.**, maître de conférence à l'INA d'El -Harrach pour avoir accepté de diriger cette thèse, pour ses conseils judicieux et ses critiques constructives.

J'exprime mon profond respect et mes vifs remerciements à Monsieur le professeur **DOUMANDJI S.E.** qui a bien voulu honorer par sa présidence le jury de cette thèse.

Mes sincères remerciements sont adressés à Madame **DOUMANDJI-MITICHE B.** professeur pour sa disponibilité à juger ce travail.

Je remercie vivement Madame **MEKLIICHE L.**, maître de conférence à l'INA, pour l'intérêt qu'elle porte à cette thèse en acceptant de l'examiner.

Je remercie tout particulièrement Monsieur **HAMMACHE M.**, Chargé de cours à l'INA pour avoir bien voulu examiner ce travail .

Mes remerciements s'adressent également à Monsieur **SMAHA D.** pour son aide précieuse et ses encouragements et d'avoir accepté d'être mon invité.

Je porte une reconnaissance particulière à Monsieur **CHEKKOUR A.** pour sa gentillesse et son aide généreuse tout au long de mon expérimentation.

A tous mes ami (es) : **ACHEUK Fatma**, **Bissaâd Fatma**, **Lila**, **Fatima**, **Malika**, **Rebiha**, **Akila**, **Souad**, **Saâdia**, **Fatiha**, **Riadh**, **M'haned**, **Rachid**, **Aziz** et **Hamid**.

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 avec générosité et un égard exemplaires.

Listes des tableaux et figures

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
1.	Evolution des superficies, productions et rendement céréaliers décennaux durant la période 1880-2002 et la campagne agricole 2002-2003.....	121
2.	Evolution de la production et du rendement durant la période 1990-2002 et résultats de la campagne 2002-2003.....	121
3.	Chronologie de la découverte d' <i>H. avenae</i> dans le monde.....	122
4.	Distribution des nématodes à kystes (<i>Heterodera</i>) en Algérie.....	123
5.	Groupes des pathotypes définis par le test international (Andersen et Andersen, 1982), révisé par Rivoal et Cook (1993) et Ireholm et al. (1997).....	23
6.	Hérédité de la résistance de quatre variétés d'orge à l'encontre des pathotypes français d' <i>H. avenae</i> (Rivoal et Person-Dedryver, 1984).....	36
7.	Résultats des prélèvements du sol de la station d'Oued Smar I.T.G.C.....	43
8.	Résultats des prélèvements des échantillons du sol de Dély Ibrahim.....	43
9.	Résultats des prélèvements des échantillons du sol de Birtouta.....	44
10.	Résultats des prélèvements des échantillons du sol de Boumerdès.....	44
11.	Résultats des prélèvements des échantillons du sol d'Ain Tagourait et Sidi Rached..	45
12.	Résultats des prélèvements des échantillons du sol de Dar El Beïda.....	45
13.	Classement des zones céréalières prospectées en fonction du degré d'infestation.....	49
14.	Mensurations des kystes de la population d'Oued Smar	126
15.	Mensurations des kystes de la population de Boumerdès.....	127
16.	Mensurations des kystes de la population de Dély Ibrahim.....	128
17.	Mensurations des kystes de la population de Dar El Beïda.....	129
18.	Mensurations des kystes de la population de Birtouta.....	130
19.	Mensurations (longueur, largeur) des kystes des populations étudiées.....	59
20.	Analyse de variance des mensurations (longueur).....	59
21.	Analyse de variance des mensurations (largeur).....	59
22.	Eclosion des larves de quelques populations d' <i>H. avenae</i> en Algérie.....	64
23.	Nombre de larves écloses des populations d' <i>H. avenae</i> d'origine géographique diverse en fonction de la température du sol (1995/1996).....	131
24.	Nombre de larves écloses des populations d' <i>H. avenae</i> d'origine géographique	

diverse en fonction de la température du sol (1996/1997).....	131
25. Nombre de larves écloses des populations d' <i>H. avenae</i> d'origine géographique diverse en fonction de la température du sol (1997/1998).....	132
26. Nombre de larves écloses des populations d' <i>H. avenae</i> d'origine géographique diverse en fonction de la température du sol (1998/1999).....	132
27. Nombre de larves écloses des populations d' <i>H. avenae</i> d'origine géographique diverse en fonction de la température du sol (1999/2000).....	132
28. Calendrier des traitements phytosanitaires, campagne (2000-2001).....	144
29. Nombre de talles (analyse de variance).....	85
30. Nombre de talles (test de Newman-Keuls : 5 %).....	85
31. Longueur des talles (analyse de variance).....	87
32. Longueur des talles (test de Newman-Keuls : 5 %).....	87
33. Nombre d'épis/plant (analyse de variance).....	89
34. Nombre d'épis/plant (test de Newman-Keuls : 5 %).....	89
35. Poids moyen des grains/pied (analyse de variance).....	91
36. Poids moyen des grains/pied (test de Newman-Keuls : 5 %).....	91
37. Récapitulatif des résultats de l'analyse de variance.....	93
38. Importance du nombre de kystes néoformés chez six variétés de blé dur à la fin de culture.....	95
39. Analyse de la variance des kystes néoformés.....	95
40. Réaction des variétés de blé dur testé vis-à-vis d'une population d'Oued Smar.....	97
41. Résultats des essais de comportement variétal des céréales en Algérie.....	139
42. Date d'apparition des stades de développement du blé dur.....	142
43. Résultats du test d'éclosion d' <i>H. avenae</i> (population d'Oued Smar) avec l'essai du comportement variétal.....	143

Liste des figures

N°	Titre	Page
1.	Répartition géographique du nématode à kystes des céréales <i>Heterodera avenae</i> dans le monde.....	10
2.	Distribution des deux principales espèces de nématode à kystes des céréales du genre <i>Heterodera</i> en Algérie.....	11
3.	Morphologie du nématode à kyste <i>Heterodera avenae</i>	14
4.	La forme du kyste du genre <i>Heterodera</i>	17
5.	Cycle biologique du nématode à kyste <i>Heterodera avenae</i>	19
6.	Echantillonnage du sol et récolte des kystes.....	39
7.	Estimation des degrés d'infestation moyen des parcelles par le nématodes à kystes des céréales en fonction des régions	49
8.	Principales caractéristiques de la morphologie du cône vulvaire et de la forme des nœuds du stylet des larves du deuxième stade utilisées pour différencier les nématodes à kystes des graminées.....	52
9.	Diagramme d'un cône vulvaire	53
10.	Les étapes de réalisation des coupes au niveau du cône vulvaire du kyste.....	56
11.	Effectif moyen des longueurs et largeurs des kystes en fonction des régions.....	58
12.	Les différentes étapes de suivi d'éclosion des larves de deuxième stade.....	64
13.	Eclosion des larves d'une population d' <i>H. avenae</i> d'Oued Smar en fonction de la température du sol.....	67
14.	Eclosion des larves d'une population d' <i>H. avenae</i> de Tiaret en fonction de la température du sol.....	68
15.	Eclosion des larves d'une population d' <i>H. avenae</i> d'Ain Defla en fonction de la température du sol.....	70
16.	Eclosion des larves d'une population d' <i>H. avenae</i> de Béjaïa en fonction de la température du sol).....	71
17.	Eclosion des larves d'une population d' <i>H. avenae</i> de Mostaganem en fonction de la température du sol.....	73
18.	Schéma de l'échelonnement et de la diapause chez les cinq populations d' <i>H. avenae</i> sur cinq années consécutives.....	77

19. Cycle d'éclosion d' <i>H. avenae</i> (-) en Algérie et périodes de cultures d'hiver et de printemps	79
20. Dispositif expérimental.....	82
21. Effet du nématode sur le nombre de talles.....	86
22. Effet du nématode sur la longueur de talle.....	88
23. Effet du nématode sur le nombre moyen d'épis/plant.....	90
24. Effet du nématode sur le poids moyen de grains/pied.....	92
25. Evolution de l'inoculum initial de la population d'Oued Smar en fin de culture.....	95
26. Schéma montrant la synchronisation du cycle annuel de la population d' <i>H. avenae</i> d'Oued Smar à différentes températures du sol avec les stades phénologiques des céréales.....	98
27. Les étapes et les stades repères de la vie du blé.....	148

Liste des photos

N°	Titre	Page
1.	Appareil de Fenwick et technique d'extraction des kystes.....	41
2.	Mensurations des kystes du genre <i>Heterodera</i>	51
3.	Coupe périnéale au niveau du cône vulvaire d' <i>H. avenae</i> et d' <i>H. latipons</i>	62
4.	Vue générale du dispositif expérimental à l'INA.....	83
5.	Stade début d'épiaison, (variété Waha) l'épiaison se manifeste précocement	145
6.	Stade plein tallage (mois de février).....	146
7.	Fertilisation de la végétation par l'ammonitrate de sulfate	147

Sommaire

Sommaire

Introduction générale.....7

Analyse bibliographique

I- Généralités sur *Heterodera avenae* Wollenweber, 1924.....9

1- Répartition et importance économique d'*H. avenae*.....9

1.1- Répartition d'*H. avenae*.....9

1.1.1- Dans le monde.....9

1.1.2- En Algérie.....9

1.2- Importance économique.....12

1.2.1- Dans le monde.....12

1.2.2- En Algérie.....12

2- Position systématique.....13

3- Morphologie et cycle de développement d'*H. avenae*13

3.1- Morphologie.....13

3.1.1- Œufs.....15

3.1.2- Larves du premier stade (L₁)15

3.1.3- Larves du second stade (L₂).....15

3.1.4- Larves du troisième stade (L₃).....15

3.1.5- Larves du quatrième stade (L₄).....15

3.1.6- Le mâle.....15

3.1.7- La femelle.....16

3.1.8- Le kyste.....16

4- Critères de détermination des espèces d'*Heterodera*18

5- Le cycle biologique18

6- L'enkystement.....20

7- La diapause.....21

8- Le polymorphisme21

8.1- L'écotype.....21

8.1.1- Ecotype méridional.....21

8.1.2- Ecotype septentrional.....	21
9- Le pathotype.....	22
10- Conséquences de ce polymorphisme.....	24
11- Facteurs qui influencent le développement d' <i>H. avenae</i>	24
11.1- Facteurs climatiques.....	24
11.1.1- L'humidité.....	24
11.1.2- La température.....	24
11.1.3- Les exsudats racinaires.....	24
11.2- Facteurs édaphiques.....	25
11.2.1- Type de sol.....	25
11.2.2- La porosité.....	25
11.2.3- L'oxygène.....	25
11.2.4- Le pH.....	25
11.3- Facteurs biotiques.....	25
11.3.1- Les monocultures.....	25
11.3.2 - La fertilisation.....	25
11.3.3 - La matière organique.....	26
11.3.4- La plante hôte.....	26
11.3.5 Les pesticides.....	26
12- Symptomatologie.....	26
12.1- Symptômes en plein champ.....	26
12.2 - Symptômes sur la plante.....	26
12.2.1- Symptômes sur la partie aérienne.....	26
a) Un rabougrissement.....	26
b) Une décoloration du feuillage.....	27
12.2.2- Symptômes sur la partie racinaire.....	27
13- Méthodes de lutte	27
13.1-Mesures préventives.....	27
13.2-Mesures curatives.....	28
13.2.1- Méthodes culturales.....	28
a) Le désherbage.....	28
b) Les labours.....	28
c) La jachère	28

d) Les semis.....	28
e) La fertilisation et les amendements	29
f) La rotation culturale.....	29
g) Les variétés résistantes.....	30
13.2.2- Méthodes chimiques.....	31
13.2.3- Méthodes biologiques.....	31
13.2.3- Importance de la télédétection.....	32
13.2.4- Lutte intégrée.....	32
14- Importance de la résistance culturale dans la lutte contre <i>Heterodera avenae</i>	33
14.1 - Notion de résistance et de tolérance.....	33
14.1.1- Notion de résistance.....	33
14.1.2- Notion de tolérance.....	34
14.2- Les sources de résistance.....	34
a) Chez le blé.....	34
b) Chez l'orge.....	36
c) Chez l'avoine.....	37
14.3- Limites d'emploi des variétés résistantes.....	37

Présentation des expérimentations effectuées

Chapitre I :

I.1- Etat d'infestation et distribution des nématodes à kystes (<i>Heterodera</i>) des céréales dans quelques régions d'Algérie.....	38
Introduction.....	38
1- Analyse nématologique.....	38
1.1- Echantillonnage de sol.....	38
1.2- Extraction des kystes.....	40
1.3- Récupération et comptage des kystes.....	42
2-Résultats	42
2.1- Etat d'infestation des parcelles par les nématodes à kystes du genre <i>Heterodera</i> dans différentes régions étudiées.....	42
2.2- Importance des densités de nématodes dans le sol dans les	

communes prospectées.....	42
a) Commune d'Oued Smar : Station expérimentale de l'I.T.G.C (Alger).....	42
b) Commune de Dély Ibrahim (Alger).....	43
c) Commune de Birtouta (Blida).....	44
d) Commune de Boumerdès (Boumerdès).....	44
e) Commune de Aïn Tagouraït et de Sidi Rached (Tipaza).....	45
f) Commune de Dar El Beïda (Alger).....	45
3- Discussion.....	46
4- Classement des zones céréalières prospectées en fonction du degré d'infestation.....	47

I.2. Etude biométrique et morphologique de cinq populations de nématodes à kystes

<i>(Heterodera)</i>	50
1- Etude biométrique.....	50
-Mensuration des kystes.....	50
1.1.1-Technique de mensuration.....	50
2- Etude de la morphologie du cône vulvaire.....	50
2.1- Le cône vulvaire.....	50
2.2- La vulve.....	54
2.3- Les fenestrae.....	54
2.4- Le pont vulvaire.....	54
2.5- Les bullae.....	54
3- Matériels et méthode.....	54
3.1- Matériels.....	54
3.2- Méthode.....	54
3.3- Montage et observation.....	55
3.4- Réalisation des coupes et identification des espèces.....	55
4- Résultats.....	57
4.1- Résultats des caractères morphologiques des kystes des différentes populations.....	57
a) La forme générale du kyste.....	57
b) La couleur.....	57
c) La taille des kystes.....	57
4.2- Résultats des mensurations (longueur et largeur) des kystes des cinq populations étudiées.....	57

5- Identification des espèces du genre <i>Heterodera</i>	60
5.1- Résultats et discussion.....	60
Chapitre II : Effet de la température du sol sur l'éclosion des larves des populations algériennes d'<i>Heterodera</i> d'origine diverse.....	63
Introduction.....	63
1- Matériels et méthode.....	64
2- Résultats	66
2.1- Importance de l'éclosion des larves en fonction de la température du sol.....	66
a) Population d'Oued Smar.....	66
b) Population de Tiaret.....	66
c) Population d'Ain Defla.....	69
d) Population de Béjaïa.....	69
e) Population de Mostaganem.....	72
3- Discussion.....	74
4- Conséquences sur la sensibilité des céréales.....	79
Chapitre III : Capacité d'hôtes de six variétés de blé dur vis-à-vis d'une population d'<i>H. avenae</i> originaire d'Oued Smar.....	80
1- Objectifs.....	80
2-Matériels.....	80
2.1- Le nématode.....	80
2.2- Les variétés testées.....	80
2.3-Autre matériel.....	80
2.4- Origine du substrat.....	81
3- Méthode.....	81
4- Résultats	84
4.1- Effet du nématode sur les composantes de rendement	85
a) Le nombre de talles.....	85
b) La longueur des talles (cm).....	87
c) Le nombre d'épis/plant.....	89
d) Le poids moyen des grains (g).....	91
4.2- Comparaison entre les plants témoins et les plants inoculés par variété.....	93
5- Importance du nombre de kystes néoformés chez les six variétés de blé dur	94

5.1- Résultats	94
5.2- Discussion.....	99
Conclusion générale.....	100
Références bibliographiques.....	102
Annexes.....	121

Introduction générale

Introduction générale

La céréaliculture est depuis longtemps la spéculation la plus importante de l'agriculture algérienne. Les céréales constituent des productions stratégiques. Elles représentent la base de la ration alimentaire de la population mondiale, plus particulièrement le blé dur, considéré comme étant le principal apport énergétique.

La superficie mondiale cultivée en céréales est de 143 millions d'hectares avec une production annuelle de 15,7 milliards de quintaux, soit un rendement moyen de 21,1 qx/ha.

En Algérie, les terres annuellement emblavées représentent 2,4 à 3 millions d'hectares, soit le tiers des terres arables (Ministère de l'agriculture, 2003). Vu la croissance démographique en Algérie, l'importation des céréales en 2000 atteignait 35,64 millions de quintaux et passera à 59,04 millions de quintaux en 2010 (Ministère de l'agriculture, 2001).

A titre d'exemple, l'Algérie fait partie des cinq pays importateurs mondiaux de blé dur canadien (Agence Algérienne d'Information, 2004). A l'échelle nationale, la superficie occupée par chaque espèce est de :

- 55 % : blé dur,
- 31 % : blé tendre,
- 13 % : orge
- 1 % : avoine (I.T.G.C, 2001)

Le blé dur et le blé tendre représentent 86 p. cent de la superficie totale.

La récolte a atteint 2,97 et 1,2 millions de tonnes respectivement pour le blé et l'orge lors de la campagne 2002-2003. Les rendements sont de l'ordre de 8 à 14 quintaux par hectare durant la dernière décennie (1993-2003) (Ministère de l'agriculture, 2003).

Malgré les efforts déployés par les différents organismes pour le développement et l'amélioration de la production nationale, cette dernière reste très faible. Elle ne couvre que 20% des besoins nationaux.

Ce faible taux de production accroît la dépendance alimentaire de notre pays vis-à-vis de l'extérieur. En effet, le coût moyen des importations s'élève annuellement à deux milliards de dollars dont les céréales représentent 30%, soit six cents millions de dollars (A.A.I., 2004).

Les différentes fluctuations et la faiblesse des rendements sont la conséquence d'un certain nombre de facteurs, dont les plus importants sont les aléas climatiques (pluies insuffisantes et irrégulières), la mauvaise conduite des cultures (préparation du sol, fertilisation, désherbage) de la part des agriculteurs ainsi que la qualité des semences utilisées. A cela, s'ajoutent les problèmes phytosanitaires tels que les maladies cryptogamiques et virales et les ravageurs (insectes, oiseaux, rongeurs).

Parmi les déprédateurs de ces cultures, les nématodes à kystes peuvent provoquer des baisses importantes de rendement. *Heterodera avenae* Woll. (1924) est considéré comme étant l'espèce la plus dommageable en raison de sa large distribution géographique et de sa spécificité aux graminées (Rivoal et *al.*, 1987).

Compte tenu de son importance agronomique, nous avons jugé utile d'entreprendre une étude sur ce parasite. Une première partie est consacrée à l'évaluation de l'état d'infestation de quelques parcelles par ce nématode et la mise en évidence de cette espèce par une étude morphobiométrique, essentiellement le cône vulvaire. La deuxième partie comprend une étude de l'effet de la température du sol sur l'éclosion des larves contenues dans les kystes des populations algériennes du genre *Heterodera*.

Enfin, dans la dernière partie, nous essayerons de tester la capacité d'hôte de six variétés de blé dur local vis-à-vis d'une population de ce nématode, originaire de la station expérimentale de l'institut technique des grandes cultures d'Oued Smar (Alger).

Analyse bibliographique

Le nématode à kyste des céréales
***Heterodera avenae* Wollenweber, 1924**

I- Généralités sur *Heterodera avenae*

Le nématode à kyste *Heterodera avenae* des céréales est un endoparasite sédentaire des racines des céréales à paille et maïs (Stone et Hill, 1977 ; Nobbs, 1989). Cette espèce est actuellement la plus redoutable sur céréales (Rivoal et *al.*, 1984).

1- Répartition et importance économique d'*H. avenae*

1.1- Répartition d'*H. avenae*

1.1.1 - Dans le monde

Selon Ritter (1982), *H. avenae* est une espèce particulièrement ubiquiste que l'on retrouve dans toutes les régions du monde, autre que celles du continent américain. La figure 1 et le tableau 3 en annexe résument respectivement la distribution de cette espèce dans le monde et sa découverte par ordre chronologique.

1.1.2 -En Algérie

En Algérie, ce nématode a été identifié pour la première fois par Scotto La Massese (1961). Il a été mis en évidence par Lamberti et *al.*, (1975) sur orge à Birtouta et sur blé à El Amra et à Sidi Bel Abbès.

C'est en 1992 que les travaux de recherche ont été entrepris par Lounis dans la région de Djendel, Ferhaoui (1993) dans la région de Hoceïnia et de Djendel (Aïn Defla) et par Azizi en Mitidja. Ce nématode a été signalé dans d'autres zones céréalières telles que Tiaret, Mascara, Tlemcen, Sidi Bel Abbès, Mostaganem, Bouira, Tissemsilt, Chlef, Alger, Blida, Bordj Bou Arréridj, Sétif, Tizi Ouzou, Constantine, Annaba et Béjaïa (Mokabli, 2002) (Fig. 2).

Une autre espèce de nématodes à kystes *Heterodera latipons* a été recensée à Sétif, Béjaïa, Relizane, Dar El Beïda (Alger), Mascara et Boumerdès (Fig. 2). Plusieurs auteurs ont contribué à l'étude de la distribution de ces deux espèces de nématodes (Tableau 4, annexe 1).

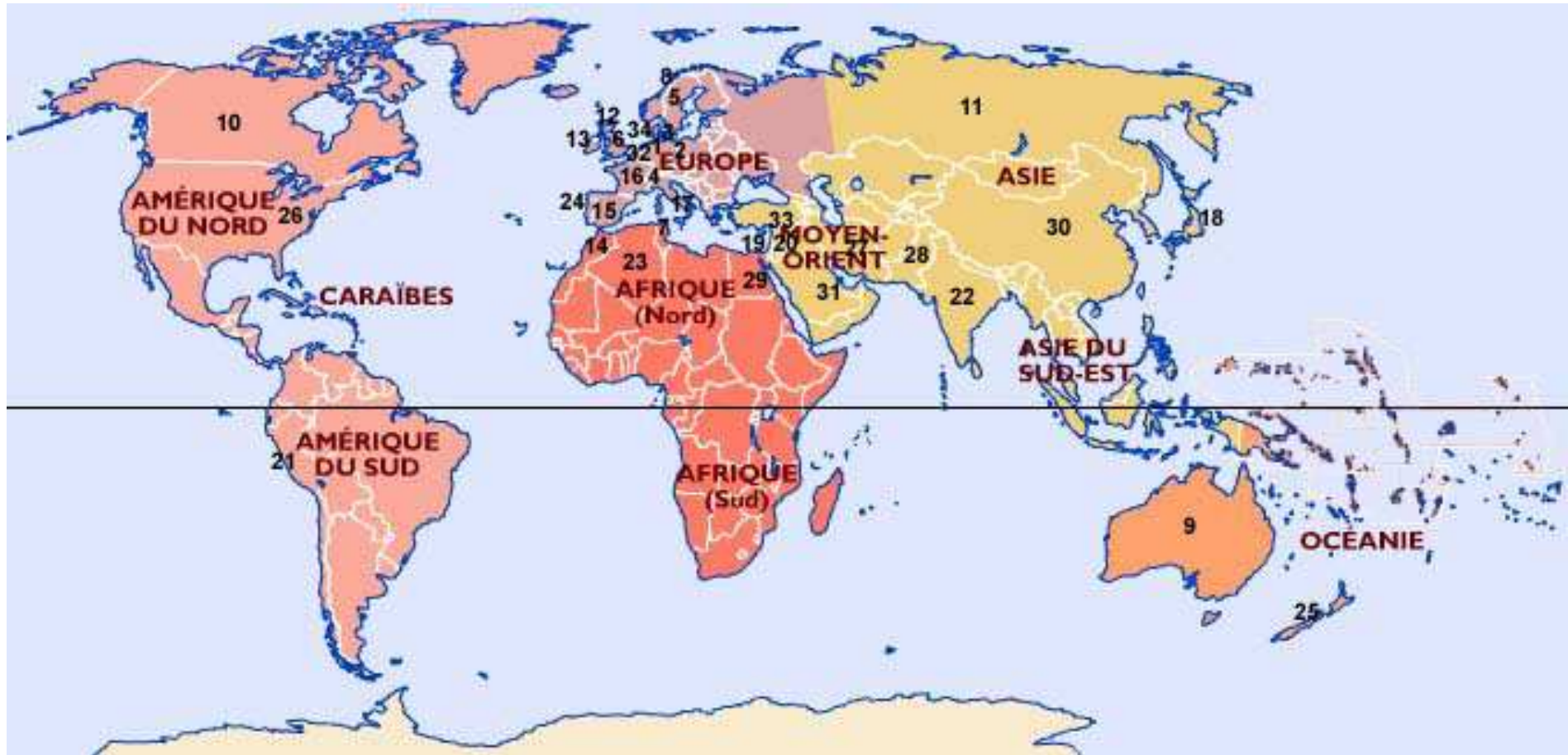


Fig. 1 : Répartition géographique du nématode à kystes des céréales *Heterodera avenae* dans le monde

Pays : 1- Allemagne, 2- Hollande, 3- Danemark, 4- Suisse, 5- Suède, 6- Angleterre, 7- Tunisie, 8- Norvège, 9- Australie, 10- Canada, 11- Russie, 12- Ecosse, 13- Irlande, 14- Maroc, 15- Espagne, 16- France, 17- Italie, 18- Japon, 19- Israël, 20- Palestine, 21- Pérou, 22- Inde, 23- Algérie, 24- Portugal, 25- Nouvelle-Zélande, 26- U.S.A., 27- Iran, 28- Pakistan, 29- Egypte, 30- Chine, 31- Arabie Saoudite, 32- Belgique, 33- Liban, 34- Bulgarie.

(Original)

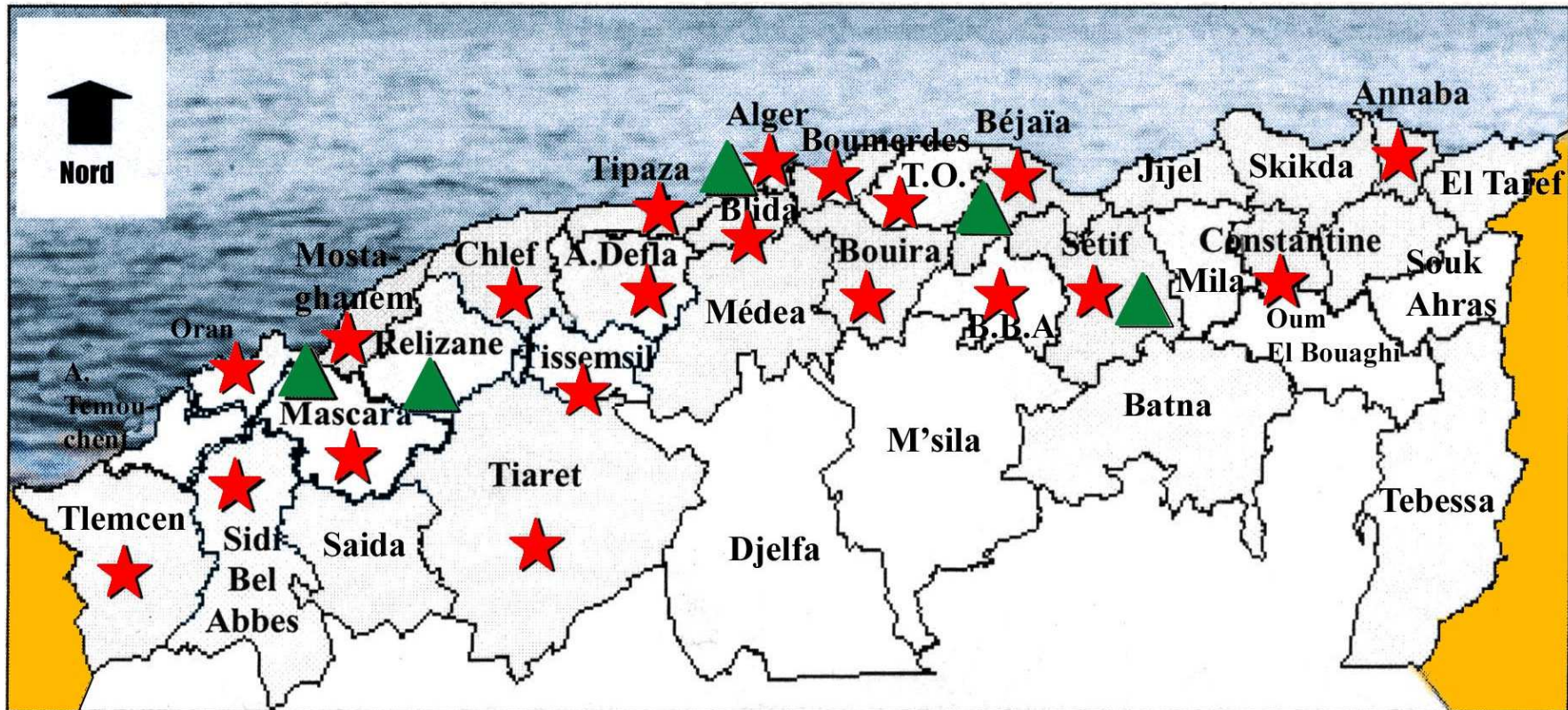


Fig. 2 : Distribution des deux principales espèces de nématodes à kystes des céréales du genre *Heterodera* en Algérie

(Original, plusieurs auteurs en annexe 1)

Légendes :

- ★ *H. avenae*
- ▲ *H. latipons*

1.2-Importance économique

1.2.1- Dans le monde

H. avenae est le nématode qui cause le plus de dégâts aux cultures céréalières, par sa répartition géographique et sa gamme d'hôtes. Selon Caubel et *al.*, (1980), les pertes dues à cette espèce en Angleterre sont de l'ordre de 1 p. cent alors que Reddy (1983) rapporte des pertes de 30 à 40 p. cent. Aux Etats-Unis, une étude estime une perte globale de 5 p. cent pour le blé et l'avoine et de 6 p. cent pour la culture d'orge (Fieldmesser et *al.*, 1971 in Ritter, 1973).

En Australie, *H. avenae* provoque des pertes plus importantes que celles enregistrées dans le Nord de l'Europe. Elles dépassent plus fréquemment les 50% (Meagher, 1982, Rivoal et *al.*, 1985). En Inde, ce nématode cause la maladie du « molya » sur les céréales et induit des pertes allant de 4 à 32 p. cent (Singh et *al.*, 1980). En Chine, ce parasite se multiplie convenablement sur le blé d'hiver et engendre des dégâts considérables (Zhang et *al.*, 1994). En Arabie Saoudite, cette espèce cause des dommages sur le blé et l'orge (Ibrahim et *al.*, 1999).

1.2.2- En Algérie

Entre la période 1975 et 1991, les seules données disponibles sur la nuisibilité d'*H. avenae* sont celles de Scotto La Massese et Lamberti et *al.*, (1975) qui ont affirmé que l'infestation est faible, à cause de la pratique de la jachère.

Toutefois, d'autres travaux de Labdelli, 1995, Haddadi, 1997 et Smaha, 1998 ont montré des fortes infestations respectivement à Tiaret, Birtouta, Oued Smar, Tissemsilt, Chlef et Sétif.

2- Position systématique

Selon Stone (1977) et Reddy (1983), *H. avenae* est un némathelminthe appartenant à la famille des *Heteroderidae*. Il occupe la position systématique suivante :

Embranchement : Némathelminthes
Classe : Nematoda
Sous classe : Secernentea
Ordre : Tylenchida
Sous Ordre : Tylenchina
Super Famille : Heteroderoidea
Famille : *Heteroderidae*
Sous Famille : *Heteroderinae*
Genre : *Heterodera*

Neuf espèces représentent les nématodes à kystes inféodés aux graminées. Ce sont *H. avenae* Wollenweber, (1924), *H. latipons* Franklin, (1969), *Heterodera iri* Mathews, (1971), *H. mani* Mathews (1971), *H. hordecalis* Andersson, (1974), *H. bifenestra* Cooper, *H. filipjevi* Madzhidov, *H. pathotype 3* et *H. punctata*.

3- Morphologie et cycle de développement d'*H. avenae*

3.1 Morphologie

H. avenae présente un dimorphisme sexuel très prononcé à l'état adulte (Rivoal et *al.*, 1978). Il se caractérise essentiellement par la formation des kystes (Choppin De Janvry, 1971). Les stades les plus décrits sont les larves de deuxième stade et les kystes, car ils constituent les stades apparents et les plus utilisés en systématique (Fig. 3).

Les grandes ressemblances morphologiques dans le complexe de nématodes à kystes des céréales rendent parfois difficile l'identification des espèces. La taxonomie est basée sur les caractéristiques morphologiques du kyste mûr, telles que la forme générale, la taille et la couleur (Romero, 1982 ; Rivoal et Cook, 1993) et essentiellement sur les observations microscopiques du cône vulvaire (Shepherd et *al.*, 1973).

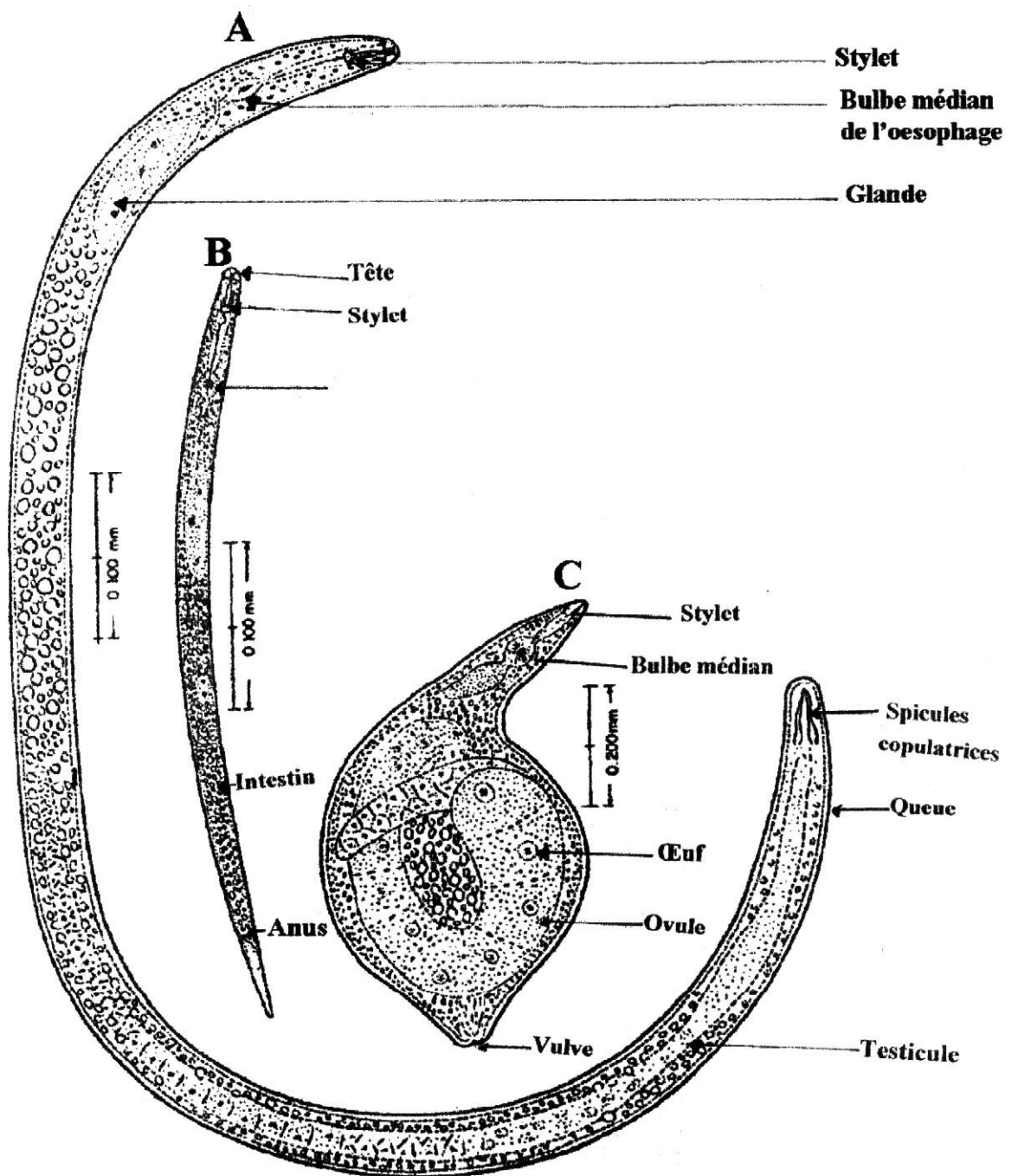


Fig. 3 : Morphologie du nématode à kyste *Heterodera avenae*
(Taylor, 1968)

- Fig. A : Mâle, corps entier
- Fig. B : Larve, corps entier
- Fig. C : Femelle, corps entier

3.1.1- Les œufs

Ils sont renfermés dans le corps de la femelle adulte transformée en kyste. Ils sont hyalins, lisses et de forme ovale (Volvas, 1985). Leur longueur est de 126 μm et leur largeur est de 56 μm (Williams et Siddiqi, 1972).

3.1.2- Les larves du premier stade (L1)

Elles sont contenues dans l'œuf. Elles sont pliées en quatre (Williams et Siddiqi, 1972).

3.1.3- Les larves du second stade (L2)

Les larves de second stade représentent le stade infestant (Wouts, 1972 ; Person-Dedryver, 1989). Elles sont vermiformes avec une queue très effilée, comportant une portion terminale hyaline dont la longueur constitue un des critères d'identification des espèces (Nobbs, 1989) et occupe 67 p. cent de la longueur totale de la queue (Volvas, 1985) (Fig. 3).

3.1.4- Les larves du troisième stade (L3)

Elles sont gonflées et sédentaires avec une queue courte à la partie postérieure et un stylet buccal à la partie antérieure (Wouts, 1972).

3.1.5- Les larves du quatrième stade (L4)

Elles ont les mêmes caractéristiques que les larves du troisième stade avec un anus terminal (Wouts, 1972).

3.1.6- Le mâle

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. 3).

3.1.7- La femelle

Elle est sédentaire (Wouts, 1972), globuleuse, sphérique ou citriforme d'environ 0,5 mm de diamètre (Shepherd et *al.*, 1972 ; William et Siddiqi, 1972 ; Wouts, 1985 ; Rivoal et *al.*, 1978 ; Mulvey et Golden, 1983). La femelle meurt après la fécondation et la ponte, puis 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. 3).

3.1.8- Le kyste

C'est le corps de la femelle adulte dont la cuticule subit un tannage quelques semaines après sa mort, puis durcit (Rivoal, 1973 ; De Guiran, 1983 et Nobbs, 1989). Le kyste est citriforme, de couleur brun foncé (Rivoal, 1973 ; Reddy, 1983 ; Rivoal et Sarr, 1983 ; Volvas, 1985 et Nobbs, 1989). Le kyste est constitué d'un cou et d'un cône vulvaire (Volvas, 1985). Sa taille est très variable (Anderson, 1968). La cuticule est rugueuse et se présente en zigzag (Williams et Siddiqi, 1972 et Volvas, 1985) (Fig. 4).

Son rôle est principalement protecteur (Shepherd et *al.*, 1972). Cependant, Williams et Seddiqi (1972) rapportent que le kyste contient en moyenne 200 à 250 œufs, mais les kystes les plus larges peuvent contenir plus de 600 œufs.

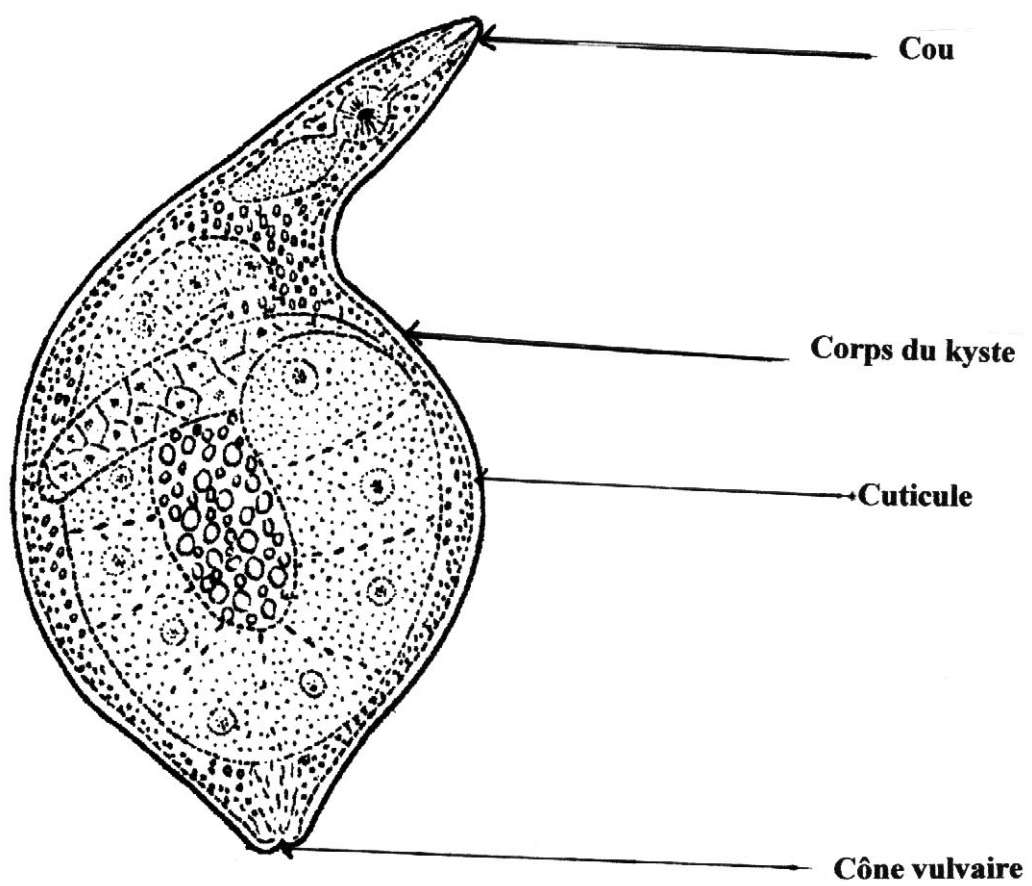


Fig. 4 : La forme du kyste du genre *Heterodera*

4- Critères de détermination des espèces d'*Heterodera*

Certaines caractéristiques des larves du second stade telles que la longueur du corps, le stylet et la forme de ses boutons basaux ainsi que la longueur de la queue sont prises en considération pour distinguer les espèces des *Heteroderidae* (Romero, 1982 ; Sturhan, 1982 ; Rivoal et Cook, 1993).

D'après Bekal (1997), le seul critère qui sépare *H. avenae* d'*H. mani* est la forme des boutons basaux du stylet qui sont ronds chez *H. avenae* et pointus (en forme de tulipe) chez *H. mani*. Mais dans le cas des cinq autres espèces (*H. avenae*, *H. latipons*, *H. mani*, *H. filipjevi* et *H. iri*), très peu de critères permettent de les identifier. A titre d'exemple, le sous-pont est absent chez *H. avenae* ou légèrement présent chez *H. mani* alors qu'il est commun dans le cas d'*H. latipons* et d'*H. filipjevi*.

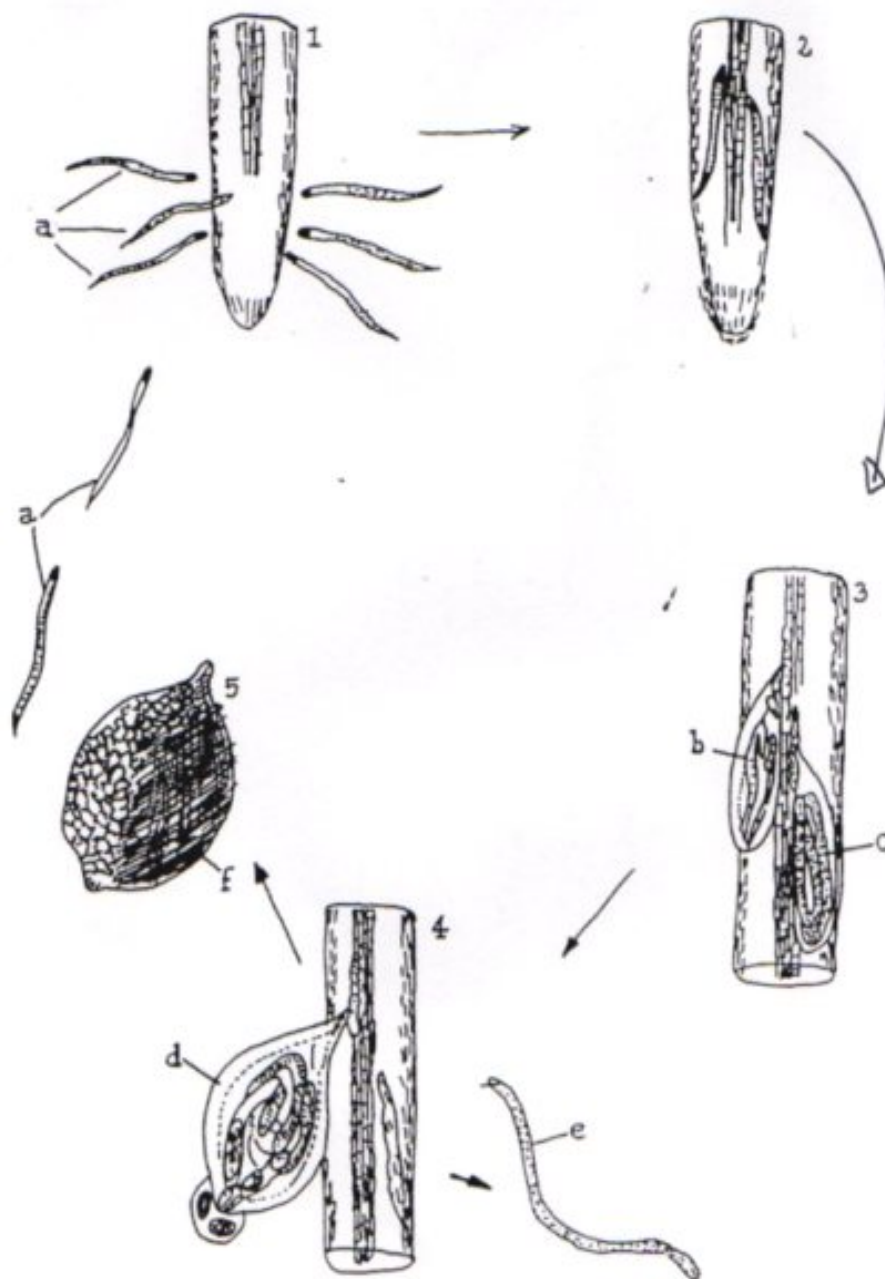
La morphométrie permet d'établir une identification préliminaire, Baldwin et Mundo-Ocampo (1991). Néanmoins, ce critère reste complémentaire, vu la taille des kystes d'*H. avenae* qui est très variable d'un pays à un autre, voire même au sein d'un même pays (Anderson, 1968).

Toutefois de nouvelles méthodes basées essentiellement sur des outils biochimiques viennent améliorer et compléter la taxonomie de nématodes. Parmi ces techniques, l'électrophorèse sur gel d'acétate de cellulose pour la révélation des enzymes donne des résultats satisfaisants (Mokabli et *al.*, 2001a ; Mokabli, 2002).

5- Le cycle biologique

Le cycle de développement d'*H. avenae* comporte cinq stades avec quatre mues larvaires. La première mue a lieu à l'intérieur de l'œuf (Sacristan et *al.*, 1983 ; Person-Dedryver, 1989), dont l'éclosion par la fente vulvaire du kyste donne directement une larve de deuxième stade lorsque les conditions d'humidité et de température sont favorables.

Ces larves de deuxième stade pénètrent dans les radicules des céréales, induisant la formation de cellules géantes et se fixent au voisinage du cylindre central. Elles commencent à s'alimenter et s'agrandir (De Guiran, 1983) (Fig. 5).



1. Attraction et pénétration dans la racine des larves de 2^e stade (a).
2. Larves ayant rejoint leur site définitif.
3. Transformation des larves en femelle (b) et en mâle (c).
4. Femelle adulte (d) faisant saillie hors de la racine et commençant à produire des oeufs, et mâle adulte (e) reprenant sa liberté.
5. Corps de la femelle morte transformé en kyste (f) contenant les oeufs et d'où s'échapperont les larves de 2^e stade (a).

Fig. 5 : Cycle biologique du nématode à kystes *Heterodera avenae*
(DE GUIRAN, 1983)

La majorité des L2 atteignent leur troisième stade au bout de 9 jours après pénétration dans les radicelles et leur quatrième stade au bout de 18 jours. Après cette étape, on aura l'état adulte. La femelle est souvent citriforme. Cette croissance fait éclater l'épiderme de la radicelle, le long de laquelle les nématodes sont visibles sous forme d'une multitude de points blancs qui brunissent. Leur corps se transforme en kyste de couleur brune à brun foncé. Soixante-dix-sept jours après pénétration des L2 dans les racines, ces kystes finissent par se détacher de la racine et tombent dans le sol jusqu'à la culture suivante, où ils persistent pendant plusieurs années. Le nématode est caractérisé par une seule génération par an (Meagher, 1970 ; Williams et Siddiqi, 1972 ; Caubel et *al.*, 1980 ; De Guiran, 1983 ; Reddy, 1983 ; Rivoal et Cook, 1993) (Fig. 5).

6- L'enkystement

Les espèces du genre *Heterodera* et *Globodera* sont caractérisées par leur potentiel à former des kystes, après la mort de la femelle adulte (Wouts, 1985 ; Sacristan et *al.*, 1983). La fonction ultime est la protection des œufs contenus à l'intérieur (Shepherd et *al.*, 1972 ; Meagher, 1982 ; Wouts, 1985), aussi longtemps que dureront les conditions défavorables au développement. Après la mort de la femelle, le tégument blanc change de couleur et prend une teinte d'un brun foncé, en durcissant progressivement (Sacristan et *al.*, 1983).

Du point de vue biochimique, l'enkystement est une oxydation des polyphénols de la cuticule de la femelle adulte, sous l'action d'une enzyme appelée polyphenoloxydase, (Ritter, 1965 a ; Ritter, 1971). Cette oxydation est nécessaire à la stabilisation du collagène souple durant la croissance de l'organisme afin qu'il puisse persister très longtemps dans le sol, (Shepherd et *al.*, 1972 ; Sacristan et *al.*, 1983 ; Wouts, 1985) en l'absence de la plante hôte. Cette longévité peut aller de 5 à 10 ans (Sacristan et *al.*, 1983). Cette durée peut atteindre plus de 20 ans (Rivoal, com.pers.).

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

7- Diapause

H. avenae se caractérise par une diapause des larves de deuxième stade contenues à l'intérieur du kyste dont le rôle serait principalement de synchroniser les sorties larvaires avec la période de culture de leurs hôtes (céréales), qui sont indispensables pour leur développement et de répartir les sorties larvaires en plusieurs cycles annuels successifs (Rivoal, 1993). Cette diapause permet, en outre, à l'espèce de garantir sa survie en plus de la protection assurée par le tégument du kyste.

Chez les populations d'*H. avenae* de type méditerranéen (Sud de l'Europe, Australie) (Rivoal, 1983 ; Banyer et Fischer, 1971), la diapause est levée par l'abaissement des températures et assure une activité essentiellement hivernale pour les populations concernées. Par exemple, dans le Sud de la France, elle a une durée de 4 mois.

8- Le polymorphisme

Le polymorphisme chez *H. avenae* se traduit par l'existence de deux écotypes et d'au moins 10 pathotypes (Rivoal, 1983).

8.1- L'écotype

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

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

8.1.1- L'écotype méridional

Il est caractérisé par une éclosion hivernale qui fait suite à une diapause estivo-automnale.

8.1.2- L'écotype septentrional

Il est caractérisé par une éclosion printanière qui se produit après l'inhibition de la diapause automno-hivernale.

Ces deux écotypes se différencient également par le nombre de cycles annuels d'éclosion et par le taux annuel de sorties larvaires, (Rivoal et *al.*, 1985 ; Zancada et Sanchez, 1989).

9- Le pathotype

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

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

Cook et Rivoal (1997) ont montré une extrême variabilité dans les relations génétiques entre les populations d'*H. avenae* et les hôtes potentiels cités précédemment.

Les groupes de pathotypes définis par le Test International (Andersen et Andersen, 1982), révisé par Rivoal et Cook (1993) et Ireholm et *al.*, (1997) figurent dans le tableau 5.

Tableau 5 : Groupes de pathotypes définis par le Test International (Andersen et Andersen, 1982), révisé par Rivoal et Cook (1993) et Ireholm et al. (1997)

Espèces	<i>Ha 1</i> Groupe							<i>Ha 2</i> Groupe <i>Ha 12</i>	<i>Ha 3</i> Groupe		
	<i>Ha11</i>	<i>Ha21</i>	<i>Ha 31</i>	<i>Ha 41</i>	<i>Ha 51</i>	<i>Ha 61</i>	<i>Ha 71</i>		<i>Ha 13</i>	<i>Ha 23</i>	<i>Ha 33</i>
Cultivars (R-gène)											
Orges											
1. Varde	+	+	..	+	+	+	+	+	+
2. Emir + EX Emir	+	+	..	+	..	-	+	+	+	+	+
3. Ortolan <i>Ha 1</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
4. Morocco <i>Ha3, +</i>	-	-	-	+	+	+	-	-	+	+	+
Siri <i>Ha2+ex Herta</i>	-	-	-	..	+	+	+	-
KVL 191 <i>Ha2,+</i>	-	-	..	-	-	-	+	+	+
Bajo Aragon	+	+	-	..	-	..	-	+	+	..	-
Herta ex Herta	-	-	..	-	-	-	-	+	+
Martin 403 2 dom	(-)	+	..	-	(+)	+	+	(-)	+
Dalmatische	+	(-)	..
La Estanzuela	-	-	-	..	-	+
Harlan 43											
Avoines											
1. Nidar	+	(+)	..	+	-	+	+	+	+
2. Sol II gènes mineurs	+	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+
3. Pusa Hybrid BSI 1 dom	-	-	..	-	-	-	-	-	+	-	+
4. A. Sterilis 1376 1à 3 dom	-	-	..	-	-	-	-	-	-	-	-
Silva > 1gène	(-)	-	..	(-)	-	(-)	(-)	(-)	+
IGV. H 72-646	-	-	..	-	-	-	+	+	+
Blé											
1. Capa	+	+	..	+	..	+	+	+	+	+	+
2. AUS 10894 <i>Ccn1 +</i>	-	-	..	-	+	-	(-)	+	+
3. Loros <i>Cen1 +</i>	-	-	..	-	..	(-)	-	-	(-)	+	+
4. Psathias	+	+	+	+	-
Iskamish K-2-light	+	-	..	(-)	..	+	+	+	+

1) gènes de résistance : dom, dominant ; +, gène additif.

2) Réactions des plantes : +, hôte ; -, résistance (< 5% de femelles sur témoins hôte) ; () intermédiaire ; .. pas d'observation

3) Cen 1 = Cre 1.

10- Conséquences de ce polymorphisme

Le polymorphisme d'*H. avenae* a pour conséquence de varier sa nuisibilité d'une céréale à une autre, voire d'un cultivar à un autre, (Rivoal et *al.*, 1985). Ainsi, les races méridionales s'avèrent plus nuisibles sur les céréales d'hiver, (Lacombe et Garcin, 1988; Rivoal et Cook, 1993), alors que les races septentrionales le sont sur céréales de printemps (Lacombe et Garcin, 1988).

11- Facteurs qui influencent le développement d'*H. avenae*

11.1- Facteurs climatiques

11.1.1- L'humidité

Pour se déplacer dans le sol, *H. avenae* a besoin d'un film d'eau, (Meagher, 1970; Caubel et *al.*, 1980). 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 ; Rivoal et Ireholm, 1990).

Lorsqu'il n'existe pas de film d'eau, les nématodes se déshydratent et meurent ou s'enkystent, par contre, l'excès 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).

11.1.2- La température

Elle a un rôle prédominant dans le développement d'*H. avenae*. Ce dernier a des exigences thermiques très variables, (Fushtey et Johnson, 1966 ; Banyer et Fisher, 1971 a ; Banyer et Fisher, 1971 b).

11.1.3- Les exsudats racinaires

Contrairement aux espèces de nématodes à kyste, *H. avenae* ne semble répondre d'aucune façon aux produits diffusés par les racines de céréales, (Schneider, 1965 ; Banyer et Fisher, 1971 a). Plus tard, Banyer et Fisher (1980) notent que les exsudats ont un effet positif sur l'éclosion des kystes, mais uniquement après un traitement à des températures basses.

11.2- Les facteurs édaphiques

11.2.1-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).

11.2.2- 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, (Rivoal et Rivière, 1989).

11.2.3- 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*.

11.2.4- Le pH

D'après Caubel et *al.*, (1980), un sol à pH neutre ou légèrement basique (7.8) est favorable au développement d'*H. avenae*.

11.3- Les facteurs biotiques

11.3.1- Les monocultures

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

11.3.2- La fertilisation

Toute fertilisation qui met la plante dans de bonnes conditions de développement favorise la multiplication du parasite, (Caubel et *al.*, 1980).

11.3.3- La matière organique

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

11.3.4- La plante hôte

Selon Caubel et *al.*(1980), dans une parcelle où les céréales à paille reviennent régulièrement, la pullulation des nématodes est favorisée.

11.3.5- Les pesticides

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).

12-Symptomatologie

Selon Esmenjaud et *al.*,1987, l'examen des racines coralliformes facilite le diagnostic d'une attaque par *H. avenae*.

12.1-Symptômes en plein champ

Une parcelle infestée par *H. avenae* présente des taches claires où poussent des plants chétifs et rabougris, (Williams et Siddiqi, 1972 ; Reddy, 1983 ; Person-Dedryver, 1989). Ces taches confèrent à la culture un aspect hétérogène et sont aussitôt envahies par les mauvaises herbes (De Guiran, 1983 ; Sacristan et *al.*, 1983).

12.2- Symptômes sur la plante

12.2.1- Symptômes sur la partie aérienne

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

a) Un rabougrissement

La céréale attaquée reste naine suite à un ralentissement de la croissance au niveau de la tige, (Reddy, 1983 ; Rivoal et *al.*, 1990).

b) Une décoloration du feuillage

Les feuilles des plants attaqués se décolorent puis prennent une couleur rougeâtre caractéristique (Williams et Siddiqi, 1972 ; Sacristan et *al.*, 1983 et Rivoal et Cook, 1993).

12.2.2- Symptômes sur la partie racinaire

C'est à ce niveau que le symptôme le plus typique est observé. La pénétration des larves infestantes du second stade (L2) se fait en arrière du point végétatif, (Williams et Siddiqi, 1972 ; Person et Doussinault, 1978 ; Sacristan et *al.*, 1983 et Mor et *al.*, 1992).

Le système racinaire de la plante ainsi attaqué est généralement peu profond et qualifié de coralliforme, à cause d'un nombre anormalement abondant de racelles, (Ritter, 1965 a ; Caubel et Rivoal, 1972 ; Esmenjaud et *al.*, 1987).

Un tel système racinaire est facilement arraché du sol, avec une quantité énorme de terre qui lui adhère (De Guiran, 1983 ; Mor et *al.*, 1992) et des kystes à la surface, (Choppin De Janvry, 1971).

Ces nématodes peuvent créer des portes d'entrée pour d'autres agents pathogènes, tel que le champignon *Rhizoctonia solani* (Meagher, 1974).

13- Méthodes de lutte

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

13.1- Mesures préventives

La lutte contre le nématode doit commencer avant son installation dans le champ, en maintenant les parcelles indemnes et propres, en prévenant la dissémination par les outils de travail et les eaux d'irrigation (Reddy, 1983 ; Baldwin et Mundo-Ocampo, 1991).

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

13.2- Mesures curatives

Ce sont essentiellement des méthodes culturales, chimiques et biologiques.

13.2.1- Méthodes culturales

a) Le désherbage

La destruction des mauvaises herbes et des résidus des cultures céréalières est indispensable (De Guiran, 1983). Une telle opération doit être soignée, puisqu'elle permet de supprimer les mauvaises herbes (Caubel et Rivoal, 1972 ; Rivoal et Simon, 1982).

b) Les labours

Les labours réalisés pendant la saison sèche (été) permettent la destruction des nématodes par leur exposition à la chaleur (Taylor, 1968).

c) La jachère

Cette opération consiste à priver le nématode de ses plantes hôtes (graminées) (Reddy, 1986). La jachère totale semble être un procédé très efficace, (Rivoal et Cook, 1993). Elle occasionne en une année une réduction de 50 p. cent dans certaines situations où le parasite présente une plus forte activité d'éclosion (Rivoal et *al.*, 1983).

d) Les semis

Les dates et les conditions de semis influencent le développement d'*H. avenae* (Ritter, 1965 b). Il est généralement admis que les céréales semées en automne tolèrent mieux les attaques d'*H. avenae* que celles de printemps (Caubel et *al.*, 1980 ; Brown, 1982 ; Meagher, 1982 et Sikora, 1987) parce que le système racinaire des premières est beaucoup plus développé au moment de la pénétration du parasite.

Il est cependant très difficile de fixer une date idéale de semis, car celle-ci est fonction des conditions climatiques (Choppin De Janvry, 1971). En effet, en France, Caubel et *al.*, (1980) et en Italie, Greco et Brandonisio (1987) notent qu'en Europe du Nord où l'éclosion est printanière, les céréales semées en automne tolèrent mieux les attaques d'*H. avenae* que celles semées au printemps parce que le système racinaire des premières est beaucoup plus

développé au moment de la pénétration du parasite ; par contre, en France méridionale, le maïs échappe aux attaques de ce nématode qui présente une éclosion hivernale (Rivoal, 1975 b).

e) La fertilisation et les amendements

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

De même, une fertilisation minérale est bénéfique au développement de la plante (Schneider, 1965). Un rapport de potasse inhibe l'éclosion larvaire du parasite (Caubel et *al.*, 1980).

f) La rotation culturale

La rotation culturale consiste à introduire la culture des plantes non hôtes appartenant à d'autres familles botaniques (autres que les graminées). Celle-ci réduit considérablement les populations annuelles d'*H. avenae* (Schneider, 1965 ; Williams et Siddiqi, 1972 ; Caubel et *al.*, 1980 ; Rivoal et Besse, 1982 ; Rivoal, 1986 b ; Rivoal, 1986 c ; Sanchez et Zancada, 1987 ; Rivoal, 1988). Toutefois, le taux de réduction varie considérablement selon le taux d'éclosion des larves à partir des kystes, qui diffère selon l'écotype (Caubel et *al.*, 1980 ; Rivoal et *al.*, 1985 ; Rivoal, 1986 a) et le pathotype (Zancada et Sanchez, 1989).

Les œufs des races septentrionales du parasite ont une plus forte propension à libérer leurs larves, jusqu'à 80 p. cent en une année, alors que celles du Sud de la France, le taux d'éclosion ne dépasse pas 40 p. cent pendant la même période (Rivoal et Person-Dedryver, 1982 ; Rivoal, 1986 a).

Certaines cultures protéagineuses, telles que le pois chiche (Reddy, 1983) et la féverole (Person-Dedryver, 1989) limitent largement la multiplication d'*H. avenae* et améliorent la teneur du sol en azote (Brown, 1982 b). Le maïs occasionne une réduction annuelle des effectifs d'environ 60 p. cent (Rivoal et *al.*, 1994) mais sa présence dans la rotation doit être protégée par des traitements nématicides localisés (Schneider, 1965 et Person-Dedryver, 1989). Rivoal et Besse (1982) rapportent que trois années consécutives de sorgho occasionnent une destruction quasi-totale des populations d'*H. avenae*.

Selon Smaha (2002), une rotation basée sur la culture de pois chiche après une céréale (blé tendre, Anza) a permis de diminuer les effectifs d'*H. avenae*. Cependant, l'application de la rotation reste difficile pour des raisons économiques évidentes (Williams et Siddiqi, 1972 ; Caubel et *al.*, 1980 ; Anderson, 1982 ; Doussinault et Person-Dedryver, 1988).

g) Les variétés résistantes

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

Les lignées les plus utilisées en sélection sont « Loros » et « Aus 10894 », mais leur résistance se révèle parfois inefficace contre certains pathotypes (Dosba et Rivoal, 1981 ; Rivoal et Person-Dedryver, 1984 ; Rivoal et *al.*, 1985 ; Rivoal et *al.*, 2001 ; Mokabli, 2002).

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 (Rivoal et *al.*, 1988). En France, des diminutions importantes de l'ordre de 60 à 80 p. cent sont obtenues après cultures de variétés résistantes d'orge et d'avoine (Caubel et *al.*, 1980).

La résistance d'une variété peut être contournée par la sélection des races agressives préexistantes ou obtenues à la suite d'une mutation (Dosba et Rivoal, 1981). Le blé « Loros » ne produit aucune femelle en France (Person-Dedryver et Doussinault, 1978), alors qu'en Australie, (O'Brien et *al.*, 1980 ; Doussinault et *al.*, 1986), cette résistance est contournée par un pathotype différent. Le contournement de la résistance de la variété d'avoine *Panema* par *H. avenae* dans la plaine d'Argentan a été obtenu dans le cas d'expérimentations de longue durée (18 années) après introduction de ce cultivar à 60% dans la rotation (Rivoal et *al.*, 1986 b).

L'utilisation des variétés résistantes représente un outil avantageux, car elle évite de perturber l'organisation technique et économique de la production. Leur utilisation doit se faire avec beaucoup de précautions, (Rivoal et *al.*, 1983).

13.2.2- Méthodes chimiques

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

Expérimentalement, *H. avenae* peut être contrôlé efficacement par des traitements à action de contact à base de fumigants (dichloropropane dichloropropène (DD), dibromide d'éthylène (EDB), Dazomet, (Williams et Siddiqi, 1972 ; 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). Cette méthode de lutte nécessite une connaissance parfaite des périodes d'émergence des juvéniles pour assurer la synchronisation de l'application des produits avec la présence des stades infectieux dans le sol et dans les plantes. Cette nécessité concerne plus particulièrement les produits carbamates dont la durée d'efficacité est relativement courte.

13.2.3- Méthodes biologiques

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

Parmi les champignons parasites d'œufs, le plus fréquent est *Verticillium chlamydosporum* qui semble avoir une large répartition géographique, (Cayrol et *al.*, 1982 ; Kerry, 1988). Le principal parasite des femelles est le *Nematophthora gynophila* qui agit en empêchant la formation des kystes et en diminuant la fécondité, ainsi que de la bactérie *Pasteuria penetrans* (Kerry et *al.*, 1980 ; Kerry et *al.*, 1982). Cette lutte n'est appliquée qu'à titre expérimental.

13.2.4- Importance de la télédétection

Les nématodes à kystes sont difficiles à détecter en raison de leur situation presque exclusivement endoracinaire (Rivoal et *al.*, 1980). Divers moyens d'investigation permettent de mieux estimer les dégâts. Actuellement, les techniques de télédétection sont de plus en plus appliquées dans le domaine phytosanitaire (Caubel et *al.*, 1978). Le recours à cette méthode est indispensable pour les larges emblavures, où l'échantillonnage s'avère trop hasardeux (Caubel et *al.*, 1978).

D'autre part, la détection par radiothermométrie est un moyen intéressant pour diagnostiquer la présence du nématode. Elle se base sur l'écart de température entre les surfaces des cultures infestées (où elle est élevée d'un degré) et celles des sites sains (Nicolas et *al.*, 1991). Cet écart fournit une image thermique aérienne montrant une concordance entre les différences de température du couvert végétal et les densités de populations résiduelles (Rivoal et *al.*, 1994). D'autres recherches dans la télédétection sont basées sur le principe de dysfonctionnement hydrique des tissus (Rivoal et *al.*, 1994).

Ces anomalies se manifestent notamment dans des longueurs d'ondes situées dans le proche infrarouge (Caubel et *al.*, 1978 et Rivoal et *al.*, 1994). Le développement et l'application de ces moyens d'investigation sont souhaitables, car une détection précoce du parasite offre de larges possibilités de lutte et de prévention dans les zones infestées (Lili et *al.*, 1991).

13.2.5- La lutte intégrée

Malgré la complexité des problèmes posés, la lutte intégrée peut être proposée contre *H. avenae*. Elle repose sur une rotation raisonnée d'espèces ou de variétés végétales plus ou moins favorables au développement du parasite, ce qui permet le maintien des populations en dessous des seuils dommageables (Lacombe et Richaud, 1993). En outre, des dispositions annexes, telles que la protection chimique ainsi que des modifications de conditions culturales assurent une protection efficace des plantes et rendent difficile l'installation de la relation parasitaire (Caubel et *al.*, 1980 ; Rivoal et *al.*, 1980 ; Rivoal et *al.*, 1983).

L'utilisation des variétés résistantes représente un outil avantageux, car elle évite de perturber l'organisation technique et économique de la production. Leur utilisation doit se faire avec beaucoup de précautions, (Rivoal *et al.*, 1983 ; Clamot, 1985 ; Saur *et al.*, 1986).

14- Importance de la résistance culturelle dans la lutte contre *H. avenae*

La lutte contre *H. avenae* ne peut actuellement s'envisager que par des procédés cultureux, car dans la pratique, en raison du coût généralement élevé des substances nématicides, les traitements sont rarement utilisables, (Schneider, 1965 ; Ritter, 1970 ; Rivoal, 1975 a ; Rivoal, 1975 b ; Rivoal *et al.*, 1978 , Rivoal *et al.*, 1986 b ; Rivoal, 1988 ; Lacombe *et* Richaud, 1993 ; Vacher, 1994).

L'établissement de successions de cultures qui réduisent la population de ce parasite en dessous de son niveau de nuisibilité est généralement proposé dans de nombreux travaux, (Schneider, 1965 ; Rivoal, 1973 ; Caubel *et al.*, 1980 ; Rivoal *et al.*, 1980 ; Rivoal *et* Besse, 1982 ; Rivoal *et* Person- Dedryver, 1982 ; Rivoal *et al.*, 1983 ; Rivoal, 1986 a ; Rivoal, 1986 b, Rivoal *et al.*, 1986 b ; Esmenjaud *et al.*, 1987).

Des sources de résistance connues chez l'avoine, l'orge et le blé, (Stone, 1977) ont permis l'obtention de nombreuses variétés résistantes, inscrites aux catalogues européen et australien, grâce aux efforts multiples consacrés à la sélection génétique.

14.1- Notion de résistance et de tolérance

14.1.1- Notion de résistance

La résistance des variétés de céréales n'empêche pas la pénétration du nématode dans les tissus de l'hôte, (Person *et* Doussinault, 1978 ; Caubel *et al.*, 1980 ; Clamot, 1985 ; Rivoal *et al.*, 1985), mais s'oppose au développement des femelles à l'intérieur des racines, (Person-Dedryver *et* Doussinault, 1978 ; Rivoal *et al.*, 1985 ; Person-Dedryver, 1988), sans pour autant s'opposer à celui des mâles, (Person-Dedryver *et* Doussinault, 1978).

Par contre, la sensibilité d'une variété de céréale va se traduire par la formation des femelles sur le système racinaire, (Person *et* Doussinault, 1978). De ce fait, les symptômes produits par les L2 d'*H. avenae* sur les variétés sensibles et les variétés résistantes sont identiques. La diminution du rendement qui en résulte est aussi prononcée chez les unes que chez les autres, (Clamot, 1985 ; Rivoal, 1988).

L'exemple a été démontré avec la variété *Panema*, pénalisée de 15 quintaux/ha du fait de son implantation en zones fortement infestées, (Rivoal, 1986 b). Quoi qu'il en soit, cette résistance demeure une caractéristique très recherchée chez les céréales, car son utilisation devrait se justifier, d'une part, parce qu'elle doit obligatoirement abaisser les populations du parasite et d'autre part, parce qu'elle permet, en zones infestées, des récoltes égales, sinon supérieures à celles des variétés hôtes du parasite couramment cultivées, (Rivoal, 1975 b ; Clamot, 1985 ; Doussinault et *al.*, 1986).

14.1.2- Notion de tolérance

La tolérance d'une variété traduit sa capacité à supporter le nématode, sans extérioriser de symptômes et sans perte de rendement, (Saur et *al.*, 1986 ; Rivoal, 1988 ; Doussinault et Person-Dedryver, 1988). Les termes résistance et sensibilité désignent la multiplication du nématode, alors que la tolérance et la non tolérance désignent les dommages causés à l'hôte, (Wilhelm et *al.*, 1985).

Dans le cas d'*H. avenae*, résistance et tolérance ne sont pas liées, puisqu'une variété résistante manifeste des pertes de rendement. Les recherches en France, (Doussinault et *al.*, 1986) et en Australie, (Stanton et Fisher, 1988) s'intéressent à la possibilité de cumuler la résistance et la tolérance.

En effet, deux lignées (R159 et R65) sélectionnées à partir du géniteur « Loros » ont ainsi révélé à la fois une bonne résistance au développement du parasite et une relative tolérance aux infestations. La tolérance de ces lignées s'est manifestée en particulier par l'augmentation du nombre total de grains et du nombre de grains par épi, (Rivoal, 1988).

14.2- Les sources de résistance.

De nombreuses sources de résistance ont été caractérisées chez le blé, l'orge et l'avoine.

a) Chez le blé

Pendant longtemps, la résistance vis-à-vis d'*H. avenae* était restreinte à l'orge et à l'avoine, jusqu'à l'identification de la résistance chez une variété de blé de printemps danois *Loros* par Nielsen en 1966, (O'Brein et *al.*, 1980). Sa résistance est intéressante car elle est portée par un seul gène dominant localisé sur le chromosome 2B, (Person-Dedryver et Doussinault, 1978 ; O'Brien et *al.*, 1980 ; Doussinault et *al.*, 1986 ; Delibes et *al.*, 1993).

D'autres géniteurs ont été décelés chez le blé australien, (Person-Dedryver et Doussinault, 1978 ; Dosba et Rivoal, 1981), les plus intéressants sont Aus 10894, Aus 90248 et Aus 11577.

Les lignées les plus utilisées en sélection sont Loros et Aus 10 894, (Dosba et Rivoal, 1981 ; Rivoal et Person-Dedryver, 1984 ; Rivoal et *al.*, 1985), mais leur résistance se révèle parfois inefficace contre certains pathotypes, (Dosba et Rivoal, 1981).

Toutefois, les sources de résistance chez le blé demeurent insuffisantes, c'est pourquoi les recherches en Australie, (Dosba et Rivoal, 1981 ; Dosba et Rivoal, 1982) et en France, (Dosba et Rivoal, 1981) se sont orientées vers la sélection de sources de résistance, chez d'autres espèces de graminées voisines du blé : les *triticinées*.

C'est ainsi qu'une résistance totale vis-à-vis des populations australiennes d'*H. avenae* a été mise en évidence chez *Aegilops variabilis* Eig. (Dosba et Rivoal, 1981 ; Dosba et Rivoal, 1982 ; Rivoal et *al.*, 1986 a) vis-à-vis des quatre pathotypes français et chez *Aegilops ventricosa* Tauch., (Dosba et Rivoal, 1981 ; Dosba et Rivoal, 1982 ; Rivoal et *al.*, 1985 ; Doussinault et *al.*, 1986 ; Rivoal et *al.*, 1986 a ; Doussinault et Person-Dedryver, 1988).

Les travaux de Rivoal et *al.*, (1986 a) ont confirmé la localisation des gènes de résistance dont l'efficacité est liée à un effet de dosage chromosomique. La résistance portée par le génome M implique vraisemblablement un système génétique différent de celui qui a été identifié chez *Triticum aestivum* cultivar *Loros* (situé sur le chromosome 2B), (Dosba et Rivoal, 1981 ; Rivoal et *al.*, 1986 b).

L'intérêt de cette résistance réside dans sa stabilité, (Dosba et Rivoal, 1981), ce qui diminue le risque de contournement de la résistance, (Rivoal et *al.*, 1986).

En Inde, les résultats obtenus par Singh et *al.*, (1991) ont montré que les génomes C et M sont d'excellentes sources de résistance vis-à-vis de la population d'*H. avenae*. Par ailleurs, Castelman et *al.*, (1986) ont suggéré le cultivar de triticales, Ningadhu, comme possibilité de croisement génétique, en combinant la résistance de celle-ci vis-à-vis d'*H. avenae* et une haute capacité de production.

b) Chez l'orge

La résistance des céréales au développement d'*H. avenae* a été réalisée pour la première fois chez l'orge, (Saur et Rivoal, 1979). D'après Rivoal et *al.*, (1985), plus de dix sources de résistance sont caractérisées chez l'orge.

Chez cette céréale, le gène Rha 1 a été trouvé dans de nombreuses variétés danoises et allemandes, en particulier les anciennes variétés Kenia et Maja. L'utilisation de ces variétés a vraisemblablement sélectionné des pathotypes d'*H. avenae* capables de contourner leur résistance (Cook et Evans, 1987). Le gène Rha 2 de l'orge LP 191 est efficace à l'encontre de nombreux pathotypes européens sauf Fr1 (Ha 41) identifiés chez plusieurs populations du Sud de la France (Rivoal, 1988).

En outre, la résistance de cette céréale à *H. avenae* dépend d'un ou de deux gènes dominants, selon le cultivar ou le pathotype considérés, (Rivoal et Person-Dedryver, 1984), (Tableau 6).

Tableau 6 : Hérité de la résistance de quatre variétés d'orge à l'encontre des pathotypes français d'*H. avenae*. (Rivoal et Person-Dedryver, 1984)

Variété	Fr1	Fr2	Fr3	Fr4
Siri (orge 191)	Pas de résistance	Gènes dominants complémentaires AB	1 gène dominant	1 gène dominant Ha 2
Ortolan	2 gènes dominants complémentaires EF	Pas de résistance	2 gènes dominants complémentaires KH	1 gène dominant Ha
P31-322-1	Pas de résistance	2 gènes dominants complémentaires IJ	2 gènes dominants complémentaires KL	1 gène dominant Ha 2
Vogue	2 gènes dominants complémentaires EF	Pas de résistance	1 gène dominant P	Pas de résistance

Par ailleurs, la résistance de l'orge est intéressante car elle est stable (Person-Dedryver, 1984).

c) Chez l'avoine

La plupart des sources de résistance chez l'avoine ont été mises en évidence par Andersen en 1961. L'avoine manifeste des niveaux de résistance variés et un nombre de génotypes résistants a été obtenu à partir d'*Avena strigosa* L. (Saur et Rivoal, 1979), et d'*Avena sterilis* L. (Saur et Rivoal, 1979, Saur et al., 1986).

Les programmes de sélection ont conduit à l'obtention de la variété suédoise *Nelson* (C.I. 3444) à partir du géniteur *Avena sativa* L. Il a été démontré que le comportement de *Nelson* vis-à-vis du parasite est régi par deux gènes dominants dont l'un aurait un effet majeur sur l'expression de la résistance (Saur et Rivoal, 1979).

Par ailleurs, trois gènes dominants sont impliqués dans la résistance de la lignée *I 376* obtenue à partir du géniteur résistant *Avena sterilis* L., (Clamot et Rivoal, 1984). Deux d'entre eux sont responsables du haut degré de résistance de cette lignée. En leur absence, le troisième gène induit une résistance de type intermédiaire, caractérisée par le développement sur les racines d'un nombre plus ou moins élevé de kystes, (Clamot et Rivoal, 1988).

La variété *Rouge d'Algérie* (Rivoal et al., 1985 ; Saur et al., 1986), la variété britannique *Panema* (Rivoal et Dedryver, 1984 ; Saur et al., 1986 ; Rivoal et al., 1990) et la variété *Landhafer* présentent un niveau de résistance intéressant.

14.3- Limites d'emploi des variétés résistantes

Les données concernant la résistance des variétés d'un pays ne sont pas transposables à un autre pays, ni à une autre région d'un même pays. En Suède, Andersson (1987) avait enregistré des dommages sévères sur des cultivars d'orge considérés jusqu'alors comme résistants. De même, les températures élevées peuvent empêcher l'expression de la résistance, (Person et Doussinault, 1978).

De plus, la résistance d'une variété peut être contournée par la sélection de races agressives préexistantes ou obtenues à la suite de mutation, (Dosba et Rivoal, 1981). Ainsi, la réaction du blé *Loros* a suscité beaucoup de questions, puisqu'en France, (Person et Doussinault, 1978), ce cultivar ne produit aucune femelle, alors qu'en Australie, (O'Brien et al., 1980 ; Doussinault et al., 1986), cette résistance semble être contournée par une nouvelle race. En Algérie, la population de Tiaret se développe bien sur ce cultivar (Mokabli, 2002).

Expérimentations effectuées

Chapitre I

**I.1- Etat d'infestation et distribution des nématodes à kystes
(*Heterodera*) des céréales dans quelques régions d'Algérie.**

**II.2- Etude morphobiométrique de cinq populations
de nématodes à kystes du genre *Heterodera*.**

PREMIER CHAPITRE

I-1 Etat d'infestation et distribution des nématodes à kystes (*Heterodera*) des céréales dans quelques régions d'Algérie.

Introduction

Les dégâts dus aux nématodes à kyste (*Heterodera*) des céréales passent souvent inaperçus et les symptômes qu'ils occasionnent sont peu spécifiques. C'est pourquoi l'analyse nématologique constitue un diagnostic fiable car elle permet une estimation quantitative des populations de nématodes présents dans le sol ainsi que leur identification.

La technique d'investigation de ce nématode est basée sur un échantillonnage du sol pour rechercher ce nématode à l'état de kyste, extrait à l'aide de l'appareil de Fenwick en absence de l'appareil de Kort.

1- Analyse nématologique

1.1- Echantillonnage de sol

Il consiste à prélever des quantités de sol 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, à raison de 40 prises (échantillons élémentaires) de 40 grammes environ chacune (Mugniery et Zaouchi, 1976). Ils sont réalisés suivant les deux diagonales de chaque parcelle prospectée. L'échantillonnage est effectué sur des surfaces de 12 m² environ, soit (2,40 x 5m) (Rivoal, 1986 b).

Le sol ainsi récolté est mis dans des sacs en plastique. Chaque échantillon est muni d'une étiquette indiquant la date de prélèvement, le lieu, la profondeur d'échantillonnage, le précédent cultural, l'état et le numéro de la parcelle (Fig. 6) (annexe, 1). Au laboratoire, les échantillons de sol sont desséchés puis pesés afin de procéder à leur analyse.

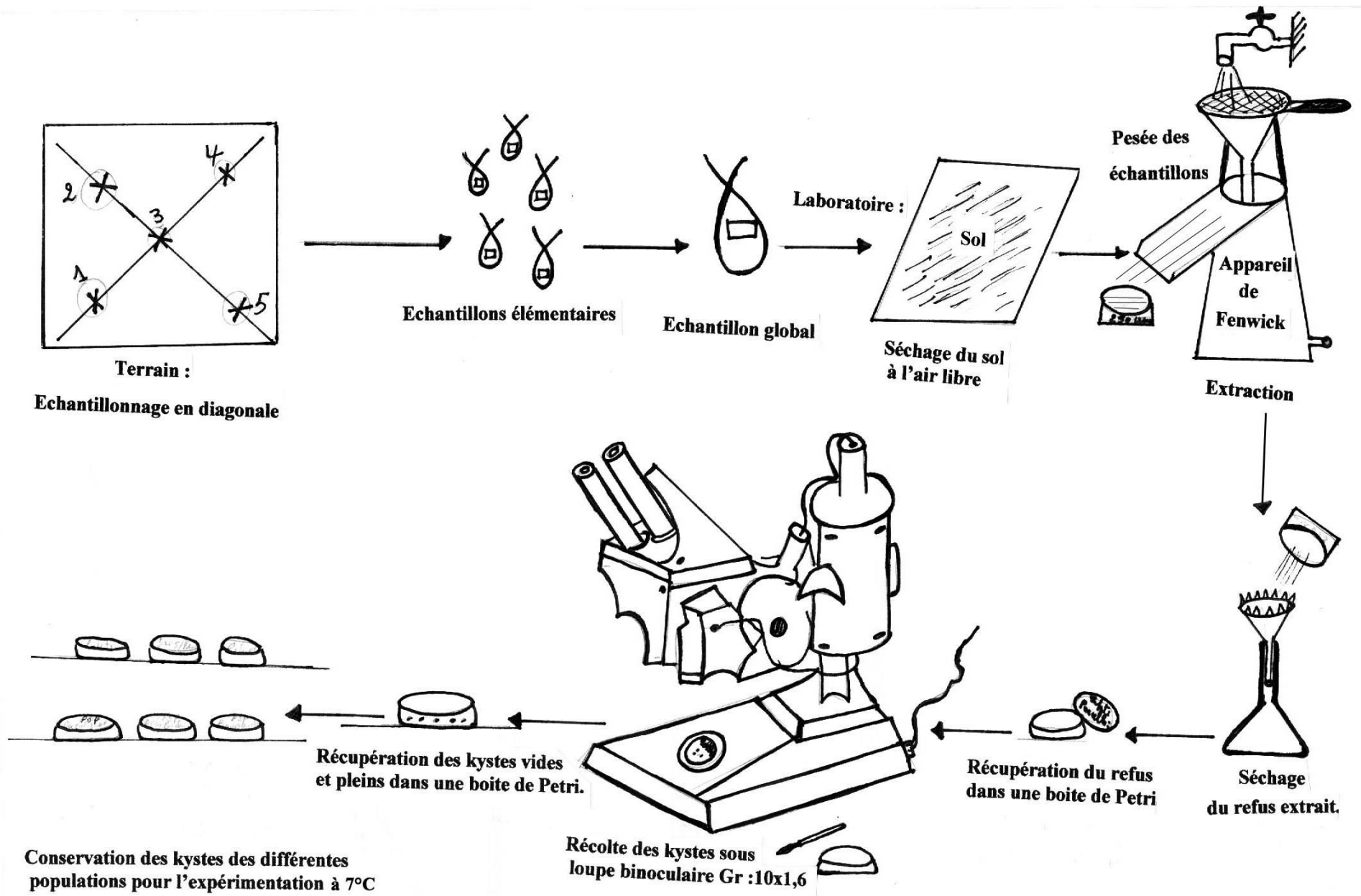


Fig. 6 : Echantillonnage du sol et récolte des kystes (Original)

Des prospections ont été effectuées entre 1999 et 2001 du mois de Septembre au mois de Février dans les régions d'Oued Smar, Dély Ibrahim, Dar El Beïda (Alger), Birtouta (Blida), Boumerdès, Sidi Rached et Aïn Tagouraït (Tipaza). Un total de 180 échantillons de sol a été réalisé.

Pour évaluer le degré d'infestation des différentes parcelles par ces parasites, l'extraction des kystes est indispensable.

1.2- Extraction des kystes

Pour séparer les kystes d'*Heterodera* des autres matériaux du sol, nous avons utilisé la méthode décrite par Fenwick (1940) sur l'appareil modifié par Oostenbrink (1960) (Nakachian et Jacquemont, 1971).

Le principe du fonctionnement de l'appareil de Fenwick est basé sur la densité des kystes par rapport à celle de l'eau. Les kystes pleins et humides d'*Heterodera* 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 Jacquemont, 1971).

L'extraction des kystes décrite par ces deux auteurs 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 (Photo. 1). Les particules fines passent 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. Les observations et la récupération des kystes se font à l'aide d'une loupe binoculaire.

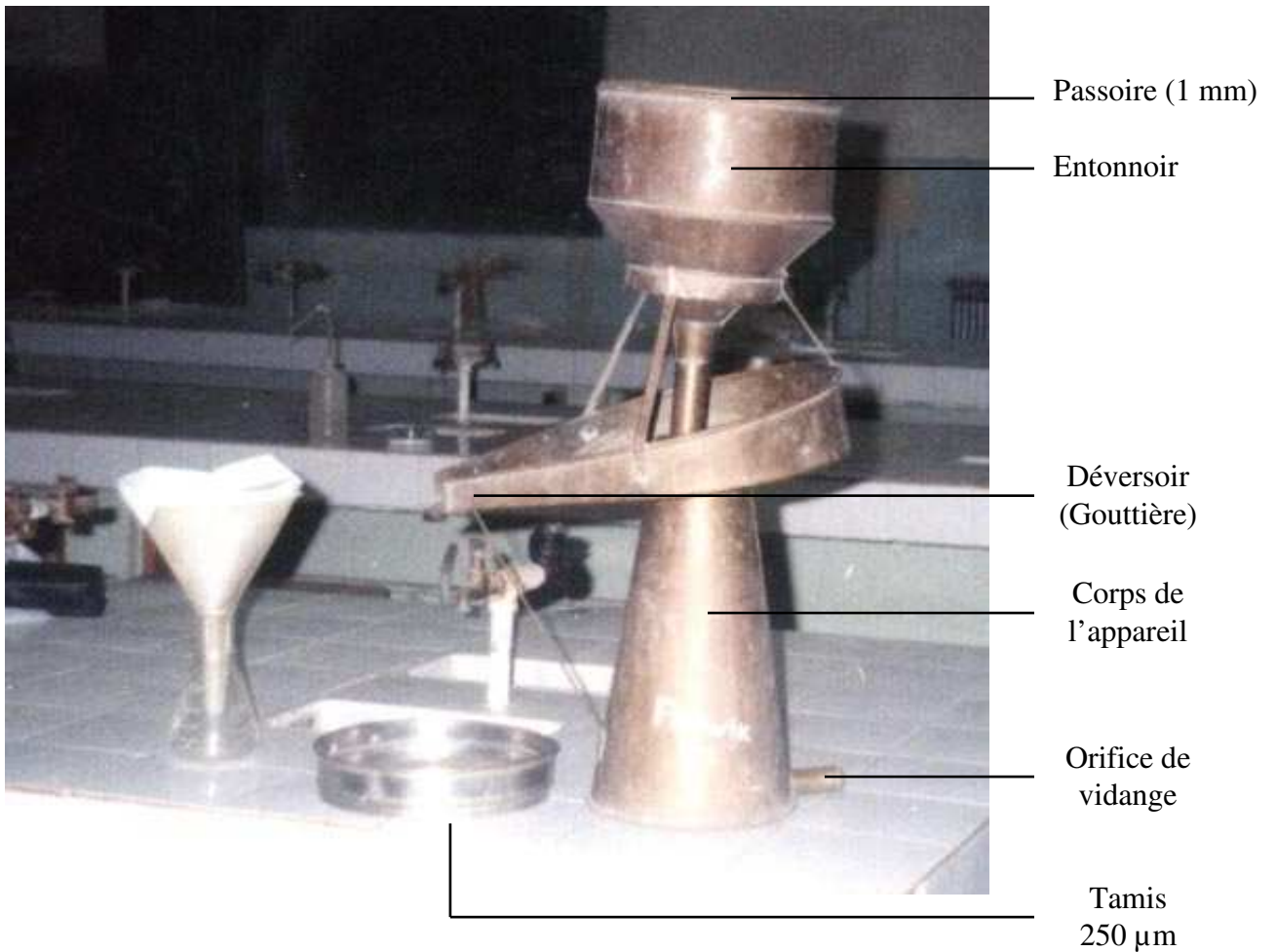


Photo 1 : Appareil de Fenwick et technique d'extraction des kystes (Original)

1.3- Récupération et comptage des kystes

Les kystes en mélange avec la matière organique sont isolés à l'aide d'une épingle et récoltés par un pinceau très fin imbibé d'eau sous une loupe binoculaire (Gr : 10 x 1,6).

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 Petri.

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 340 L2 (Mokabli, com. pers.)

2- Résultats

2.1- Etat d'infestation des parcelles par le nématodes à kystes des céréales genre *Heterodera* dans différentes régions en Algérie.

Nous avons effectué une étude prospective dans quelques zones céréalières afin de déceler ces nématodes et d'estimer le degré d'infestation dans chaque région.

2.2- Importance des densités de nématodes dans le sol dans les communes prospectées.

a)- Commune d'Oued Smar : Station expérimentale de l'I.T.G.C.

Les résultats de chaque site de prélèvement effectué dans quatre parcelles de la station expérimentale de l'I.T.G.C d'Oued Smar sont donnés dans le tableau 7. L'analyse des différents échantillons de sol a montré que ce parasite est présent au niveau de toutes les parcelles prospectées.

Deux parcelles P2 et P11 révèlent respectivement une faible infestation (3,67 L2/g de sol et 0,12 L2/g de sol). Par contre, les parcelles P45 et P1 présentent une forte infestation qui est de 10,75 et 10,35 L2/g de sol avec une dominance de kystes vides. Etant donné que la P1 et la P45 sont infestées par le nématode à kyste *H. avenae*, nous les avons choisies pour multiplier les prélèvements de sol afin d'extraire un nombre suffisant de kystes qui vont servir à l'étude du comportement variétal.

A cet effet, quatre vingt échantillons ont été donc prélevés sur les parcelles P1 et P45 de la station expérimentale de l'I.T.G.C d'Oued Smar.

Tableau 7 : Résultats des prélèvements des échantillons de sol de l'I.T.G.C d'Oued Smar

Parcelle	Date de prélèvement	Précédent cultural	Texture du sol	Degré d'infestation (L2/g de sol)
P 45	4/09/99	blé dur <i>Vitron</i>	argilo-limoneuse	10,75
P 1	29/9/99	blé dur <i>Vitron</i>	argilo-limoneuse	10,35
P 2	2/10/99	Essai de 4 précédents culturaux (Fève, Fèverole, Bersim et Pois chiche)	argilo-limoneuse	3,67
P 11	18/10/99	Fève+fèverole	argilo-limoneuse	0,12

b)- Commune de Dély Ibrahim (Wilaya d'Alger)

Dans cette commune, nous avons prélevé une quantité de sol à partir de deux parcelles céréalières appartenant à un privé, d'un total de 10 échantillons (soit 5 échantillons/parcelle).

L'analyse nématologique du sol montre la présence de ce nématode avec un degré d'infestation variable d'une parcelle à une autre. Il se situe au dessous de 10 L2/g de sol. Les parcelles étaient emblavées en avoine qui, selon Choppin De Janvry (1971), constitue l'hôte le plus sensible. Cependant, ce niveau d'infestation pourrait s'expliquer par la nature argileuse du sol qui limite le développement des nématodes à kyste du genre *Heterodera*.

Tableau 8 : Résultats des prélèvements des échantillons de sol de l'I.T.G.C de Dély Ibrahim

Parcelle	Date de prélèvement	Précédent cultural	Texture du sol	Degré d'infestation (L2/g)
P 1	31/01/00	avoine	argileux	5,78
P 2	31/01/00	avoine	argileux	6,30

c- Commune de Birtouta (Wilaya de Blida)

Dix échantillons du sol d'un poids total de 10 kg, appartenant à deux parcelles prospectées dans une EAC située au nord de la commune de Birtouta, ont été prélevés. Les résultats de l'analyse nématologique révèlent une forte présence d'*H. avenae* dans la totalité des échantillons analysés. *H. avenae* a été déjà signalé dans cette commune par Lamberti (1975), Azizi (1993) et Mokabli (2002). Le degré d'infestation de ces parcelles est élevé et varie entre 10,4 à 12,24 L2/g de sol respectivement pour P1 et P2.

Tableau 9 : Résultats des prélèvements des échantillons de sol de la commune de Birtouta

Parcelle	Date de prélèvement	Précédent cultural	Texture du sol	Degré d'infestation (L2/g de sol)
P 1 EAC 12	16/06/2000	blé	limono-argileuse	10,4
P 2 EAC 16	16/06/2000	blé	limono-argileuse	12,24

d- Communes de Boumerdès (Wilaya de Boumerdès)

Dix échantillons de sol d'un poids total de 10 kg sont prélevés à partir de 2 parcelles de céréales. L'analyse de ces derniers montre la présence du nématode à kyste dans ces parcelles. Le degré moyen d'infestation est de 8,8 L2/g de sol et de 6,35 pour les deux parcelles. Il est inférieur au seuil de nuisibilité.

Tableau 10 : Résultats des prélèvements des échantillons de sol de la commune de Boumerdès

Parcelle	Date de prélèvements	Précédent cultural	Degré d'infestation (L2/g de sol)
P 1 (Boumerdès)	11/11/2001	blé tendre HD 1220	8,8
P 2 (Boumerdès)	11/11/2001	blé dur Vitron	6,35

e- Communes d'Aïn Tagourait et de Sidi Rached (Wilaya de Tipaza)

L'absence totale de ce parasite ne pourrait s'expliquer que par le fait que ces sols étaient inexploités pendant plusieurs années. Ils viennent d'être emblavés durant ces dernières années suite à une mise en valeur. Il est recommandé de les maintenir indemnes. C'est pourquoi des mesures préventives s'imposent afin de préserver cet état, tout en évitant la dissémination du parasite à partir des autres parcelles par les outils de travail du sol ou par les eaux d'irrigation.

Tableau 11 : Résultats des prélèvements des échantillons de sol des communes d'Aïn Tagourait et de Sidi Rached

Parcelle	Date de prélèvement	Précédent cultural	Texture du sol	Degré d'infestation (L2/g de sol)
P 1 (Aïn Tagourait)	29/02/2001	blé/culture maraîchère	sableux	0
P 2 (Sidi Rached)	29/02/2001	Blé/blé	sableux	0

f- Commune de Dar El Beïda (Wilaya d'Alger)

Deux parcelles ont fait l'objet d'une prospection. L'analyse des 10 échantillons de sol révèle la présence d'*H. latipons*.

Tableau 12 : Résultats des prélèvements des échantillons de sol de la commune de Dar El Beïda

Parcelle	Date de prélèvement	Précédent cultural	Texture du sol	Degré d'infestation L2/g de sol
P 1 Haouch Khechba	15/05/2000	blé	Argileux-limoneux	6,29
P 2 Haouch Khechba	15/05/2000	blé	Argileux-limoneux	11,26

3. Discussion

Le faible degré d'infestation enregistré dans les deux parcelles de la station expérimentale de l'I.T.G.C d'Oued Smar P11= 0,12 L2/g de sol et P2= 3,67 L2/g de sol pourrait s'expliquer par le système de rotation pratiqué dans ces parcelles ainsi que par l'effet des précédents culturels représentés par les légumineuses telles que le pois chiche et la fève/féverole qui ne sont pas des plantes hôtes pour ces parasites.

Pour les parcelles P45 et P1, les densités élevées de 10,3 L2/g de sol et 10,75 sont dues à la fréquence des cultures céréalières, pratique imposée par les essais de comportement variétal de ces dernières vis-à-vis des maladies cryptogamiques et des mauvaises herbes, en vue de leur utilisation dans notre pays. L'ensemble de ces observations confirme ce qui a été rapporté par Sikora (1987), Caubel et Person-Dedryver (1984), quant à l'effet des rotations sur l'équilibre des populations d'*H. avenae*.

En ce qui concerne la faible densité enregistrée dans les parcelles de la région de Dély Ibrahim, elle pourrait être liée à la nature du sol qui est plus ou moins argileuse et défavorise le développement de ce nématode (Ritter, 1982).

En revanche, les faibles densités de kystes obtenues dans les parcelles seraient dues à la part importante qu'occupent les cultures maraîchères, notamment la pomme de terre, dans les successions culturales.

A titre exemple, la parcelle de Dély Ibrahim était destinée en l'an 2000 à la culture de pomme de terre. Une telle rotation est possible grâce aux possibilités d'irrigation existantes.

A Birtouta, le degré d'infestation moyen enregistré 10,4 L2/g de sol et 12,24 L2/g de sol peut être lié à la monoculture appliquée chaque année (blé/ blé). Ces échantillons s'avèrent fortement infestés.

La gravité de l'infestation est variable d'une parcelle à une autre au sein de la même commune avec un degré d'infestation dépassant les 10 L2/g de sol quelle que soit la parcelle. Ce niveau d'infestation préconisé par Rivoal et *al.*, 1980 comme étant le seuil de nuisibilité est largement dépassé (> 10 L2/g de sol).

Cet état d'infestation pourrait s'expliquer par la pratique de la monoculture (céréale), ainsi que par la nature du sol (limono-argileuse) qui, selon Williams et Siddiqi (1972), favorisent la pullulation de ce parasite.

A Boumerdès, le nématode à kyste est présent dans les deux parcelles avec un degré d'infestation allant de 6,35 L2/g de sol à 8,8 L2/g de sol à cause de la pratique des céréales sur céréales.

A Tipaza, nous avons enregistré une absence totale des kystes dans les parcelles prospectées au niveau des communes d'Aïn Tagourait et de Sidi Rached. L'absence totale de ce parasite serait probablement liée à la nature du sol qui défavorise la survie des nématodes (Ritter, 1982).

Il serait intéressant de maintenir ces parcelles saines en appliquant les mesures préventives nécessaires.

A Dar El Beïda, nous avons décelé la présence du genre *Heterodera* dans les deux parcelles prospectées. La deuxième parcelle présente un degré d'infestation plus important que la première. Les degrés d'infestation sont respectivement de 6,29 L2/g de sol et 13,26 L2/g de sol.

La forte densité enregistrée dans la deuxième parcelle s'explique par la rotation basée essentiellement sur céréale.

4. Classement des zones céréalières prospectées en fonction du degré d'infestation

La gravité de l'infestation étudiée dans les parcelles céréalières prospectées s'avère très variable Figure 7 et tableau 13. 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 13 : Classement des zones céréalières prospectées en fonction du degré d'infestation

Régions	Degré d'infestation moyen (L2/g de sol)	Classement	Degré d'infestation selon Rivoal et <i>al.</i> , (1980)
Aïn Tagouraït et Sidi Rached (Tipaza)	0	Indemne	
Birtouta (Blida)	11,32	Moyennement	> 10 L2/g de sol
Dar El Beïda (Alger)	8,77	Faiblement	< 10 L2/g de sol
Boumerdès	7,57	Faiblement	< 10 L2/g de sol
O. Smar (Alger)	6,22	Faiblement	< 10 L2/g de sol
Dely Ibrahim (Alger)	6,04	Faiblement	< 10 L2/g de sol

■ L2/g de sol

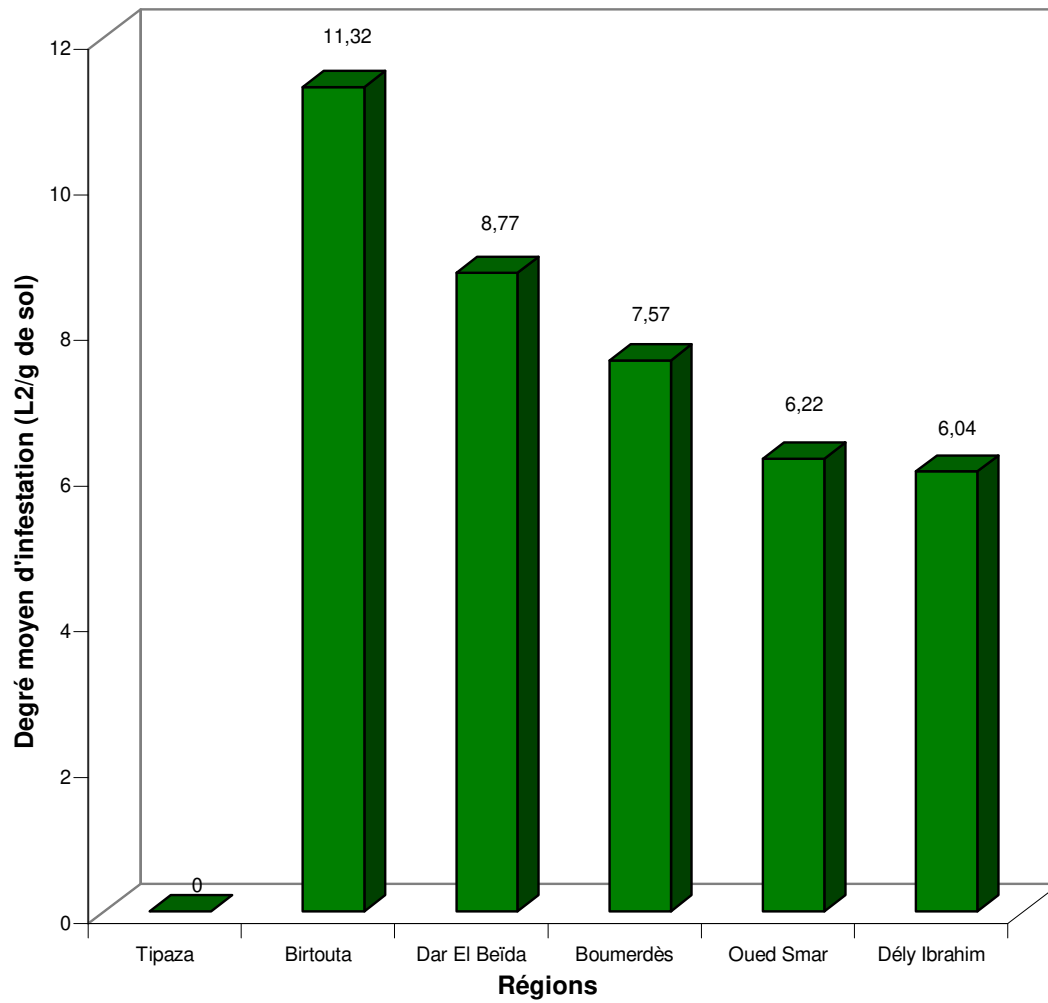


Fig. 7 : Estimation des degrés d'infestation moyen des parcelles par les nématodes à kystes des céréales en fonction des régions

I-2 Etude morphobiométrique de cinq populations de nématodes à kystes (*Heterodera*).

1- Etude biométrique

Les populations étudiées proviennent des parcelles d'Oued Smar, Dély Ibrahim, Dar El Beïda (Alger), Birtouta (Blida) et de Boumerdès.

1.1- Mensurations des kystes

Selon Baldwin et Nundo-Ocampo (1990), l'étude biométrique des kystes de chaque région revêt un grand intérêt puisqu'elle contribue à l'identification préliminaire de l'espèce.

1.1.1-Technique de mensurations

Elle a pour but la mise en évidence des différences biométriques entre les différentes populations. Les kystes sont nettoyés puis mis dans une goutte d'eau sur une lame et mesurés à l'aide d'un micromètre sous un microscope optique (Gr : 25 x 12,5 x 9). Les critères mesurés sont la longueur et la largeur du corps (Photo. 2). Les mensurations ont été réalisées sur 100 kystes répartis en 5 séries à raison de 20 kystes par population.

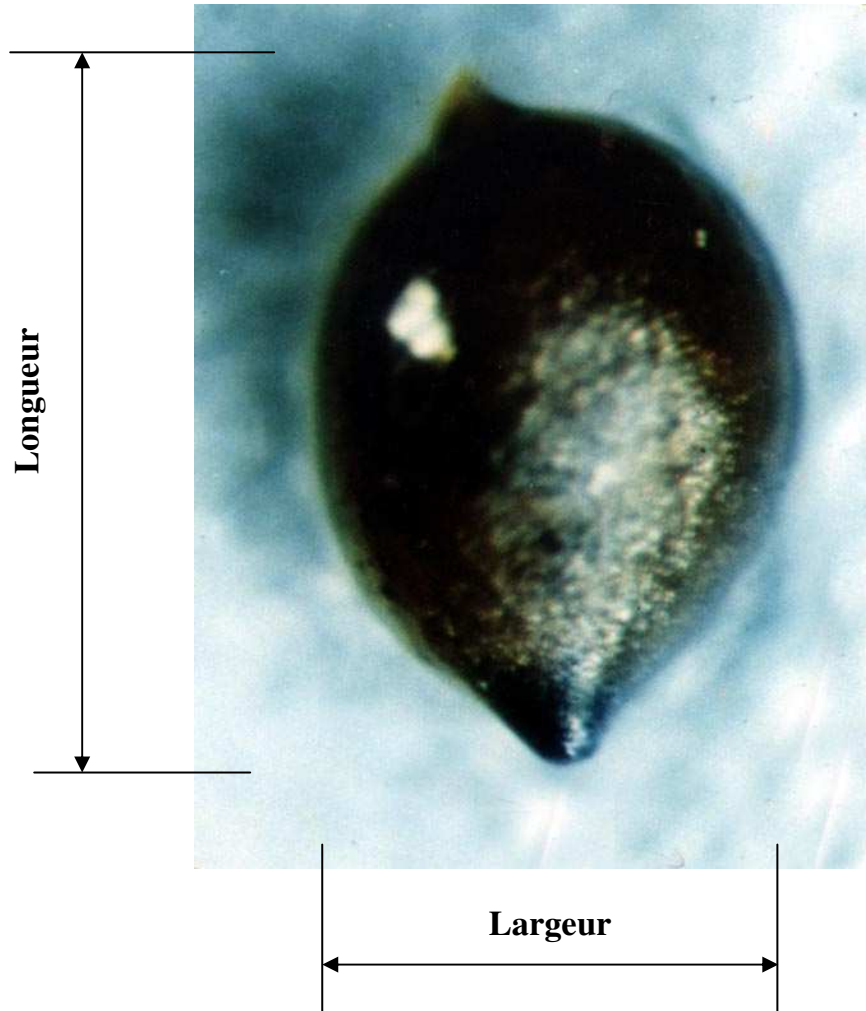
2- Etude de la morphologie du cône vulvaire

La taxonomie des nématodes à kystes est essentiellement basée sur les caractéristiques morphologiques du kyste, en associant les caractères externes (forme, couleur et dimensions) et l'observation très fine de la région périnéale (Ritter, 1971).

Les observations de la région périnéale se rapportent au cône vulvaire et les structures qui sont susceptibles de le constituer tels que la présence ou l'absence des bullae, du pont, du sous pont, la forme des fenestreae et la longueur de la fente vulvaire (Fig. 8).








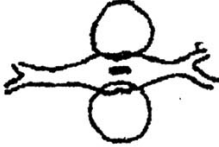

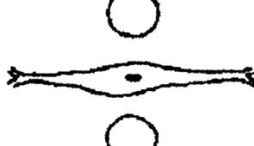

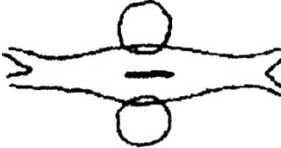
2.1- Le cône vulvaire

Selon Reddy (1983), c'est une élévation conspieuse de la partie postérieure de kystes d'*Heterodera* (Fig. 9).



**Photo 2 : Mensuration du kyste du genre *Heterodera*
(Original)**

**LES ESPECES
d'*Heterodera***

	deuxième stade larvaire	La forme du cône vulvaire. Fenestrae. L'ouverture vulvaire et le sous-pont.	<u>BULLAE</u>
<i>bifenestra</i>			Absent
<i>avenae</i>			Dense Massif grand cône
<i>mani</i>			Dense massif grand cône.
<i>pathotype 3</i>			Moins dense et plus petit que chez <i>avenae</i> au niveau et au dessous du sous-pont.
<i>latipons</i>			Absent ou rare petit au niveau du sous-pont
<i>hordecalis</i>			Absent ou occasionnel petit au niveau du sous-pont.

[10 μm

[10 μm

Fig. n° 9 : Principales caractéristiques de la morphologie du cône vulvaire et de la forme des noeuds du stylet des larves du deuxième stade utilisées pour différencier des nématodes à kystes des graminées (COOK, 1982)

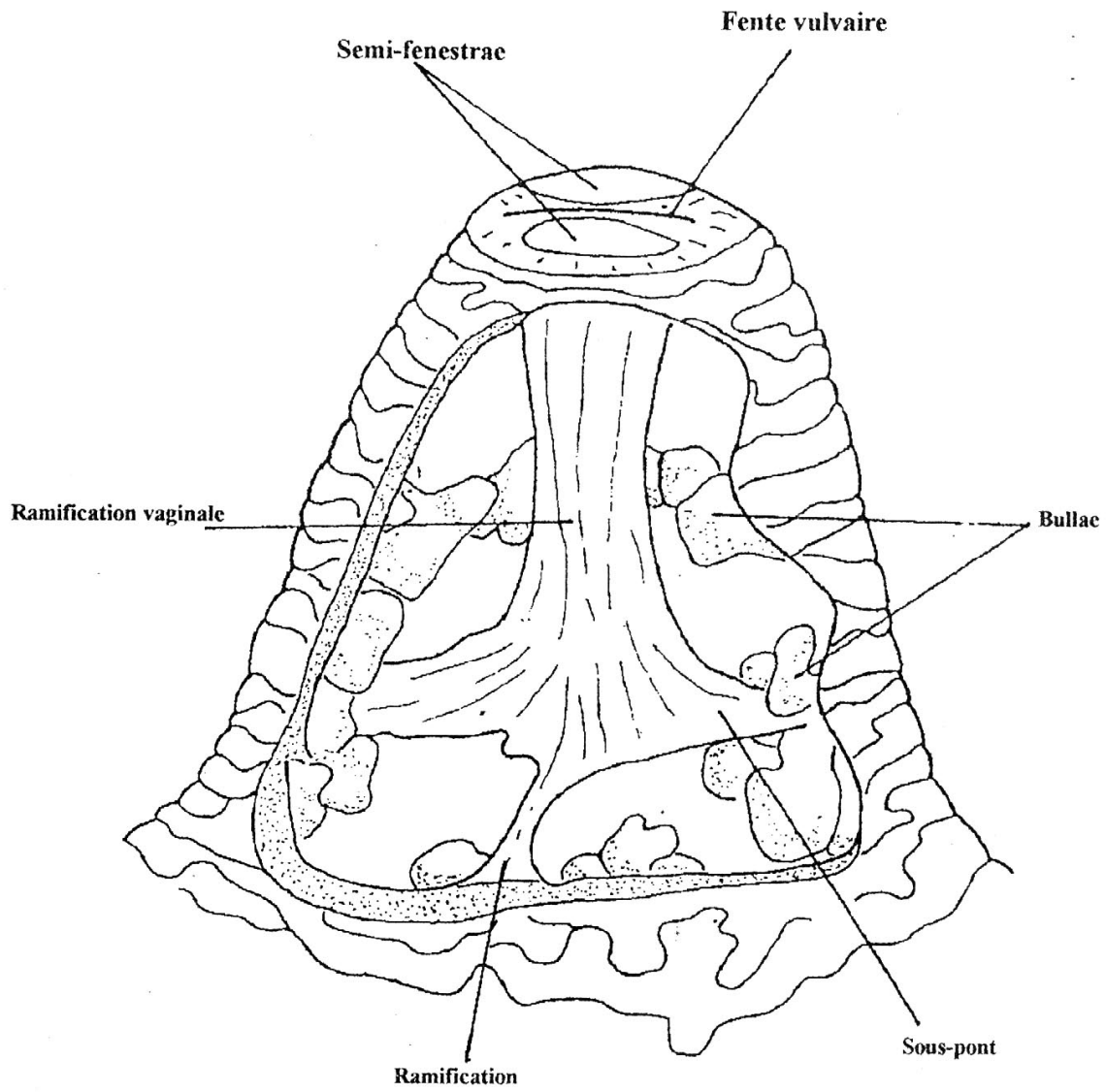


Fig. 9 : Diagramme d'un cône vulvaire.
(NOBBS, 1989)

2.2- La vulve

C'est le gonopore femelle, c'est-à-dire l'ouverture externe de l'appareil reproducteur femelle (Reddy, 1983).

2.3- Les fenestrae

Les fenestrae 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.

2.4- Le pont vulvaire

Il est décrit par Reddy (1983) comme étant une connection près des fenestrae d'un cône vulvaire.

2.5- Les bullae

Les bullae sont des structures dentées localisées à l'intérieur du cône vulvaire près du sous-pont ou des fenestrae (Fig. 9).

3. Matériels et méthode

3.1- Matériels

- Verres de montre,
- Pinceau,
- Lames et lamelles,
- Eau oxygénée,
- Alcool dilué,
- Essence de girofle,
- Liquide de Faure,
- Vernis à ongle,
- Microscope optique à chambre claire,
- Loupe binoculaire à chambre claire.

3.2-Méthode

Notre travail s'est basé sur la technique décrite par (Anonyme, 1970). Nous nettoyons le kyste dans un verre de montre par de l'eau oxygénée et puis par de l'alcool dilué à l'aide d'un pinceau.

Les différents critères mesurés du kyste sous loupe binoculaire à chambre claire sont la longueur et la largeur du kyste. Après avoir mesuré le kyste, nous le découpons soigneusement en deux à l'aide d'un bistouri. Il est rincé à l'eau et débarrassé des œufs qu'il contient. La coupe est mise par la suite dans de l'eau oxygénée puis dans de l'alcool pour le nettoyer. Le cône bien découpé est monté entre lame et lamelle dans une goutte de liquide de Faure (Fig. 10).

3.3- 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*.

3.4- 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 :

- 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.

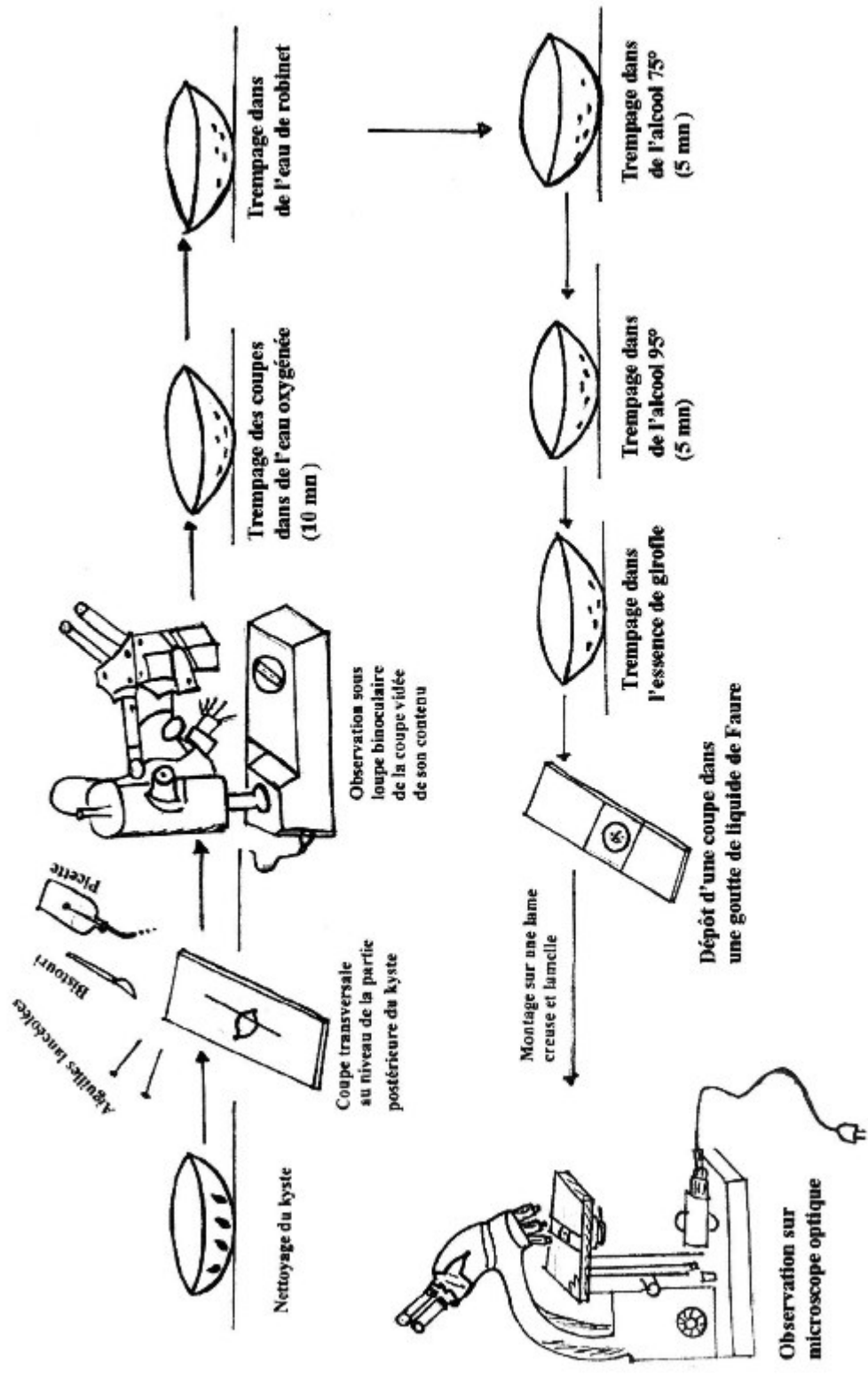


Fig. 11 : Les étapes de réalisation des coupes au niveau du cône vulvaire du kyste (Original)

- Résultats

4.1- Résultats des caractères morphologiques des kystes des différentes populations

a)- La forme générale du kyste

Il existe des kystes de forme très variable au sein d'une même population, allant du citriforme à globuleux, légèrement arrondi et cylindrique ainsi que la forme allongée.

b)- La couleur

Quelque soit l'origine de la population du nématode, la principale couleur des kystes constatée est le brun et le marron (foncé ou clair) (Annexe 1, Tableaux 14, 15, 16, 17 et 18). Les kystes nouvellement formés sont enveloppés dans un duvet blanc (couche subcrystalline). La paroi du kyste se compose de plusieurs stries en zig zag.

c)- La taille des kystes

Il existe des kystes de grande taille et des kystes de petite taille que ce soit au niveau d'une même population ou entre les populations.

Les deux critères (forme, couleur) paraissent intéressants, c'est pourquoi une étude approfondie pourrait apporter un complément d'informations sur la caractérisation de ces nématodes.

4.2- Résultats des mensurations (longueur et largeur) des kystes des cinq populations étudiées

Les résultats relatifs aux mensurations des kystes des différentes populations sont présentés dans le tableau 19 et la figure 11 avec les valeurs extrêmes (minimum et maximum), ainsi que les moyennes de ces mensurations.

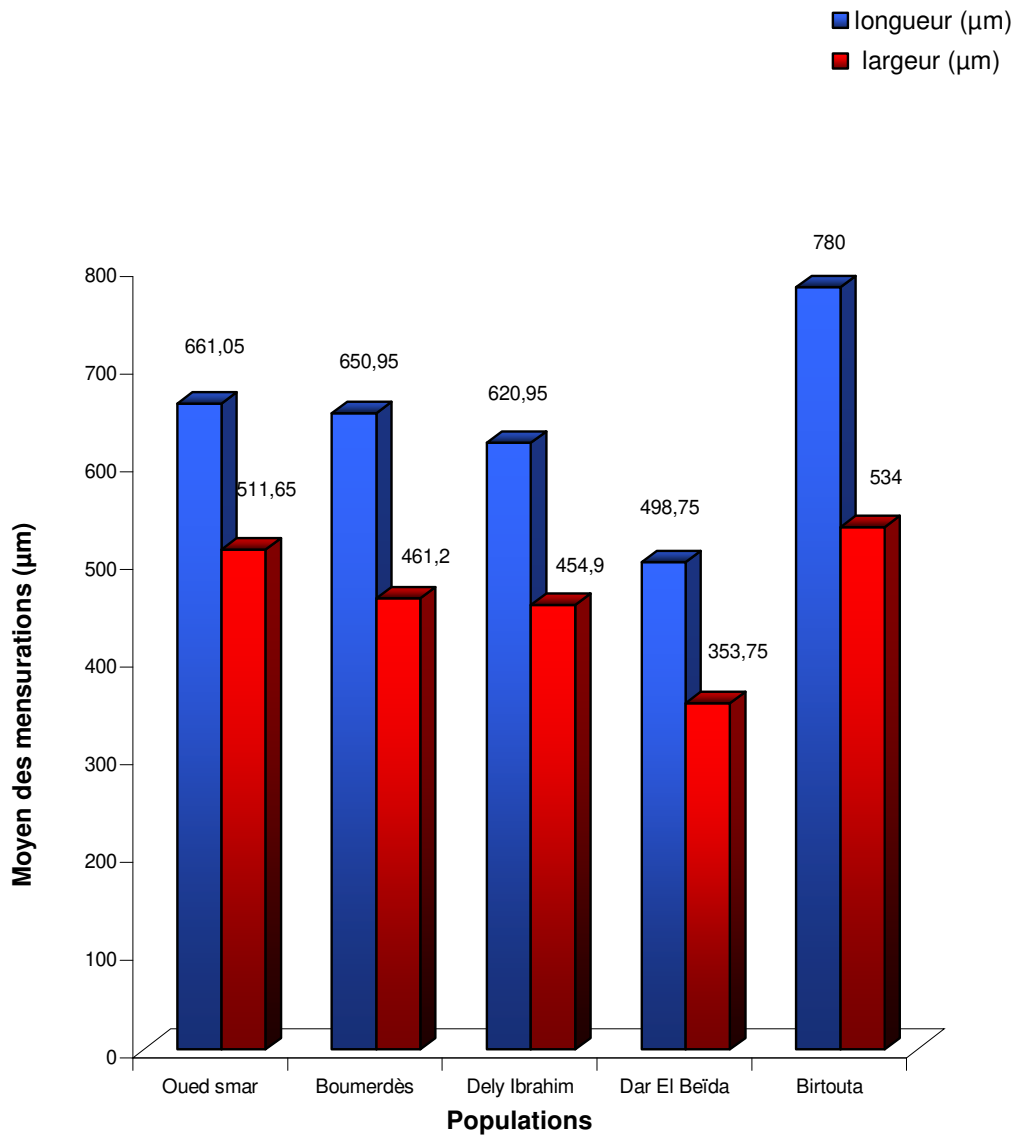


Fig. 11 : Effectif moyen des longueurs et largeurs des kystes en fonction des régions

Tableau 19 : Mensurations (longueur et largeur) des kystes des cinq populations étudiées

Populations	Longueur (µm)	Largeur (µm)
Oued Smar	661,05 [496 - 747]	511,65 [378 - 621]
Boumerdès	650,95 [657 - 738]	461,2 [378 - 586]
Dély Ibrahim	620,95 [513 - 720]	454,9 [304 - 567]
Dar El Beïda	498,75 [410 - 678]	353,75 [306 - 495]
Birtouta	780 [580 - 970]	534 [390 - 690]

Tableau 20 : Analyse de la variance

	DDL	Carrée moyen	Test F	Proba	E.T	C.V
Var.totale	99	15778.70				
Var.fact 1	4	203276.3	25.78	0.0000		
Var. résid	95	7884.06			88.79	13.8 %

Facteur 1 : Longueur

Test de Newman Keuls-seuil : 5%

Fact 1 : longueur

Nbre de moyennes	2	3	4	5
PPAS	55.73	66.84	73.42	78.07

F1	Libelles	moyennes	groupes homogènes
2	Bir	780.00	A
1	O.S	661.15	B
3	Bou	650.95	B
5	D.I	620.95	B
4	D.A	498.05	C

Facteur 1 : largeur

Test de Newman Keuls-seuil :5%

Fact 1 : largeur

Nbre de moyennes	2	3	4	5
PPAS	43.91	52.66	57.84	61.51

Tableau 21 : Analyse de la variance

	DDL	Carrée moyen	Test F	Proba	E.T	C.V
Var.totale	99	8615.25				
Var.fact 1	4	97012.41	19.83	0.0000		
Var. résid	95	4893.26			69.95	15.1 %

Facteur 1 : largeur

Test de Newman Keuls-seuil :5%

Fact 1 : largeur

Nbre de moyennes	2	3	4	5
PPAS	43.91	52.66	57.84	61.51

F1	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes
2	Bir	534.00	A
1	O.S	511.00	A
3	Bou	461.20	B
5	D.I	454.90	B
4	D.A	353.75	C

Si on fait une comparaison entre les kystes de ces populations méditerranéennes, nous constatons que la taille des kystes (longueur et largeur) des populations de Birtouta, Oued Smar, Dely Ibrahim, Boumerdès et Dar El Beïda se rapproche plus de celle des populations espagnoles (L 760µm : (567-958), l (420-580)) (Romero, 1980) et celle des populations italiennes (L 710 µm : (590-830), l (373-620)) (Vovlas, 1985).

Les résultats confirment la grande variabilité de la taille des kystes du genre *Heterodera* suivant les régions. Cette variation pourrait être due à l'effet des conditions abiotiques (écotype), biotique (pathotype) et aux conditions de travail du sol qui sont différentes.

Pour chacun des paramètres considérés, nous avons réalisé une analyse de la variance à un seul facteur. Le facteur 1 représente les régions de Dar El Beïda, Birtouta, Dély Ibrahim, Oued Smar, Boumerdès. Les variables sont la longueur et la largeur des kystes.

Les résultats de cette analyse de variance révèlent une différence hautement significative entre les différentes populations étudiées (Tableaux : 17 et 18).

5- Identification des espèces du genre *Heterodera*

5.1- Résultats et discussion

Les observations des différentes coupes du cône vulvaire au microscope sont conformes à celle faites par Cook (1982), Wouts (1985) et Nobbs (1989).

L'examen de la morphologie de la figure périnéale du cône vulvaire révèle la présence de deux espèces : *H. avenae* et *H. latipons*.

a) *Heterodera avenae*

Il est caractérisé par une fente vulvaire courte qui se situe entre deux semifenestrae. Les bullae sont très denses. On note l'absence du sous pont (Photo 3).

b) *Heterodera latipons*

Les bullae sont absents. Les semi-fenestrae sont très distantes l'une de l'autre. Le pont vulvaire est large, il est soulevé par un sous pont (Photo. 3).

L'espèce *H. avenae* est abondante presque dans toutes les régions prospectées (Oued Smar, Birtouta, Dely Ibrahim, Boumerdès) sur des parcelles de céréales. Par contre, *H. latipons* sévit dans la région de Dar El Beïda.

Pour améliorer d'avantage la systématique, il serait intéressant de compléter le travail avec l'usage de la biologie moléculaire quand les moyens le permettent.

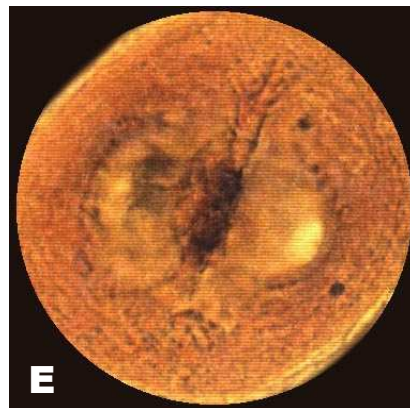
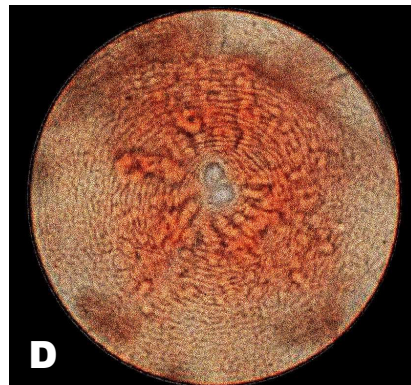
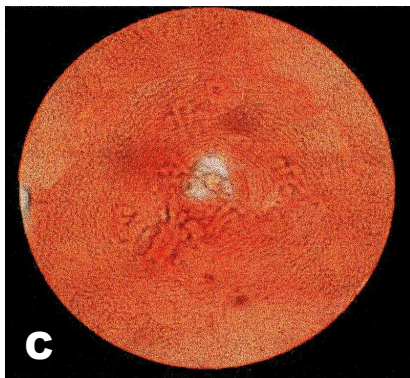
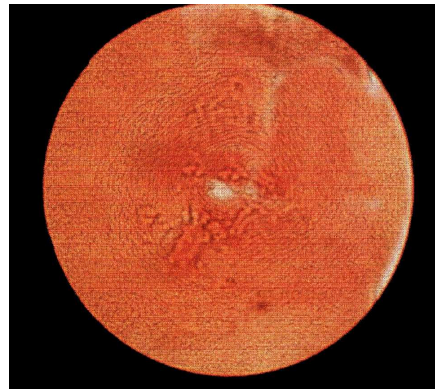
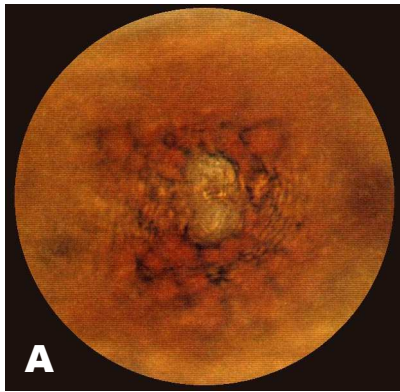


Photo 3 : Coupe au niveau du cône vulvaire d'*H. avenae* et d' *H. latipons* des populations étudiées.

Légende :

- A : Population de Boumerdès (*H. avenae*) (Gr : 25 x 3,2)
- B : Population de Birtouta (*H. avenae*) (Gr : 25 x 3,2)
- C : Population de Dely-Ibrahim (*H. avenae*) (Gr : 25 x 3,2)
- D : Population d'Oued-Smar (*H. avenae*) (Gr : 25 x 3,2)
- E : Population de Dar El Beïda (*H. latipons*) (Gr : 25 x 3,2)

Chapitre II

**Effet de la température du sol sur l'éclosion des larves
de cinq populations algériennes du genre *Heterodera*.**

DEUXIEME CHAPITRE

II- Etude de l'effet de la température du sol sur l'éclosion des larves de cinq populations algériennes d'origine géographique diverse.

Introduction

L'influence de la température du sol sur l'éclosion des larves de second stade (L₂) d'*H. avenae* et leur émergence ont fait l'objet de plusieurs travaux, aussi bien au laboratoire qu'en conditions naturelles (plein champ).

Au Canada et dans les pays de l'Europe du Nord, l'émergence des juvéniles commence lorsque les températures atteignent 15 à 20°C (Fushtey et Johnson, 1966). En Inde, la température optimale pour l'émergence a été estimée par Bhatti et Malhan (1982) in (Zancada et Sachez, 1989 ; Valdeolivas et *al.*, 1991) entre 15 et 20°C. En Australie du sud, Banyer et Fisher (1971a) ont déterminé la température de 15°C pour l'émergence des larves. En France, Rivoal (1982) a montré que l'optimum thermique d'éclosion se situe entre 10° et 15°C pour l'écotype septentrional et 5°C pour l'écotype méridional.

En Algérie, Haddadi (1997) s'est intéressée aux populations d'Ain Defla, d'Oued Smar et de Tiaret pendant la période (1995-1997). Smaha (1998) a étudié la population de Djendel (Ain Defla) en 1993 puis d'autres études ont concerné d'autres populations telles que Oued-Fodda (Chlef), Dahmouni (Tiaret), Amari (Tissemsilt) et Oued-Smar (Alger) durant les années (1994-1997). Mokabli (2002) a étudié les populations d'Oued Smar, Mostaganem et de Tiaret durant les années 1996-2000.

Notre présent travail consiste à étudier l'émergence des larves à partir des kystes de cinq populations d'*H. avenae* d'Oued Smar, Tiaret, Ain Defla, Mostaganem et de Béjaïa soumises à la température du sol.

1- Matériels et méthode

Les kystes gravides ont été extraits à l'aide de l'appareil de Fenwick à partir du sol provenant des parcelles naturellement infestées. Ces kystes à raison de 12 par population sont placés individuellement dans des tubes à essai de 9,5 cm de long et de 1,5 cm de diamètre, contenant deux ml d'eau de robinet. Ces tubes sont fermés, numérotés et mis dans un porte-tubes qui est introduit dans une fosse de 30 cm de profondeur, à la station météorologique de l'Institut National Agronomique d'El Harrach (Alger) (Fig. 14).

Tableau 19 : Eclosion des larves de quelques populations d'*H. avenae* en Algérie.

Auteurs	Années	Populations étudiées
Mohamed Meziani et Haddadi	1995-1996 (1 ^{ère} année)	Tiaret
Benhkerouf et Haddadi	1995-1996 (1 ^{ère} année)	Oued Smar et Ain Defla
Remini	1996- 1997 (2 ^{ème} année)	Tiaret, Oued Smar, Ain Defla et Béjaïa
Dahou	1997-1998 (3 ^{ème} année)	Tiaret, Oued Smar, Ain Defla et Béjaïa et Mostaganem
Messaoud	1998-1999 (4 ^{ème} année)	Tiaret, Oued Smar, Ain Defla et Béjaïa et Mostaganem
Hamroun	1999-2000 (5 ^{ème} année)	Tiaret, Oued Smar, Ain Defla et Béjaïa et Mostaganem

Tous les essais étaient conduits à proximité de la station météorologie de l'Institut National Agronomique d'El Harrach. Le dénombrement des larves de second stade (L2) est réalisé en versant le contenu de chaque tube dans une coupelle en verre pour dénombrer les larves émergées sous la loupe binoculaire. Les kystes sont ensuite remis dans leur tube à essai en renouvelant l'eau puis replacés à la même profondeur du sol. L'opération est répétée tous les 15 jours. L'évaluation de l'éclosion est exprimée en nombre moyen de L2 écloses par kyste et par mois. Les températures du sol sont notées de façon journalière pour le calcul des moyennes mensuelles.

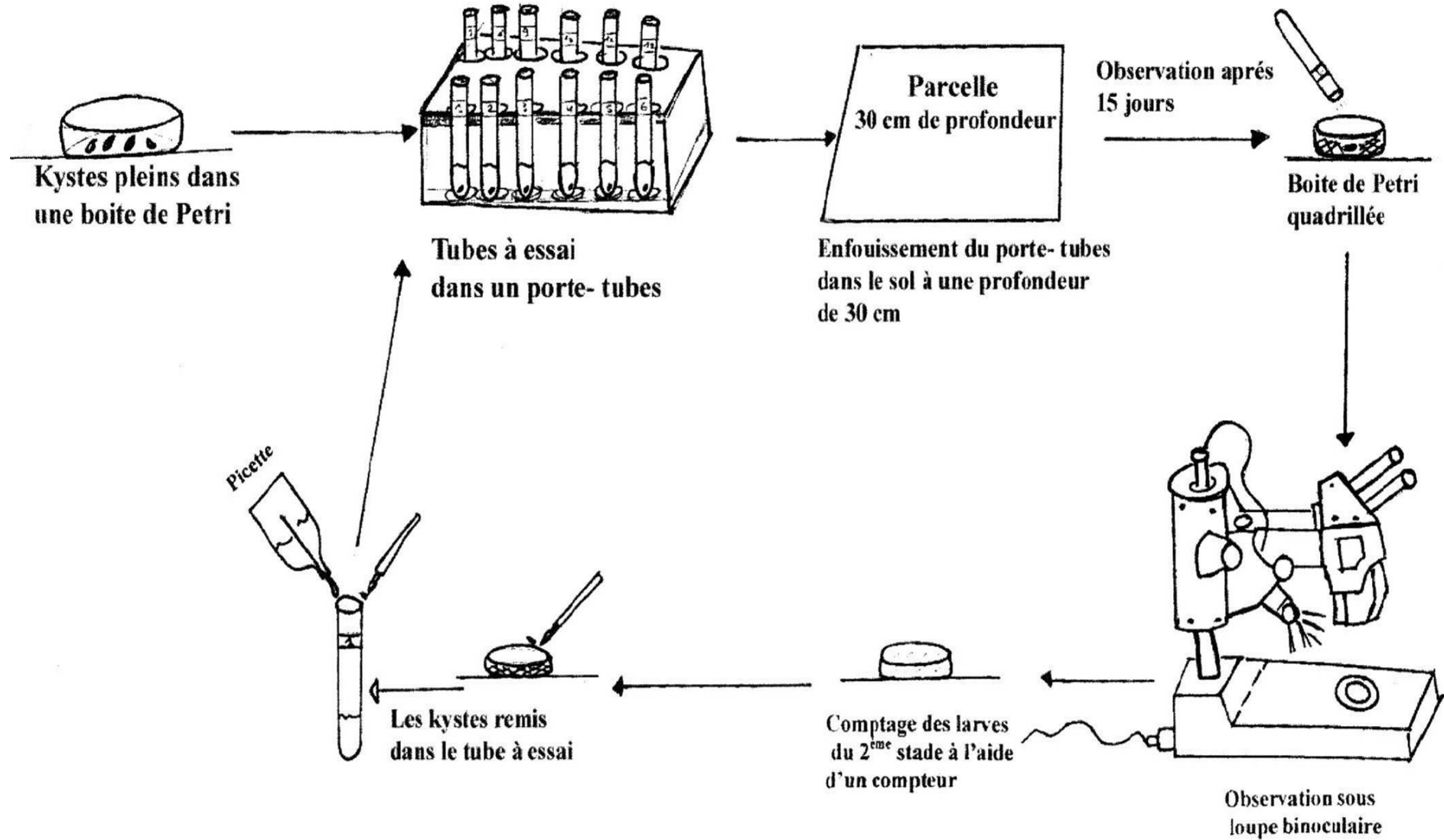


Fig. 14 : Les différentes étapes du suivi d'éclosion des larves de deuxième stade d' *H. avenae* . (Original)

Elles us ont été fournies par le service de la station météorologique de l'Institut National Agronomique d'El Harrach, couvrant la période allant de Novembre 1999 jusqu'à juin 2000.

2- Résultats

2.1- Importance de l'éclosion des larves en fonction de la température du sol.

a)- Population d'Oued Smar

Benkherouf (1996) a montré que l'éclosion des larves de second stade s'est déclenchée au mois de Février pour s'achever au mois d'Avril, avec une émergence maximale de 51 L2 à 19,6°C enregistrée au mois de Mars.

Dans ce même essai poursuivi par Remini (1997), l'émergence a débuté au mois de Décembre de l'année suivante pour s'étaler jusqu'au mois de Mars avec un maximum de 4 L2 signalé au mois de Février à une température moyenne de 13,52°C.

Durant la troisième année, Dahou (1998) a enregistré un faible taux d'émergence au mois de Février (0,58 L2 à 17,87°C). Pendant la quatrième année, Messaoud (1999) a signalé un très faible taux d'émergence des larves. L'éclosion est déclenchée au mois de Novembre avec 0,08 L2 à une température moyenne de 17, 64°C pour s'annuler au mois de Janvier (11,95°C).

Concernant l'année 2000, on note l'absence totale des sorties larvaires du mois de Novembre jusqu'au mois d'Avril (Fig. 15), (Annexe Tableaux 20, 21, 22, 23 et 24).

b)- Population de Tiaret

Mohamed Meziani (1996) a montré que l'éclosion s'étend du mois de Décembre au mois de Mai avec un maximum de 18,33 L2 à 13°C observé durant le mois de Février. Remini (1997) a révélé une sortie des larves entre le mois d'Octobre et le mois de Janvier avec un taux d'éclosion de l'ordre de 6,25 L2 à une température moyenne de 12,31°C. D'après Dahou (1998), les larves commencent leur activité au mois d'Octobre à une température de 22,5°C avec un nombre moyen de 3,63 L2 jusqu'au mois d'Avril où l'émergence moyenne est de 1,36 L2 à 17,87°C.

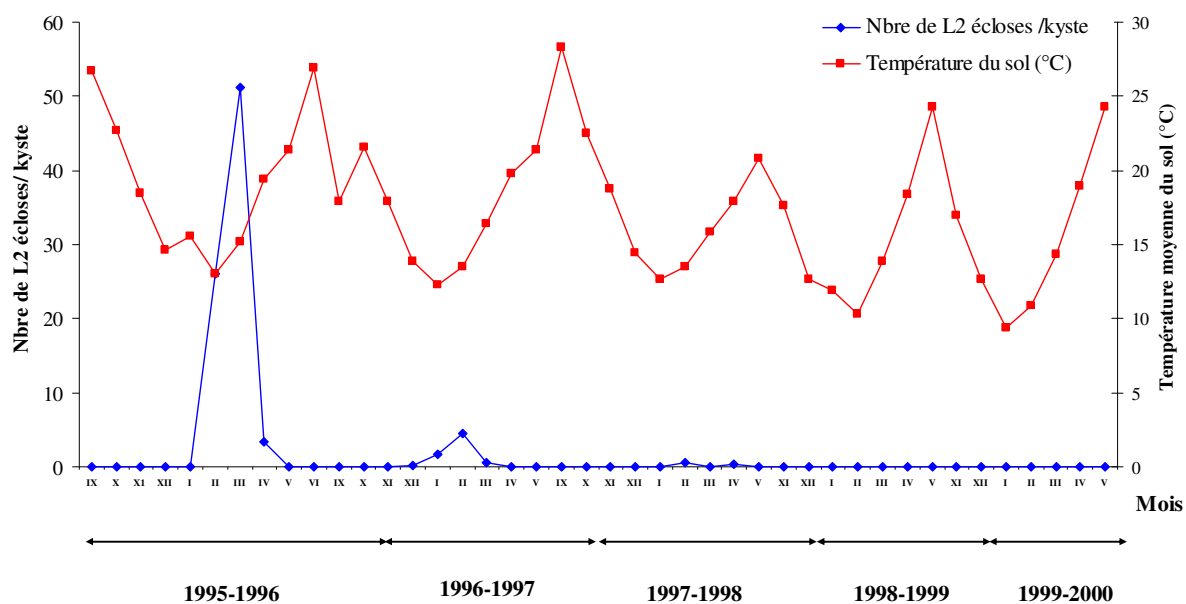


Fig.15 Ecllosion des larves d'une population d'*H. avenae* d' Oued Smar en fonction de la température du sol

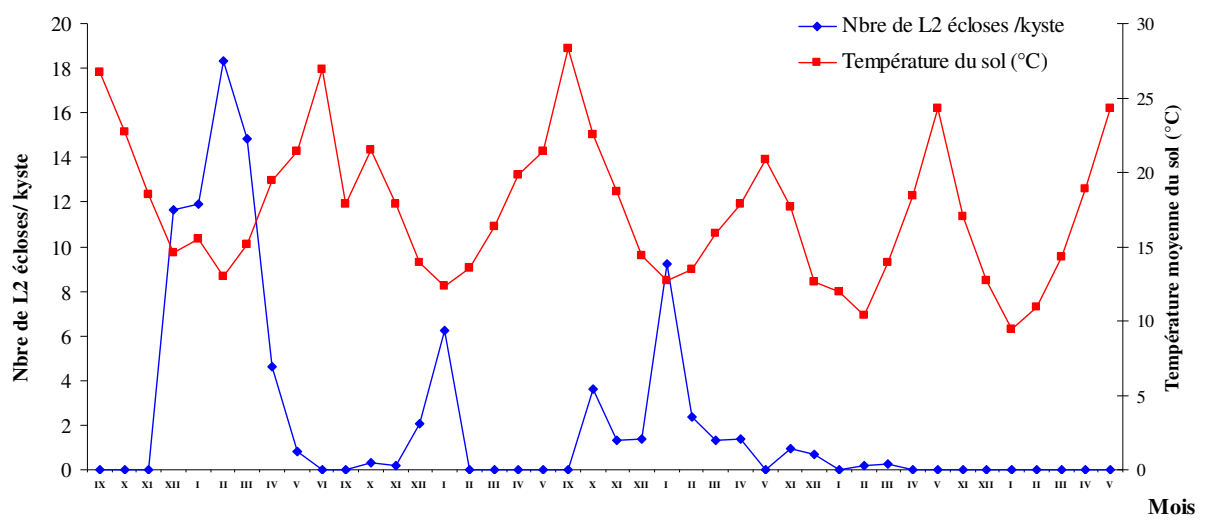


Fig.17 Eclosion des larves d'une population d' *. avenae* de Tiaret en fonction de la température du sol

Durant l'année 1999, Messaoud a enregistré une éclosion sur quatre mois. Elle a débuté en Novembre avec un nombre de 0,92 L2 à 17,64°C pour s'arrêter au mois de Janvier (11,95°C). Cette dernière reprend au mois de Février avec une moyenne de 0,16 L2 pour s'annuler au mois d'Avril (18,39°C). Durant cette même année, une faible activité larvaire (1,92 L2) a été observée au mois de Novembre (18,72°C). Pendant l'année 2000, aucune sortie larvaire n'a été observée (Fig. 16), (Annexe Tableaux 20, 21, 22, 23 et 24).

c)- Population d'Ain Defla

L'essai entamé par Benkherouf (1996) a montré que l'éclosion s'étend du mois de Novembre jusqu'au mois d'Avril avec un maximum de 26,18 L2 au mois de Février à 13°C. Durant la deuxième année, la sortie des larves est enregistrée à partir de Novembre à 17,87°C pour atteindre le maximum au mois de Janvier (10,75 L2 à 12,31°C). Cette dernière diminue progressivement au mois d'Avril à 19,87°C (Remini, 1997).

En 1998, Dahou a montré que l'éclosion s'étale du mois d'Octobre jusqu'au mois d'Avril, avec une émergence maximale de 7,66 L2 à une température de 13,48 °C au mois de Février. Messaoud (1999) a noté des émergences larvaires pendant deux mois seulement, (Décembre avec 0,58 L2 à 12,66°C et au mois de Mars avec 0,08 L2 à 31,91°C).

Pendant la période (1999-2000), l'activité larvaire s'est déroulée à partir de Décembre avec 0,08 L2 à 12,69°C et 0,08 L2 à 9,4°C au mois de Janvier, pour s'annuler au mois de Février à une température de 10,9°C (Fig. 17), (Annexe Tableaux 20, 21, 22, 23 et 24).

d- Population de Béjaïa

Remini (1997) a affirmé que la population de Béjaïa entre en activité au mois de Mars (1,25 L2) à une température moyenne du sol de 16,3°C. Elle diminue au mois d'Avril à 0,08 L2 où la température est de 19,8°C pour s'arrêter au mois de Mai (24,8°C).

Durant la période (1997-1998), l'éclosion s'est manifestée de Février (10,04 L2 à 13,84°C) jusqu'au mois d'Avril (4,37 L2 à 17,87°C) pour cesser au mois de Mai (20,8°C) (Dahou, 1998).

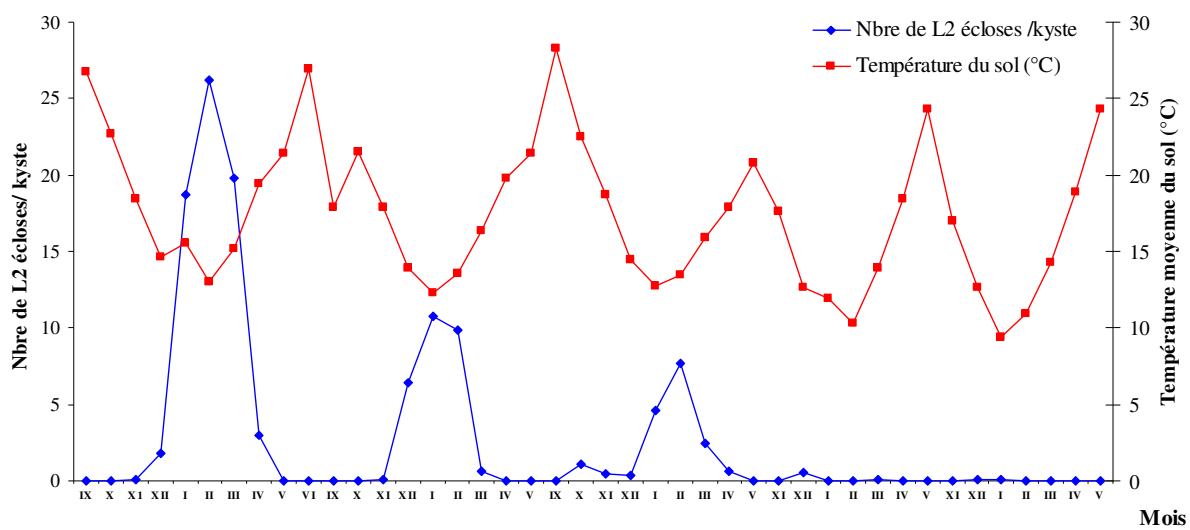


Fig.17 Eclosion des larves d'une population d'*H. avenae* de Aïn Defla en fonction de la température du sol

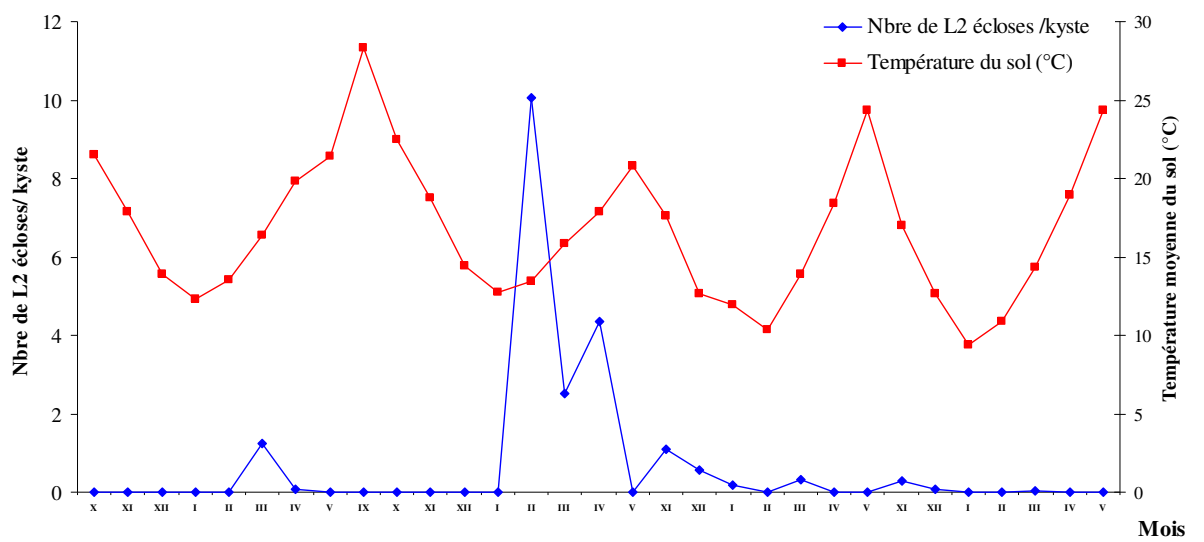


Fig.18 Ecllosion des larves d'une population d'*H. avenae* de Béjaïa en fonction de la température du sol

Pendant la période de Novembre 1998 à avril 1999, Messaoud (1999) a noté une émergence des larves au mois de Novembre (1,08 L2 à 17,64°C). Cette dernière diminue progressivement pour s'annuler au mois de Février (10,34°C). L'émergence a repris au mois de Mars (0,33 L2 à 13,91°C) pour cesser au mois d'Avril (18,39 °C).

En 1999-2000, les résultats d'éclosion montrent que l'émergence débute au mois de Novembre (0,9 L2 à 16,99 °C) pour s'arrêter au mois de Janvier à 9,4 °C et reprendre faiblement au mois de Mars (0,02 L2 à 14,3 °C) (Fig. 18), (Annexe Tableaux 20, 21, 22, 23 et 24).

e- Population de Mostaganem

L'essai entamé par Dahou (1998) montre que les larves entrent en activité en Octobre avec une émergence de 7,92 L2 à 22,5°C pour s'arrêter au mois de Mai (20,8°C) dont le maximum d'émergence est de 20,25 L2 à 12,7°C enregistré durant le mois de Janvier.

Pendant la période allant de Novembre 1998 à Avril 1999, Messaoud (1999) a signalé une émergence qui a débuté au mois de Novembre (0,33 L2 à 17,64 °C) jusqu'au mois de Février (0,33 L2 à 10,34°C) avec un maximum de 0,33 L2 aux mois de Novembre et de Février.

Pendant la période (1999-2000), une très faible émergence de larves est enregistrée au mois de Décembre (0,08 L2 à 12,69°C) (Fig. 19), (Annexe Tableaux 20, 21, 22, 23 et 24).

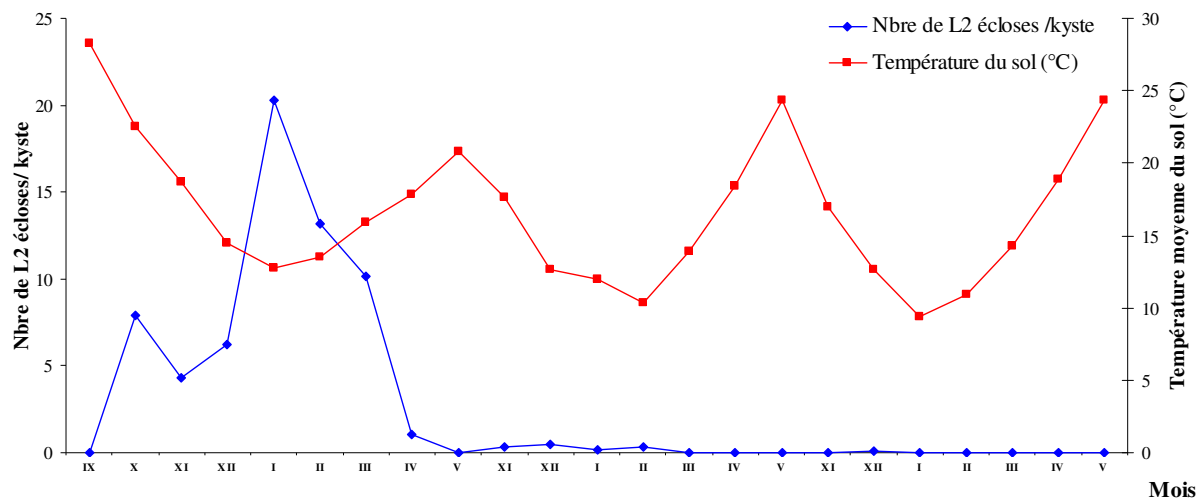


Fig.19 Ecllosion des larves d'une population d'*H. avenae* de Mostaganem en fonction de la température du sol

3- Discussion

La période d'activité de la population d'Oued Smar s'étend sur trois mois pendant le premier et le troisième cycle et sur quatre mois au deuxième cycle. Pour la quatrième année, l'éclosion dure deux mois. En ce qui concerne l'année 2000, aucune éclosion n'a été observée. Le taux d'éclosion de l'année 2000 est extrêmement faible (0,08 L2). Ce dernier était de 51,5 L2 pendant la première année pour passer à 4,5 L2 et 0,58 L2 durant la deuxième et la troisième année.

Cette chute d'éclosion est probablement liée à la diminution du contenu des kystes d'une année à une autre. Donc, on peut dire que cette population montre quatre cycles d'éclosion répartis sur quatre années consécutives, mais localisés essentiellement pendant les périodes des températures basses. La diapause estivo-automnale varie de 6 à 8 mois suivant les années (Fig. 19).

La durée d'activité larvaire pour la population originaire de Tiaret varie entre 4 et 7 mois pour les quatre années précédentes, alors que pour l'année 2000, aucune éclosion n'a été enregistrée.

Ainsi, une variation du taux d'éclosion est enregistrée selon les températures. Il est de 18,33 L2 au premier cycle, 6,25 L2 au deuxième, 9,25 L2 au troisième, 0,92 L2 au quatrième et enfin une absence d'émergence de larves au dernier cycle.

Quant à la diapause estivo-automnale, elle s'étale sur 6 mois jusqu'à 8 mois suivant les années. Cette population présente donc quatre cycles d'éclosion répartis sur quatre années consécutives. Ces derniers sont localisés essentiellement durant les périodes de basse température.

La population d'Aïn Defla a manifesté une durée d'activité larvaire importante durant les quatre années précédentes, variant de 4 à 7 mois, alors que pour l'année 2000, la durée d'activité est de deux mois seulement. Le taux d'éclosion diminue d'une année à l'autre. Il passe de 26 L2 au premier cycle à 0,08 L2 au dernier cycle. La diapause qui caractérise cette population est de type estivo-automnal dont la durée varie de 6 à 8 mois suivant les années (Fig.19).

Les résultats enregistrés durant les deux premières années chez la population de Béjaia indiquent que l'activité larvaire de cette dernière est de type printanier et s'étend suivant les années de 2 à 3 mois, tandis que durant la troisième et la quatrième année, l'éclosion est auto-hivernale. Elle dure 3 à 4 mois. Ce changement d'activité est probablement dû aux conditions climatiques (Fig. 19).

Cette population entre en diapause automno-hivernale pendant 10 mois durant la première année, 9 mois durant la deuxième et une diapause estivo-automnale de 6 et 7 mois pour la troisième et la quatrième année. La sortie des larves du second stade de la population de Mostaganem se produit durant la période automno-hivernale et s'étend sur 7 mois pendant la première année et 4 mois pendant la deuxième année. Pour l'année 2000, l'éclosion s'est manifestée durant un mois seulement. La diapause estivo-automnale dure 5 mois à la première année et 8 mois pendant la deuxième. La diapause a duré 11 mois au cours de l'année 2000.

Si on compare les températures optimales des cycles d'éclosion en conditions naturelles (dans le sol), les populations d'*H. avenae*, en France, éclosent aux plus basses températures (5-10°C) que celles d'Algérie (15-20°C). Cela veut dire qu'il faut un abaissement des températures en dessous d'une certaine valeur pour déclencher le cycle et ensuite un relèvement pour l'arrêter qui conditionnent les sorties larvaires. Comme la gamme de températures favorables à l'éclosion s'étale de 5 à 20°C et même à 25 °C (Mokabli et *al.*, 2001), les éclosions peuvent se produire dans n'importe quelle situation bioclimatique.

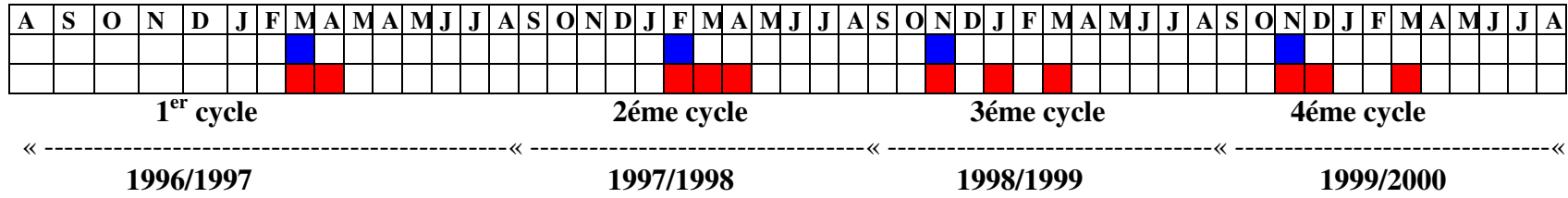
En Algérie, la période la plus ou moins longue pendant laquelle les nématodes sont confrontés à ces températures favorables se situe en dessous de 20°C ou 18°C, conditionnant la durée du cycle d'éclosion. Ces résultats confirment que les variations de température sont effectivement des facteurs pour la levée ou la continuation de l'effet de diapause sur les larves contenues dans les kystes et l'existence d'écotype dont le déterminisme de l'éclosion est adapté aux conditions climatiques de l'écosystème dans lequel ils sont présents.

Les résultats de toutes les populations étudiées sur cinq années démontrent que l'émergence des larves diminue d'une année à l'autre. Cela pourrait être dû à l'épuisement du contenu des kystes ou aux différences d'âge des kystes, sans oublier le rôle important de la température du sol sur le déclenchement et l'arrêt de l'éclosion.

La température de sol constitue une caractéristique particulière et spécifique chez les *Heterodera*. Un arrêt d'éclosion est constaté après une période d'activité larvaire (diapause). En effet, l'activité larvaire des populations d'*Heterodera avenae* appartenant aux diverses régions a une relation directe avec les variations de température.

En général, les kystes des cinq populations montrent une inhibition de l'éclosion lorsque les températures dépassent les 20°C (de Mai à Novembre) et une activité larvaire dès que celles-ci deviennent inférieures à 15°C (Décembre à Avril).

Population de Béjaïa



Population de Mostaganem

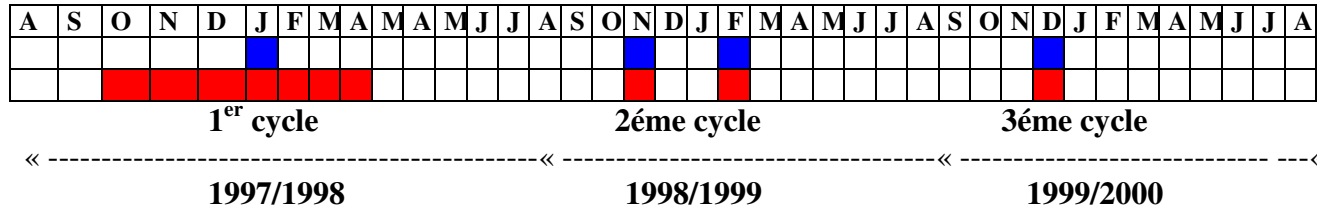
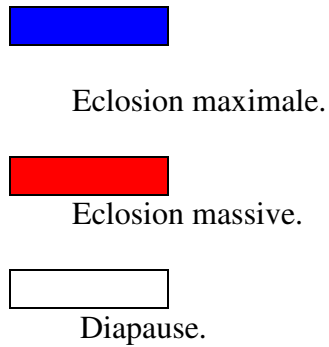


Fig. 18 : Schéma de l'échelonnement de l'éclosion larvaire et de la diapause chez les cinq populations d'*Heterodera avenae* sur une durée de cinq années consécutives.



4- Conséquences sur la sensibilité des céréales

En Algérie, la variation de sensibilité des céréales peut s'expliquer en grande partie par la biologie de cet écotype. En effet, les céréales à paille (blé tendre et blé dur) semées dans le courant de l'automne sont les plus exposées aux attaques car leur début de végétation coïncide exactement avec le cycle d'éclosion des nématodes (Fig. 20).

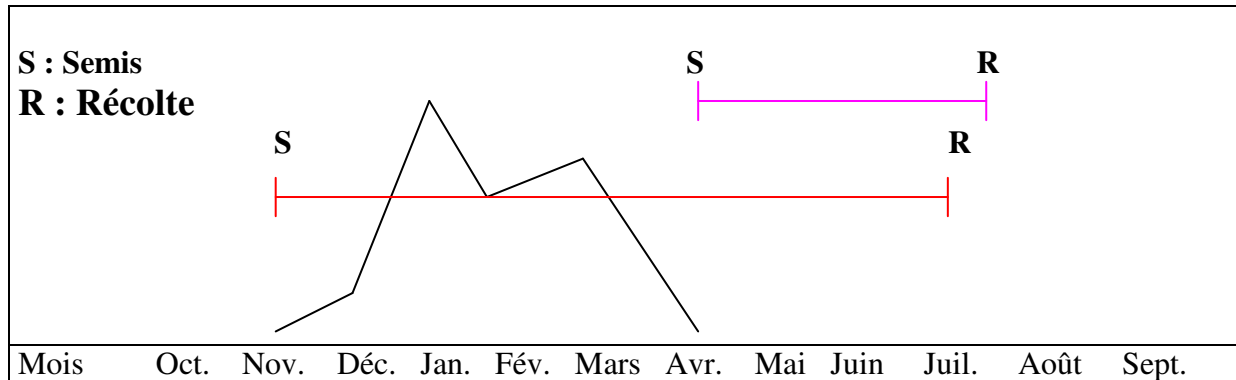


Fig. 20 : Cycle d'éclosion d'*H. avenae* (-) en Algérie et périodes de cultures des différentes céréales : type printemps (-) ou d'hiver (-).

Par contre, en Europe du Nord, c'est-à-dire en zones septentrionales, les céréales à paille de printemps ainsi que le maïs sont logiquement plus attaqués, car il y a une totale synchronisation de ce type de culture avec la période d'activité du nématode. Les cultivars d'hiver semés dans le courant de l'automne révèlent une tolérance relative qui pourrait dépendre du stade de développement végétatif au moment des infestations, (Rivoal, 1982 ; Rivoal, 1986 c ; Rivoal et Ireholm, 1990).

Chapitre III

Capacités d'hôtes de six variétés de blé dur vis-à-vis d'une population d'*H. avenae* originaire d'Oued Smar (Alger).

TROISIEME CHAPITRE

I- Capacité d'hôtes de six variétés de blé dur vis-à-vis d'une population d'*H. avenae* originaire d'Oued Smar (Alger).

1-Objectifs

Le but de l'essai est de tester le comportement de six variétés de blé dur vis-à-vis d'une population d'*H. avenae* originaire d'Oued Smar (Alger) afin d'évaluer l'effet de ce nématode sur les composantes de rendement ainsi que l'évolution de l'inoculum initial en fin de culture.

2- Matériels

2.1- Le nématode

Des kystes pleins de cette population ont été sélectionnés et conservés dans des boîtes de Petri à 7°C dans le réfrigérateur pendant une durée de six mois pour leur utilisation ultérieure.

2.2- Les variétés testées

Le choix a porté sur le blé dur (*Triticum durum*). Nous avons choisi les variétés les plus cultivées par les agriculteurs. Il s'agit d'Oued Zenati, Bidi 17, Mohamed Ben Bachir, Hedba 03, Inrat 69 et Waha. Les semences proviennent de l'Institut Technique des Grandes Cultures (I.T.G.C) d'Oued Smar. Les caractéristiques de ces variétés de blé dur sont mentionnées en annexe 2.

2.3- Autre matériel

Pour réaliser cet essai, nous avons utilisé le matériel suivant :

- Quatre-vingt-seize (96) bouteilles en plastique dépourvues de leur partie antérieure
- Etiquettes
- Binette
- Sacs en tulle

2.4- Origine du substrat

La technique utilisée pour caractériser la résistance des variétés testées est inspirée des travaux de (Brown et Ellis, 1976) ; Rivoal et *al.*, (1978) et Person-Dedryver (1982).

3- Méthode

L'étude du comportement des différentes variétés de céréales vis-à-vis d'*H. avenae* peut s'effectuer sur une terre atteinte naturellement ou artificiellement, selon les conditions naturelles au niveau du champ ou dans les conditions contrôlées au laboratoire (Person-Dedryver et Doussinault, 1978).

Le sol utilisé dans cet essai est stérilisé dans une étuve à 120°C pendant 2 heures. Une fois refroidi, il est tamisé puis réparti dans des bouteilles en matière plastique, de 15 cm de long et 7 cm de diamètre, à raison de 700 g par bouteille. Le fond de chaque bouteille est préalablement perforé afin de permettre un bon drainage de l'eau d'irrigation.

De même, les bouteilles sont dépourvues de la partie supérieure, chaque bouteille reçoit un inoculum de 30 kystes pleins, ensachés dans un petit sac en tulle, placés à une profondeur de 3 cm environ. Les bouteilles sont ensuite enfoncées à quelques centimètres dans le sol pour chaque variété. Le semis est effectué deux jours après l'inoculation à raison de 3 caryopses germés par bouteille, semés à 1 cm de la surface du sol. L'irrigation est effectuée selon les besoins des plants. Les variétés ainsi que le nombre de répétitions sont illustrés dans la figure 22 et la photo 4.

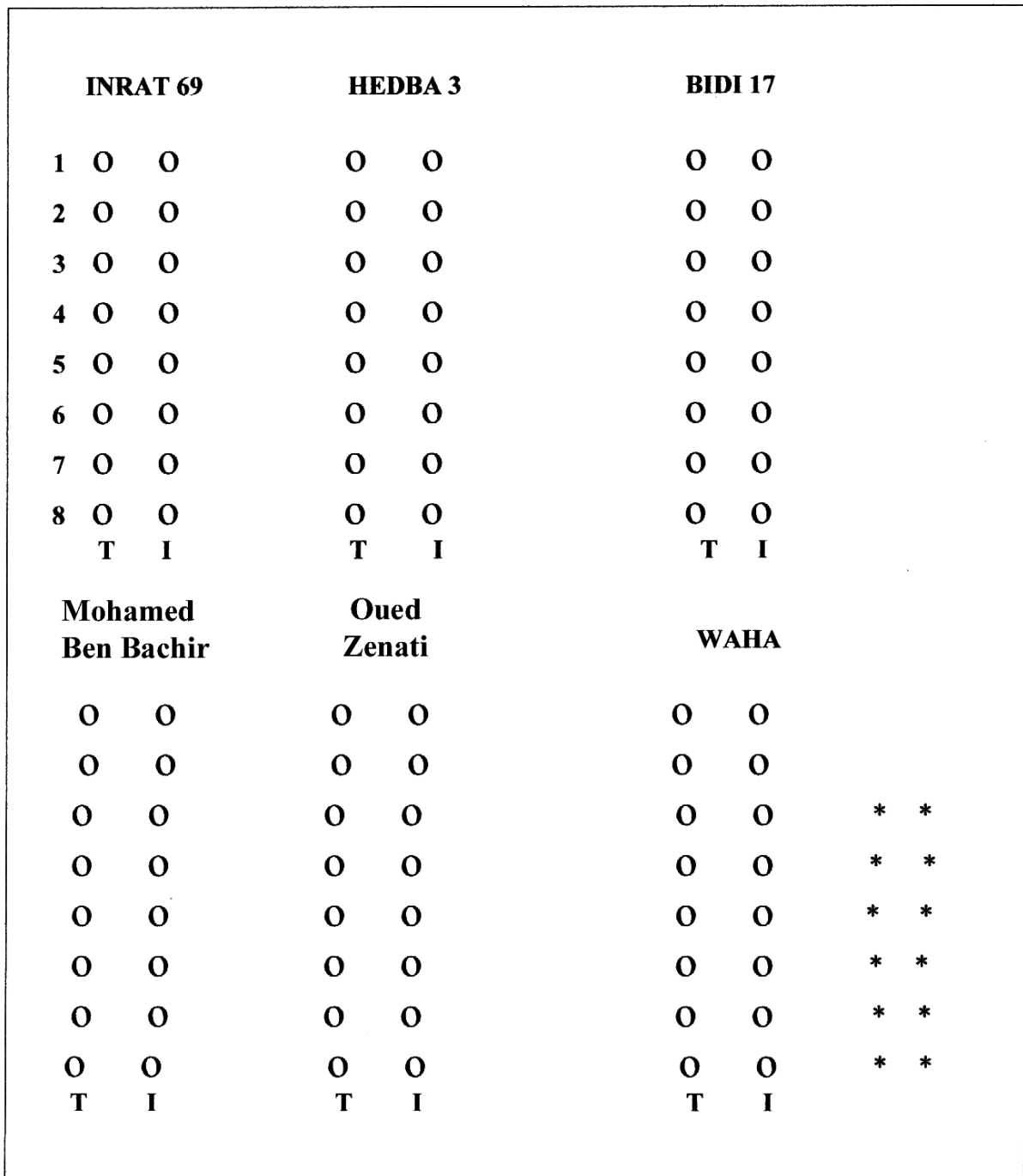


Fig. 22 : Dispositif expérimental

Légende :

T : Témoin

I : Inoculum

O : Bouteille

***** : Tube à essai (Suivi d'éclosion)



Photo 4 : Vue générale du dispositif expérimental à l'Institut National Agronomique d'El Harrach

Six variétés de blé dur (Bidi 17, Mohamed Ben Bachir, Inrat 69, Hedba 03, Oued Zenati, Waha) sont testées vis-à-vis d'un inoculum composé de 30 kystes pleins d'une population d'*H. avenae*. L'essai est mené en conditions naturelles dans des bouteilles en plastique à raison de 8 répétitions (témoin) et 8 répétitions (inoculum), soit un total de 96 bouteilles pour 6 variétés.

L'essai a été mis en place le 14 décembre 2000 dans la station expérimentale de l'Institut National Agronomique d'El Harrach en conditions climatiques naturelles. Quant à l'évaluation de la capacité de multiplication de la population, elle est estimée par un dénombrement des kystes formés à la fin du cycle végétatif de la céréale, soit sept mois après la mise en place de l'essai et après une période de durcissement.

Les kystes présents dans les sacs en tulle sont retirés du sol de chaque bouteille, tandis que les kystes nouvellement formés sont extraits du sol de la bouteille par la méthode décrite précédemment (l'appareil de Fenwick).

Des observations ont été effectuées après le tallage par l'apport d'un engrais simple sous forme de granulés. Des traitements contre différents ravageurs ont été appliqués au cours du cycle de développement des variétés de blé. Les pesticides et les doses de traitement figurent en annexe 2 dans le tableau n°28. La récolte du blé dur a été effectuée le 26 juin 2001.

L'expérimentation a duré sept mois. En fin de culture, les composantes de rendement sont prises en considération pour les comparer avec les plants témoins. Une analyse statistique (analyse de variance, test de Newman et Keuls) est réalisée.

Parallèlement à cela, nous avons placé 12 kystes pleins de la même population dans des tubes à essai contenant quelques millilitres d'eau de robinet à raison d'un kyste par tube. Ces tubes ont été placés le 12/12/2000, juste à proximité de l'essai du comportement variétal, enfouis dans le sol à une profondeur de 30 cm. Il s'agit de connaître l'importance des sorties larvaires et la durée de leur activité en relation avec le cycle phénologique du blé testé.

4- Résultats

A la fin de l'essai, sont pris en considération les composantes de rendement représentés par :

- nombre de talles
- longueur des talles (cm)
- nombre moyen d'épis/ plant
- poids moyen des grains (g)

4.1- Effet du nématode sur les composantes de rendement

a) le nombre de talles

Les talles formées ont été comptées à la fin du tallage.

Tableau 29: Analyse de variance

	DDL	C.M	Test F	Proba	E.T	C.V
Var.totale	95	1.08				
Var.Fact.1	5	4.59	7.25	0.0000		
Var.Fact.2	1	23.01	36.38	0.0000		
Var inter 1*2	5	0.79	1.24	0.2965		
Var.Resid.1	84	0.63			0.80	15.9%

Quelque soit la variété étudiée, le nombre de talles est plus élevé chez les plants témoins par rapport à ceux inoculés (Fig. 21). Cette différence se confirme statistiquement. L'analyse de variance relative au nombre de talles est hautement significative (tableau 29).

Le test de Newman-Keuls montre le rangement de ces variétés en quatre groupes différents : Waha (A), Inrat 69 (B) mais Hedba 03, Oued Zenati et Mohamed Ben Bachir appartient à un groupe intermédiaire entre B et C. Bidi 17 se démarque dans un groupe C (tableau 30).

Tableau 30 : Test de Newman-Keuls : 5%

A- Fact 1 : variétés

F1	Libelles	Moyennes	Groupes Homogènes
2	Waha	5.94	A
3	Inrat 69	5.25	B
1	Hedba 3	5.00	BC
5	Mohamed Ben Bachir	4.81	BC
4	Oued Zenati	4.63	BC
6	Bidi 17	4.44	C

B- Fact 2 : Traitements

F2	Libelles	Moyennes	Groupes Homogènes
1	Témoin	5.50	A
2	Inoculum	4.52	B

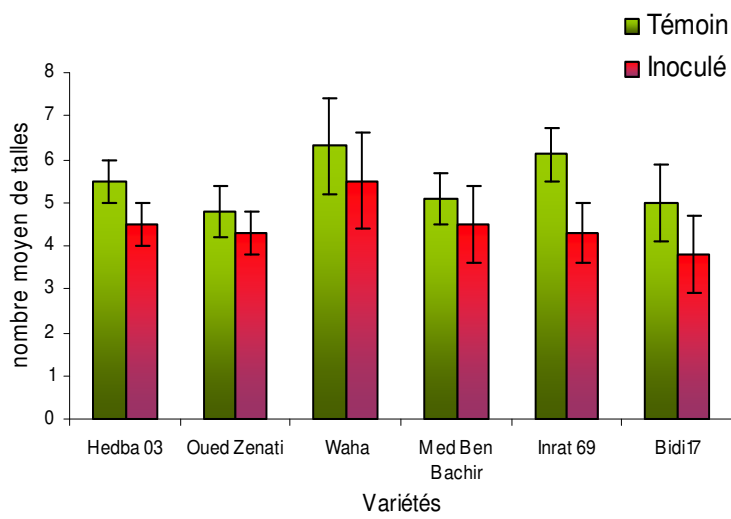


Fig. 21 : Effet du nématode sur le nombre de talles

b) la longueur des talles (cm)

La longueur des talles a été mesurée à la fin du tallage (Fig. 22).

Tableau 31 : Analyse de variance

	DDL	C.M	Test F	Proba	E.T	C.V
Var. totale	95	89.27				
Var.Fact.1	5	268.82	4.78	0.0007		
Var.Fact.2	1	211.63	37.54	0.0000		
Var inter 1*2	5	60.11	1.07	0.3839		
Var.Resid.1	84	56.25			7.50	22.4%

Il existe des différences hautement significatives entre les variétés de blé dur testés et le facteur traitement (tableau 31).

Le premier groupe (A) comprend la variété Hedba 3, Mohamed Ben Bachir, Inrat 69, Oued Zenati et Bidi 17. Le second groupe comprend (B) représente la variété Waha (tableau 32).

Tableau 32 : Test de Newman-Keuls : 5%

A- Fact 1 : variétés

F1	Libelles	Moyennes	Groupes Homogènes
1	Hedba 3	39.04	A
5	Mohamed Ben Bachir	35.25	A
3	Inrat 69	33.89	A
4	Oued Zenati	33.68	A
6	Bidi 17	32.90	A
2	waha	26.45	B

B- Fact 2 : Traitements

F2	Libelles	Moyennes	Groupes Homogènes
1	Témoin	38.23	A
2	Inoculum	28.85	B

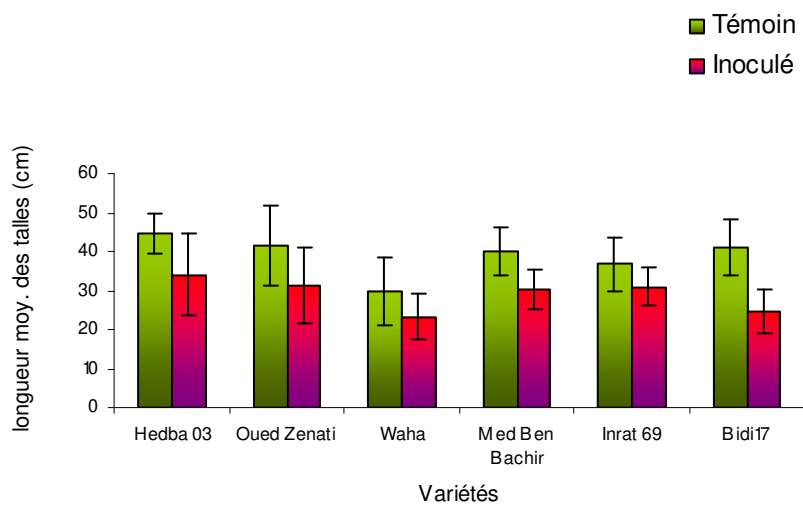


Fig. 22 : Effet du nématode sur la longueur des talles

c) Nombre d'épis/ plant

Le nombre d'épis formés en fin du cycle du végétal a été dénombré chez les six variétés de blé dur testé (Fig. 23).

Tableau 33 : Analyse de variance

	DDL	C.M	Test F	Proba	E.T	C.V
Var.totale	95	0.78				
Var.Fact.1	5	0.92	1.41	0.2295		
Var.Fact.2	1	12.04	18.47	0.0001		
Var inter 1*2	5	0.49	0.75	0.5873		
Var.Resid.1	84	0.65			0.81	66.8%

L'analyse de la variance révèle des différences significatives entre les plants témoins et les plants inoculés par les nématodes et un effet non significatif entre les variétés de blé.

Le test de Newman et Keuls (5%) montre deux groupes homogène (A et B) (tableau 34).

Tableau 34 : Test de Newman-Keuls : 5%

Fact 2 : Traitements

F2	Libelles	Moyennes	Groupes Homogènes
1	Témoin	1.56	A
2	Inoculum	0.85	B

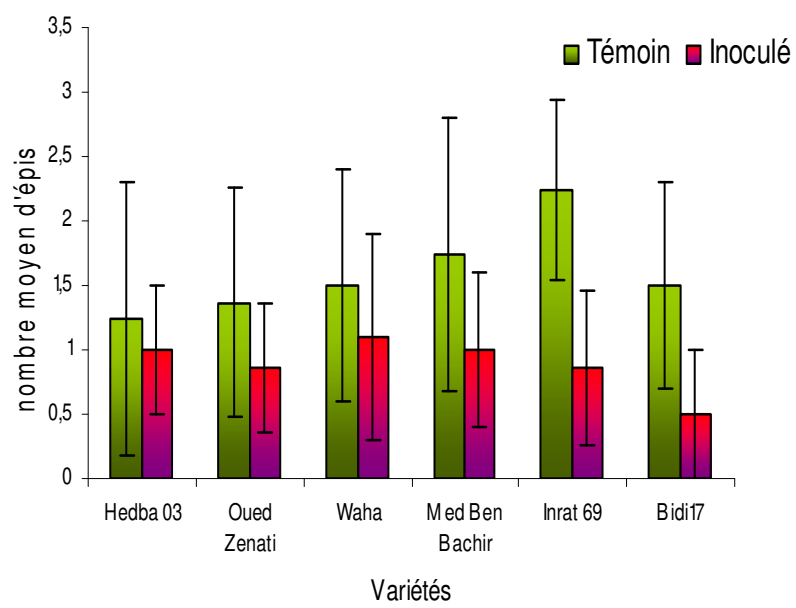


Fig. 23 : Effet du nématode sur le nombre moyen d'épis par pied

d) Poids des grains (g)

Les grains formés chez toutes les variétés de blé dur ont été pesés à l'aide d'une balance de précision.

Tableau 35 : Analyse de variance

	DDL	C.M	Test F	Proba	E.T	C.V
Var.totale	95	0.32				
Var.Fact.1	5	0.47	2.03	0.08012		
Var.Fact.2	1	7.10	30.75	0.0000		
Var inter 1*2	5	0.39	1.70	0.1423		
Var.Resid.1	84	0.23			0.48	70.2%

L'analyse de la variance révèle des différences significatives entre les plants témoins et les plants inoculés par les nématodes et un effet non significatif entre les variétés de blé.

Le test de Newman et Keuls (5%) montre deux groupes homogènes (A et B) (tableau 36).

Tableau 36 : Test de Newman-Keuls : 5%

Fact 2 : Traitements

F2	Libelles	Moyennes	Groupes Homogènes
1	Témoin	0.96	A
2	Inoculum	0.41	B

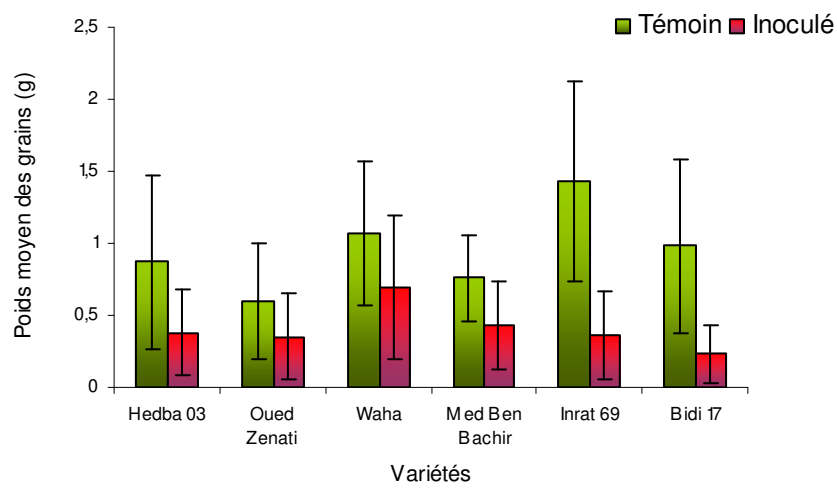


Fig. 24 : Effet du nématode sur le poids moyen des grains par pied

4.2 - Comparaison entre les plants témoins et les plants inoculés par variété :

Il s'agit de faire une comparaison entre les plants exposés aux attaques du nématode à kyste (*H. avenae*) à ceux considérés comme plants indemnes (témoins).

En tenant compte des deux facteurs (Fact. 1 : variétés : Inrat 69, Bidi 17, Waha, Oued Zenati, Mohamed Ben Bachir, Hedba 3) et (Fact.2 : traitements : témoin et inoculum)

L'analyse de la variance révèle des différences significatives entre les plants témoins et les plants inoculés par les nématodes.

Tableau 37 : Récapitulatif des résultats de l'analyse de variance

Facteurs	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F2
Variétés	Waha	Inrat 69	Med Ben Bachir	Bidi 17	Hedba 3	Oued Zenati	Témoin	Inoculum
Paramètres								
Longueur des talles (cm)	+	+	+	+	+	+	+	+
Nombre de talles	+	+	+	+	+	+	+	+
Nombre d'épis/pied	-	-	-	-	-	-	+	+
Poids moyen des grains/pied	-	-	-	-	-	-	+	+

(+) : Effet significatif

(-) : Effet non significatif

F1 : Facteur variétés

F2 : Facteur traitements (Témoin ; inoculum)

5- Importance du nombre de kystes néoformés chez les six variétés de blé dur

5.1- Résultats

Pour évaluer la multiplication de l'inoculum initial d'*H. avenae*, nous avons réalisé des extractions du sol contenu dans les bouteilles à la fin du mois de juillet 2001. Les résultats présentés dans le tableau 38 et la figure 25 représentent le nombre moyen des kystes néoformés obtenus après extraction. L'ensemble de ces résultats ont été traités par des tests statistiques : Analyse de la variance à un seul facteur et le test de Newman-Keuls.

Tableau 38 : Importance du nombre de kystes néoformés chez les six variétés de blé dur en fin de culture.

Variétés	Bidi 17	Mohamed Ben Bachir	Oued Zenati	Hedba 03	Inrat 69	Waha
Traitement						
Inoculum initial	30	30	30	30	30	30
Moyenne des kystes néoformés	35,38	18,75	16,62	16,75	25	10,75

La moyenne représente 8 répétitions.

Tableau 39 : Analyse de la variance :

Facteur 1 : Variétés

	SCE	DDL	Carré Moyen	Test F	Proba.	E.T	C.V
Var. Totale	6371.25	47	138.55				
Var. Fact 1	333.000	5	589.93	6.96	0.0006		
Var.Résid 1	4038.25	42	84.82			9.21	44.8%.

Proba 0,0006 < 5 % : Effet significatif pour le facteur « Variétés »

Nombre de moyennes	2	3	4	5	6	
Valeurs des PPAS		9.29	11.19	12.32	13.12	13.75

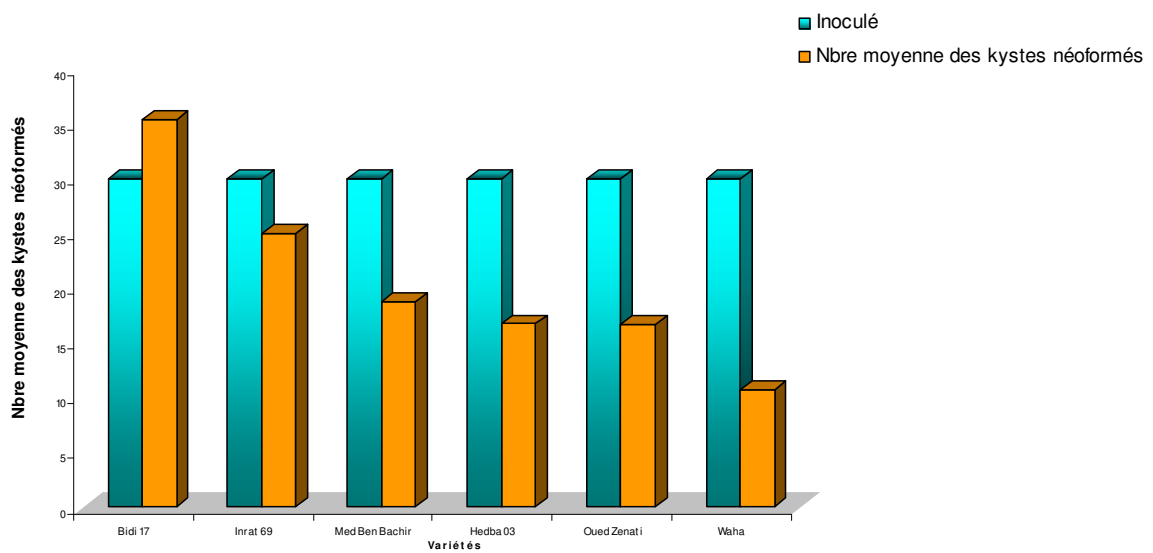


Fig. 25 : Evolution de l'inoculum initial de la population d' Oued Smar en fin de culture vis-à-vis des six variétés de blé dur.

F1	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes
1	Bidi 17	35,38	A
5	Inrat 69	25,00	B
2	Mohamed Ben Bachir	18,75	BC
4	Hedba 03	16,75	BC
3	Oued Zenati	16,62	BC
6	Waha	10,75	C

Les moyennes des kystes néoformés représentent dans une certaine mesure le taux de reproduction. En rapportant ces moyennes au nombre de kystes contenus dans l'inoculum qui est de 30 kystes pleins, on peut avoir une meilleure connaissance de l'influence des variétés sur la multiplication du parasite.

Nous avons donc évalué la sensibilité de ces variétés par le nombre de kystes néoformés par rapport au cultivar Bidi 17, qui est sensible, en utilisant l'échelle établie par Valocka et *al.* (1994) :

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

La réaction des différentes variétés de blé dur vis-à-vis d'une population d'*H. avenae* d'Oued Smar est présentée dans le tableau 40.

Tableau 40 : Réaction des variétés de blé dur testé vis-à-vis d'une population d'Oued Smar.

Cultivars	Dose initiale de kystes	Nombre moyen de kystes néoformés	%	Degré de sensibilité
Waha	30	10,75	30,39	V
Oued Zenati	30	16,62	46,52	V
Hedba 3	30	16,75	46,98	V
Mohamed Ben Bachir	30	18,75	53,01	VI
Inrat 69	30	25,00	70,68	VII
Bidi 17	30	35,38	100	VIII

A partir de ce principe, nous pouvons constater que la population d'*H. avenae* d'Oued Smar a réagi différemment vis-à-vis des six variétés de blé dur testées.

Tableau 43 : Effet de la température du sol sur l'éclosion des larves d'*H. avenae* de la population d'Oued Smar.

Mois	Température du sol 30 cm de profondeur	Nombre de L2 émises/kyste
Décembre	13,76	3,83
Janvier	12,11	23,08
Février	12,12	28,41
Mars	16,35	17,41
Avril	21,76	1,00
Mai	22,10	0
Juin	27,11	0
Juillet	31,00	0

Le suivi d'éclosion des larves de deuxième stade d'*H. avenae* nous a permis de faire la concordance entre les sorties larvaires et les différents phases de développement du blé dur. En effet, nous avons constaté une éclosion progressive et importante allant du mois de Décembre jusqu'au mois d'Avril, s'annulant au mois de Mai à une température mensuelle de 22,1°C. Le taux moyen d'éclosion larvaire le plus élevé (28,4 L2/kyste) a été observé durant

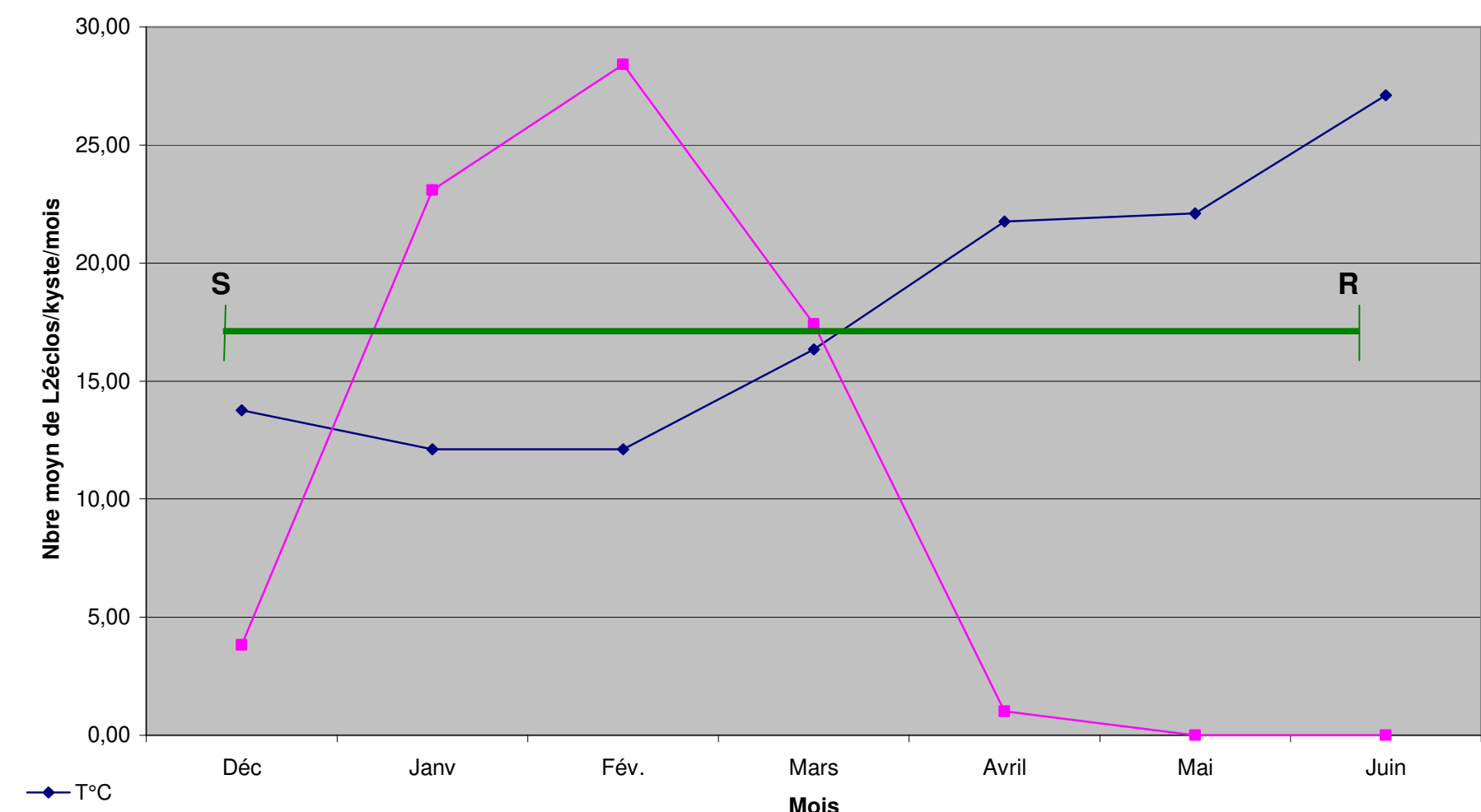


Fig. 25 Schéma montrant la synchronisation du cycle annuel de la population d' *H. avenae* à différentes températures du sol avec les stades phénologique des céréales.

- ◆ T°C
- Nbre l2/kyste
- Cycle dévp.

le mois de Février à une température mensuelle de 12,1°C coïncidant ainsi avec le stade végétatif sensible qui est le tallage (Tableau 42, annexe 2).

Donc, l'éclosion des kystes de la population d'*H. avenae* d'Oued Smar s'effectue durant 5 mois, de Décembre jusqu'au mois d'Avril avec une gamme de températures variant entre 13,8°C et 21,8°C (Tableau 43). A partir de cette température, il y a arrêt total des sorties larvaires au mois Mai, s'en suit alors une diapause estivale qui correspond à une élévation de température supérieure à 22°C (Fig. 26).

L'ensemble de ces observations montre que les caractéristiques biologiques de la population d'*H. avenae* d'Oued Smar correspond à celles de l'écotype méridional observé dans les pays à climat méditerranéen (Sud de la France, Italie, Espagne, Australie).

5.2- Discussion

D'après les résultats obtenus, il s'est avéré que la variété Bidi 17 est un excellent hôte, étant donné que la moyenne des kystes obtenus en fin de culture a dépassé le nombre de kystes contenu dans l'inoculum initial. Cet état de fait traduit une grande sensibilité de cette variété céréalière vis-à-vis du parasite.

Les travaux effectués depuis 1966 par Sosa Moss, par Caubel en 1980 et par Rivoal et Saur (1987) ont montré la sensibilité de cette variété vis-à-vis d'*H. avenae*. En Algérie, les travaux réalisés par Abbas (1994), Abdelli (1995), Meziane (1996), Dahou (1998) et Smaha (1998) sur la variété Bidi 17 (tableau 41, annexe 2) ont montré une grande sensibilité vis-à-vis de ce ravageur.

A l'opposé, le reste des variétés testées, à savoir Mohamed Ben Bachir, Inrat 69, Hedba 03, Oued Zenati, Waha ont exprimé des moyennes de reproduction inférieures au nombre de kystes contenus dans l'inoculum initial. Il en ressort que ces variétés multiplient d'une manière moindre le nématode par rapport à Bidi 17. La variété Waha semble être moyennement résistante.

L'utilisation de la variété Bidi 17, très sensible en élevage de nématodes à kystes et dans d'autres essais de résistance, virulence ou autre est recommandée.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'étude de l'état d'infestation des parcelles de quelques régions céréalières par les nématodes à kystes du genre *Heterodera* montre que, hormis la région de Tipaza, toutes les zones étudiées sont infestées. Leur degré d'infestation varie d'une région à une autre, voire même au sein de la même région.

Devant les états d'infestation évalués, la recherche de moyens de protection appropriés telles que les variétés résistantes, la rotation et le bon choix de la date de semis et ce, afin de limiter ou de diminuer le seuil de nuisibilité au dessous de 10 L 2/g de sol.

Les instituts comme l'I.N.P.V, l'I.T.G.C et l'I.N.R.A doivent s'intéresser à ce genre de parasite en organisant des journées techniques au profit des céréaliculteurs afin de les sensibiliser sur ce problème qui risque de prendre de l'ampleur à l'avenir.

L'étude biométrique des kystes de quelques populations d'*Heterodera* d'origine géographique diverse, révèle une grande diversité morphologique des kystes de ce parasite.

En effet, les kystes de Birtouta ont la plus grande taille, suivis par ceux d'Oued Smar, Boumerdès, Dély Ibrahim et de Dar El Beïda.

L'étude systématique de cinq populations issues de différentes régions a mis en évidence *H. latipons* dans la région de Dar El Beïda. Dans les autres régions étudiées, mise à part celle de Tipaza, sévit d'*H. avenae*, espèce plus répandue en Algérie.

Il serait intéressant de poursuivre d'autres investigations concernant les nématodes à kystes du genre *Heterodera* pour une meilleure connaissance de leur distribution géographique.

L'étude de l'influence de la température du sol sur l'éclosion larvaire des cinq populations d'*Heterodera avenae* étudiées pendant cinq années démontre que l'émergence des larves diminue d'une année à l'autre. Cela pourrait être dû à l'épuisement du contenu des kystes ou aux différences d'âges des kystes, sans oublier le rôle important de la température du sol sur le déclenchement et l'arrêt de l'éclosion. La température du sol constitue un facteur essentiel pour l'activité larvaire de ce parasite.

En outre l'enkystement et les températures saisonnières (hiver, printemps, automne et été) assurent à l'espèce la survie par un échelonnement des sorties larvaires dans le temps. Chez les populations d'Algérie, on note une activité typiquement hivernale et une inhibition totale pendant la période estivale.

Ces observations nous permettent de dire que les populations étudiées les populations étudiées appartiennent à l'écotype méridional observé dans les pays à climat méditerranéen tels que le Sud de la France, l'Italie et l'Espagne.

L'étude du comportement des variétés de céréales à l'égard de cette population d'*H. avenae* d'Oued Smar a révélé que Bidi 17 est un excellent hôte pour ce nématode.

La réalisation d'autres essais sur la capacité d'hôte de plusieurs variétés de céréales à l'égard de populations issues de différentes régions céréalières s'impose afin de mieux connaître la virulence de chaque population et le comportement de chaque variété étudiée.

Ces données pourrait constituer des éléments de base pour mieux protéger les ode d'origine géographique diverse afin de se fixer sur leur comportement pour leur utilisation éventuelle dans un système de rotation qui permette de réduire les degrés d'infestation des parcelles céréalières.

Les résultats obtenus dans cette étude s'appliquent uniquement pour les zones qui appartiennent au même étage bioclimatique que celui d'Oued Smar, à savoir sub-humide.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- 1- Abbas D., 1994- دراسة حالة الإصابة ببعض القطع الأرضية للحبوب (Heteroderidae : Nematoda) ب *Heterodera avenae* (Heteroderidae : Nematoda) فى منطقة جندل
محاولة دراسة سلوك ثلاثة اصناف من القمح اللين تجاه هذا النوع
رسالة مهندس دولة بالمعهد الوطنى للفلاحة بالحرش ص 79
- 2- 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 Nemat., V. 12, N°2, pp. 117-129.
- 3-Andersen S., 1982- Differences in reaction between barley cultivars toward *Heterodera avenae*. Vaxtskyddantier, V. 51, N°4, pp. 106-109.
- 4-Andersen S. et Andersen K., 1982- Suggestions of determination and terminology of pathotypes and gene of resistance in cyst-forming nematodes, especially *Heterodera avenae*. Bull.OEPP, V.12, N°4, pp. 379-386.
- 5-Andersson S., 1968- Variation in infection ability of *Heterodera avenae* Rev. Nematologica, E. J. Bill, Leiden, V.11, pp.121-124.
- 6-Andersson S., 1982- Population dynamics and control of *Heterodera avenae*- a review with some original results. Bull. OEPP, 12, pp. 473- 475.
- 7-Azizi F., 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. Agro., El Harrach, 70 p.
- 8-Baldwin J.G. et Mundo Ocampo M., 1991- *Heteroderinae*, Cyst and non cyst forming nematodes, Manuel of agricultural nematology, Marcel Dekker, INC, New York, pp. 275-362.

- 9-Banyer R. G. et Fisher J. M., 1971 a - Méthodes culturales et variétés résistantes.**
Ed. A.C.T.A, nématode des cultures, Paris, pp. 538-579.
- 10-Banyer R. G. et Fisher J. M., 1971 b-** Effect of temperature on hatching of eggs of *Heterodera avenae*.
Rev. Nematologica, V.17, Leiden, pp. 519-534.
- 11-Banyer R. G. et Fisher J. M., 1971 c –** Sasonal variation in hatching of eggs of *Heterodera avenae*.
Rev. Nematologica, V.17, Leiden ,pp.225-236.
- 12-Banyer R.G. et Fisher J. M., 1980-** Mechanisms controlling hatching of eggs of *Heterodera avenae*.
Rev. Nematologica, V.26, Leiden, pp.380-395.
- 13-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.
- 14-Benkherouf R., 1996-** *Etude de l'état d'infestation de quelques parcelles par Heterodera avenae dans la station de l'ITGC de Oued Smar et de Ain Defla, de la biologie et de la virulence de ce parasite.*
Thèse Ing. Agro., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 68 p.
- 15-Bennoui O., 1996-** *Contribution à une étude morphologique et biologique de quelques espèces de nématodes à kystes inféodés aux grandes cultures dans la région de Sétif.*
Thèse Ing. Agro., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 70 p.
- 16-Bhatti M. A. et Molhan M., 1982-** *Problems and progress of plant nematology in the Punjab region of Pakistan eds Advances in plant nematology.*
Proc. Inter.Workshop on plant nemato., pp. 241-246.

- 17-Brown R. H., Callow R. K., Rayner J. H., Green C. D., Jones F.G.W., Shepherd A.M. et Williams T.D., 1971-** The structure composition an origin of sub-cristalline layer in some species of the genus (*Heterodera*).
Rev. Nematologica, V.17, Leiden, pp. 591-599.
- 18- Brown R. H. et Hellis M., 1976-** Breeding for resistance to cereal cyst nematode in wheat. *Euphytica*, 25, pp.73-82.
- 19-Brown R. H., Pye D. L. et Stratford 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.
- 20-Castelman G. H. Fergusson M.W. et Brown R.H., 1986 –** A triticales with a source of resistance to *Heterodera avenae*
Australian Plant Nematol., V.15, N°2, pp.44-45.
- 21-Caubel G. et Rivoal R., 1972-** Observations sur les attaques de deux nématodes nuisibles au maïs, en 1971.
Rev. Phytoma, Déf. des cult., N°239, pp.39- 92.
- 22-Caubel G. et Rivoal R., 1977-** Evaluation de l'action des pesticides sur divers nématodes en culture de maïs.
Rev. Scien. Agro., N°180, Renne, pp.33- 49.
- 23-Caubel G., Person-Dedryver F. et Rivoal R., 1980-** Les nématodes dans les rotations céréalières. *Persp. Agric.*, N° 36, Paris, pp.31- 48.
- 24-Cayrol J.C., 1975-** Comment se maintenaient les nématodes dans le sol ?
Rev. P.H.M., N°155, pp. 31-35.
- 25-Cayrol J.C., Velasques-Dominguez M. et Levieux P., 1982-** Etude préliminaire sur les possibilités d'utilisation des champignons parasites comme agent de lutte biologique. *Bull.OEPP*, V.12, N°4, pp. 497-503.

- 26-Choppin De Janvry E., 1971-** *Les nématodes des céréales. In : Les nématodes des cultures.* Ed. A.C.T.A., Paris, pp. 273-291.
- 27-Clamot G. et Rivoal R., 1984-** Genetic resistance to cereal cyst nematode *Heterodera avenae* Woll. In wild oat *Avenae sterilis*.
Euphytica, N°33, pp. 27-32.
- 28-Clamot G., 1985-** Amélioration de la résistance de l'avoine au nématode à kystes des (*Heterodera avenae* Woll.) et au nématode des tiges (*Ditylenchus dipsaci* Kuhn Fil.) en Belgique.
C.R., Acad. agric. France, Paris, T.71, pp.751-760.
- 29-Cook R., 1982-**Cereal and grass hosts of some graminous cyst nematodes.
Bull.OEPP., V.12, N°4, pp.399- 411.
- 30- Cook R. et Evans K., 1987-** Resistance and tolerance
Academic Press, London, pp.179-231.
- 31- Cook R. et Rivoal R., 1997-** *Genetics of resistance and parasitism* In: Sharma, S.B., Ed the cyst nematodes. London,UK,chapman et Hall, pp.322-352.
- 32-Dahou N., 1998-** *Bioécologie de quelques populations de nématodes à kystes des céréales du genre Heterodera. Essai de compétition entre deux espèces Heterodera avenae et Heterodera latipons sur blé dur Bidi 17.*
Thèse Ing. Agro., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 103 p.
- 33-De Guiran G., 1983-** *Les ennemis invisibles. Les nématodes.*
Ed. La littorale S.A., Béziers, 42 p.
- 34-Delibes A., Romero D., Aguaded S., Duce A., Mena M., Lopez-Brana I., Andres M.F., Martin- Sanchez J.A. et Gacia-Olmedo F., 1993-** Resistance to the cereal cyst-nematode (*Heterodera avenae* Woll.) transferred from the wild grass *Aegilopos ventricosa* to hexploid wheat by stepping stone procedure. *Theor. appli.Genet.*, N°87, pp.402-408.

- 35-Djadi F., 1995-** *Contribution à l'état de la biologie d'Heterodera avenae (Nematoda-Heteroderidae)*. Essai de comportement de quelques variétés de blé vis-à-vis de cette espèce.
Thèse Ing. Agro., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 75 p.
- 36-Dosba F. et Rivoal R., 1981-** Les lignées d'addition blé-*Aeglipos ventricosa* Taush. II. Etude de leur comportement et de celui de leurs progénitures vis-à-vis d'*Heterodera avenae* Woll. *Agronomie*, N°1, pp. 559-564.
- 37-Doussinault G. et Person-Dedryver E., 1988-** Utilisation de la lutte génétique contre le nématode à kyste *Heterodera avenae* Woll. : programme de sélection et perspectives.
Deuxième Conf. Maladie des plantes, Bordeaux, pp.445-451.
- 38-Esmenjaud D., Marzin H. et Rivoal R., 1987-** Fortes attaques du nématode *Heterodera avenae* sur le blé dur dans le Lauragais.
Rev. Phytoma, Déf. des cultures, N°390, Paris, pp. 25-27.
- 39-Ferhaoui S., 1993-** *Contribution à l'étude de la biologie 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, 102 p.
- 40-Fushtey S.G. et Johnson P.W., 1966-** The biology of the oat cyst nematode *Heterodera avenae* in Canada. Effet of temperture on te hability of cyst and emergence of larve. *Rev. Nematologica*, V.12, Leiden, pp. 313-320.
- 41-Ghebalou O., 1993-** *Contribution à l'étude de l'influence de la température et des exsudats racinaires sur l'éclosion des kystes du nématode des céréales Heterodera avenae (Nematoda, Heteroderida)*.
Thèse Ing. Agro., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 70 p.
- 42-Greco N. et Brandonisio A., 1987-** Investigation on *Heterodera avenae* in Italy.
Rev. Nematol. Medit. N°15. Bari, pp. 225-234.

- 43-Haddadi F., 1997-** *Contribution à l'étude bio-écologique du nématode à kyste des céréales *Heterodera avenae* Woll., 1924 (Nématode-Heterodera) et la virulence de deux populations de ce parasite.*
Thèse Magister, Inst. Nat. Agro., El Harrach, 194 p.
- 44- Hamroun W., 2004 –** Distribution des nématodes à kystes (*Heterodera*) des céréales en Algérie.
Ann., IIème Jour. Protec. Végétaux, Inst. Nat. Agro., El Harrach, 59 p.
- 45-Harrouche F., 1998-** *Aperçu sur l'état d'infestation de quelques parcelles de céréales par *Heterodera avenae* dans la région de Staoueli : Morphométrie et systématique de quelques populations du genre *Heterodera*.*
Thèse Ing. Agro., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 81 p.
- 46-Hellal N., 1994-** *Observation 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. Agro., El Harrach, 56 p.
- 47- Ibrahim A. A. M., Al-Azmi A. S., Al-Yaya F. A. et Alderfasi A. A., 1999-** Damaje poential and reproduction of *Heterodera avenae* on wheat and barley Unde Saudi field conditions. *Rev. Nematology* (1) : 625-630.
- 48-Ireholm A., Cook R. and Rivoal R., 1997-** Characterization of pathotype of cereal cyst nematodes, *Heterodera* spp in Sweden. *Rev. Nematologica* .E.T.Brill, Leiden,V.40, N°3, 399-411.
- 49-Jones F.M. , 1982-** *The sol plant environnement nematodes.*
Ed. Southey, London, pp. 64-82.
- 50-Kada N., 1999-** *Contribution à l'étude de l'état d'infestation de quelques parcelles par les nématodes à kystes des céréales dans deux régions (Dar El Beida et Tiaret)*
Thèse Ing. Agro., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 79 p.

- 51-Kerry B. R., 1980-** Parasitic soil moisture and multiplication of the cereal cyst nematode, *Heterodera avenae*. *Rev. Nematologica*, V.26, Leiden, pp.57-68.
- 52-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.
- 53-Kerry B.R., 1988-** Two micro-organisms for the biological control of plant parasitic nematodes Pests and Diseases, *Crop Prot.Conf.*, pp. 603- 607.
- 54-Labdelli F., 1995-** *Etude du nématode à kyste des céréales Heterodera avenae (Nematoda- Heterodera) répartition dans la wilaya de Tiaret (Algérie). Test de comportement variétal sur céréales locales et étrangères.*
Thèse Magister, Inst. Nat. Agro., El Harrach, 97 p.
- 55-Lacombe J.P. et Garcin C., 1988-** Résultats récents obtenus avec l'aldicarb contre nématodes sur céréales à paille.
Deuxième Conf. sur les Maladies de Plantes, Bordeaux, pp.437-444.
- 56-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.
- 57-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.
- 58-Lili Z., Duchesne J., Nicolas H. et Rivoal R., 1991-** Détection infrarouge thermique des maladies du blé d'hiver. *Bull. EPPO*, 21: 659-672.
- 59-Lounis D., 1992-** *Etude préliminaire de la biologie du nématode des céréales Heterodera avenae (Nematoda, Heteroderidae) dans la région de Ain Defla.*
Thèse Ing. Agro., Inst. Nat. Agro., Ens. Sup. Agro. ,Chlef, 51p.

60-Meagher J.W., 1970 – Seasonal fluctuations 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.

61-Meagher J.W., 1974- *The biology of the cereal cyst nematode (Heterodera avenae) 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.

62-Meagher J.W., 1982- The effect of environment on survival and hatching of *Heterodera avenae*.

Bull .OEPP., V.12, N°4, pp.361-369.

63-Meddas K., 1993- *Contribution à l'étude de la distribution verticale d'Heterodera avenae dans la région de Djendel*. Thèse Ing. Agro., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 41p.

64-Mehenni A., 1996- *Etude du cycle d'éclosion d'une population d'Heterodera avenae (Nematoda, Heteroderidae) dans les conditions naturelles. Essai de comportement de 6 variétés de blé dur vis-à-vis d'une population de ce parasite*.

Thèse Ing. Agro., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 70 p.

65- 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.

66-Messaoud S., 1999- *Contribution à l'étude de cycle d'éclosion de cinq populations de nématodes du genre Heterodera. Essai de comportement d'une variété de blé dur Bidi 17 vis-à-vis d'une population d'Heterodera*.

Thèse Ing. Agro., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 63 p.

- 67-Meziane K., 1996-** *Essai du comportement de six variétés de blé dur vis-à-vis d'une population d'*H. avenae* (Nematoda, Heteroderidae).*
Thèse Ing. Agro., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 78 p.
- 68- Miller L.I., 1986-** Economic importance of cyst nematodes in North America. In : Cyst nematodes. *Plenum Publishing Corp.*, New-York, pp. 373-386.
- 69- 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.
- 70-Mohamed Meziani G., 1996-** *Etude du cycle d'éclosion 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 populations de deux régions différentes.*
Thèse Ing. Agro., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 73 p.
- 71-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.
- 72-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.
- 73-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.
- 74-Mor M., Cohn E. et Spiegel Y., 1992-** Phenology, pathogenicity and pathotypes of cereal cyst-Nematodes *Heterodera avenae* and *Heterodera latipons* in Israël. *Rev. Nematologica*, V.38, Leiden, pp.335-343.

- 75-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.
- 76-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, N°1, Texas, 59 p.
- 77-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.
- 78-Nakachian J.M. et Jacquemont R., 1971-** *L'analyse nématologique in nématodes des cultures*. Ed. A.C.T.A., Paris, pp.759-792
- 79-Naoui A., 1999-** *Etude de la biologie des deux nématodes à kystes des céréales Heterodera avenae et Heterodera latipons (Nematoda, Heteroderidae) dans quelques régions céréalières d'Algérie*.
Thèse Ing. Agro., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 82 p.
- 80-Nicolas H., Rivoal R., Duchesne J. et Lili Z., 1991-** Detection of *Heterodera avenae* in infestation on winter wheat by radiother mometry. *Rev. Nematolo.*, 14 :285-290.
- 81-Nobbs J.M., 1989-** Identification of *Heterodera* and *Globodera* CAB, *Inter.Parsito.*, *Fourth inter trining course on the identification of plant parasitic nematodes of economie importante*, 13p.
- 82-O'Brien P.C., Fisher J.M. et Rathjen A.J., 1980-** Inheritance of resistance in two wheat cultivars to an Australian population of *Heterodera avenae*.
Rev.Nematologica, N°26, Leiden, pp. 69-74.

- 83- O'Brien P.C., 1983-** A further study the host rang of *Pratylenchus thornei*.
Austral. Plant. Pathol., 12: 1-3.
- 84- Ouanighi H., 2004 –** *Aperçu sur l'état d'infestation de quelques parcelles de céréales par le nématodes à kyste (Heterodera). Capacités d'hôtes de trois variétés d'orge locale vis-à-vis d'Heterodera latipons.*
Thèse Magister, Inst. Nat. Agro., El Harrach, 98 p.
- 85-Person-Dedryver F. et Doussinault G., 1978-** Influence de la température et des caractères races d'*Heterodera avenae* Woll. Sur la validité d'un test en conditions contrôlées, utilisable en sélection des céréales.
Ann. Amélior. Pantes, V. 28, N°25, pp. 513-527.
- 86-Person-Dedryver F., 1982-** Interaction génétique entre pathotypes français d'*Heterodera avenae* Woll. et variétés d'orge. I- Aspect variétal.
Rev. Agronomie, V.4, N°8, Paris, pp. 763-771.
- 87-Person-Dedryver F., 1989-** *Les nématodes. In : ennemis et maladies des prairies.*
Ed. INRA, France, pp.172-177.
- 88-Reddy P.P., 1983-** Plant nématology.
Agric.Publis. Acad., India, 287p.
- 89-Remini N., 1997-** *Etude préliminaire sur le nématode à kyste des céréales Heterodera latipons dans la région de Béjaïa. Cycles d'éclosion de quelques populations du genre Heterodera.*
Thèse Ing. Agro., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 76p.
- 90-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.464-481
- 91-Ritter M., 1965 b-** *Relation hôte-parasite chez les nématodes phytophages.*
In traité de Zoologie. Ed. Masson et Cie., T.IV, Fasc. II, Paris, pp.482-501.

- 92-Ritter M., 1971-** *Les nématodes et l'agriculture. In : Les nématodes des cultures.*
Ed. A.C.T.A, Paris, pp. 9-65.
- 93-Rivoal R., 1973-** Etude de la nuisibilité du nématode à kyste des racines des céréales (*Heterodera avenae* Woll., 1924) en France et des causes de sa variabilité.
Acad. Agric., C.R., T.12, pp. 959-970.
- 94-Rivoal R., 1975 –** 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.*
- 95-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 spp.*
Ann. Amélior. Plantes, V.28, N°4, pp.371-394.
- 96-Rivoal R., Caubel G. et Person F., 1980-** Les nématodes dans les assolements céréaliers
Rev. Phytoma, Déf. des cultures, pp.26-29.
- 97-Rivoal R., Caubel G. et Thin F., 1981-** Effets des carbamates systémiques sur les nématodes en cultures céréalières.
Med. Fac. Landbouw.Rijksuniv., V.4, N°2, Gent, pp.659-670.
- 98-Rivoal R. et Besse T., 1982-** le nématode à kyste des céréales.
Persp. Agric., N°63, pp. 38-43.
- 99-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.

- 100-Rivoal R., 1983-** Biologie d'*Heterodera avenae* Wollenweber en France. III. Evolution des diapauses des races Fr1 et Fr4 au cours de plusieurs années consécutives : Influence de la température.
Rev. Nématol., V.6, N°2, pp.157-164.
- 101-Rivoal R. et Sarr E., 1983-** Considération sur l'emploi éventuel de nématodes endotherapiques ou à action de contact, appliqués à faibles doses pour lutter contre le nématode à kyste des céréales *Heterodera avenae*, en France.
Rev. Phytatrie-Phytopharm, N°32, pp.177-186.
- 102-Rivoal R., Person-Dedryver F. et Caubel G., 1983-** Possibilités de lutte contre les nématodes. *Rev. Phytoma, Déf. des cultures*, pp.11-13.
- 103-Rivoal R. et Person-Dedryver F., 1984-** Sélection et utilisation des variétés résistantes.
Rev. cultivar, N°144, pp.51-53.
- 104-Rivoal R., Person-Dedryver F. et Doussinault G., 1985-** Polymorphisme chez le nématode à kyste des céréales *Heterodera avenae* Wollen. Conséquences sur la nuisibilité et sur la sélection des variétés résistantes en France.
C.R. Acad., T.71, Paris, pp.741-749.
- 105-Rivoal R., 1986 a-** Biology of *Heterodera avenae* Wollenweber in France. IV. Comparative study of the hatching cycles of two ecotypes after their transfer to different climatic conditions.
Rev. nématol., V. 9, N°4, pp. 405-410.
- 106-Rivoal R., 1986 b-** Nuisibilité du nématode à kyste *Heterodera avenae* et perspectives de lutte. In : les rotations céréalières intensives. Dix années d'études concentrées
Journ. Etudes, INRA., pp. 203-212.
- 107-Rivoal R., 1986 c-** Nématodes: influence d'*Heterodera avenae*.
Agromaïs, n°46, pp.18-20.

- 108-Rivoal R., 1987-** Cycle biologique des nématodes à kystes (*Heterodera*)
INRA, Rennes, 1p.
- 109-Rivoal R. et Sarr E., 1987-** Field experiments on *Heterodera avenae* in France and implication for winter wheat performance.
Rev. Nématologica, N°33, Leiden, pp.460-479.
- 110-Rivoal R., 1988-** Résistance des céréales au développement d'*Heterodera avenae* :
Etat des recherches et perspectives d'utilisation.
Deuxième conf. inter. sur les maladies des plantes, T.I, France, pp.453-463.
- 111-Rivoal R., Doussinault G. et Hulle M., 1990-** Influence of *Heterodera avenae* on winter Wheat in France : experiments with resistant and susceptible varieties.
Ann. Appl. Biol., N°116, Grande Bretagne, pp.537-548.
- 112-Rivoal R. Lasserre F. et Doussinault G., 1991-** Estimation of resistance and tolerance to *Heterodera avenae* in Wheat by miniature tests.
Symposium inter. phytopharm. phytol., n°43, Gent, pp.123-124.
- 113-Rivoal R. et Cook R., 1993-** Nematode pests of cereals.
Plant parasit. Nematol. In Temperate Agric., CAB Intern., pp.259-303.
- 114-Rivoal R., Bekal S., Valette S., Gauthier J.P. , Bel Hadj Fradj M., Mokabli A., Josef J., Nicol J., Yahyaoui A., 2001-** Variation in reproductive capacity and virulence on different genotypes and resistance genes of triticeae, in the cereal cyst nematode species complex.
Rev. Nematology, vol.3 (6), pp.581-592.
- 115-Romero D., 1982-** Nuevos datos sobre la morfología de *Heterodera avenae* en España.
Rev. Nematol. Medit., N°18, pp.145-149.
- 116-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., nematode Specifico de los cereales en Espana. In :
Los recursos filogeneticos y las nuevas Variedades vegetales : sa impacto
en el sector agrario.

ITEA, V. extra, N°2, Espagne, pp.333-347.

117-Sahnoun S. et Nouar S., 1997- *Etude morphométrique et systématique de quelques espèces de nématodes à kystes des céréales.*

Thèse Ing. Agro., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 70 p.

118- Sanchez A. et Zancada M.C., 1987- Characterisation of *Heterodera avenae* pathotypes from Spain. *Rev. Nematologica*, V.33, Leiden, pp.55-60.

119-Saur L. et Rivoal R., 1979- Contribution à l'étude de l'hérédité de la résistance de l'avoine cultivée cv. Nelson au développement d'*Heterodera avenae* Woll.

Ann. Amélio. des plantes, V. 29, pp. 463-469.

120-Saur L., Caubel G. et Rivoal R., 1986- La sélection d'avoines résistantes à *Heterodera avenae* et *Ditylencus dipsaci*. In : Les rotations céréalières intensives. Dix années d'études concentrées.

Journ. Eudes, Inst. Nat. Rec. Agro., pp.213-225.

121-Schneider J., 1965- Le nématode des racines des céréales.

Rev. Phytoma, Déf. Des cultures, pp.17-22.

122-Scotto La Massese C. et Lamberti F., 1975- Aperçu sur les problèmes posés par les nématodes phytoparasites en Algérie.

Journ. D'étude et d'inform, Versailles, pp.83-109.

123-Shepherd A.M., Clark S.A. et Dart P.J., 1972- Cuticule structure in the genus *Heterodera*. *Rev. Nematologica*, V.18, Leiden, pp.1-17.

124-Shepherd A.M., Clark S.A. et Kempton A., 1973- Spermatogenesis and sperm ultra structure in some cyst-nematode *Heterodera ssp*

Rev.Nematologica,V.19, Leiden, pp.551-560.

- 125-Sikora R.A., 1987-** Plant parasitic nematodes of wheat and barley in temperate semi-arid region a comparative analysis. In "Nematodes parasitic to cereal and legumes in temperate semi-arid regions."
Aleppo, pp.46-68.
- 126-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.
- 127-Slimi B., 2001-** *Biologie et étude de l'influence de quelques facteurs édaphiques sur Heterodera avenae (Nematoda-Heteroderidae) dans quelques régions céréalières.*
Thèse Ing. Agro., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 63 p.
- 128-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, 170 p.
- 129-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.
- 130- Soltner D., 1990 –** *Les grandes productions végétales.*
Ed. Coll., Sci. tech. agric., 464 p.
- 131-Sosa Moss C., 1966-** *Contribution à l'étude d'un nématode phytoparasite Heterodera avenae Wollenweber.* Thèse PhD, Doc. Scien. Natur., Fac. Scien., France, 150 p.
- 132-Stanton J. M. et Fisher J. M., 1988-** Factors of early growth associated with tolerance of wheat to *Heterodera avenae*. *Rev. Nematologica*, V. 34, pp.188-197.

- 133-Stone A. R., 1977-** Recent developpements and some problems in the taxonomy of *Heterodera*. *Rev. Nematologica*, V. 23, Leiden, pp. 273 -288.
- 134- Stone A. R. et Hill A. J., 1982-** Some problems posed by the *Heterodera avenae* complex. *Bull.OEPP*, V. 12, N°4, pp. 317-320.
- 135-Sturhan D., 1982-** Distribution of cereals and rass cyst Nematodes in te Federal Republic Germany. *Bull. OEPP* ,12 (4), pp. 321-324.
- 136-Taieb D., 1993-** *Contribution à l'étude de la distribution géographique du nématode des céréales Heterodera avenae (Nematoda, Heteroderidae) dans la région de Ain Defla.* Thèse Ing. Agro., ENS, Blida, 51 p.
- 137-Taylor A. L., 1968-** *Introduction à la recherche sur les nématodes phytoparasites.* Manuel F.A.O., Rome, 135 p.
- 138- Vacher C., 1994-** Essais de lutte chimique dans le Sud Ouest. *Persp. Agric.*,N°190, pp.91-93.
- 139-Vadeolivas A., Romero M.D. et Muniz M., 1991-** Effect of temperature on juvenile emergence of Spanish populations of *Heterodera avenae*. *Rev. Nematol. Medit.*, N°19, pp. 37-40.
- 140-Valocka B., Sabova M. et Liskova M., 1994-** Response of some winter wheat and spring Barly cultivars to *Heterodera avenae* pathotype Ha 12. *Rev. Helminthologica*, N°31, pp.155-158.
- 141-Volvas N., 1985-** Morphology and histopathology of the cereal cyst-nematode, *Heterodera avenae* Woll., attacking wheat,oats and barly in Italy. *Rev. Nematol. Medit.*, V.13,pp.87-96.
- 142-Wilhelm N. S., Fisher J. M. et Graham R. D., 1985-** the effect of manganese deficiency and cereal cyst nematode infection on the growth of barley. *Plant and Soil*, Pays-Bas,pp. 23-32.

- 143-Williams T. D. et Siddiqi M.R., 1972-** *Heterodera avenae*. Description of plant parasitic nematodes. *Common weat Agric. Bureaux*, Set.1, N°2, Londres, 4p.
- 144-Wouts W.M., 1972-** A revision of the family *Heteroderidae* (Nematoda, Tylenchoidea).
I-The family *Heteroderidae* and its subfamilies.
Rev. Nematologica, V.18, Leiden, pp.439-446.
- 145-Wouts W.M., 1985-** Phylogenetic classification of the family *Heteroderidae* (Nematoda, Tylenchida).
Systematic Parasitology, V.7, Pays-Bas, pp. 295-328.
- 146-Zancada M.C. et Sanchez A., 1989-** Effect of temperature on juvenile emergence of *Heterodera avenae* spanish pathotypes Ha 81 and Ha 22.
Rev. Nematologica, V.34, Leiden, pp.218-225.

Autres références bibliographiques

1- Agence Algérienne d'Information, 2004- Actualités / Céréales.

WWW@ yahoo. fr

2-Anonyme, 1970- Laboratory methods for work with plant and soil nematodes.

Technica. Bulletin 2. Edited by J.F. Southey, London, 148 p.

3-Institut Technique des Grandes Cultures, S.D- Les principales variétés des céréales en Algérie : Caractérisations variétales.

Docu. I.T.G.C., El Harrach, Alger, pp. 1-134.

4- Institut Technique des Grandes Cultures, 2001 - Statistiques agricoles 2001.

Docu. I.T.G.C., El Harrach, Alger, 25 p.

5- Institut Technique des Grandes Cultures, 2003- Statistiques agricoles 2003.

Docu. I.T.G.C., El Harrach, Alger, 10 p.

6-Ministère de l'agriculture et du développement rural, 2001- l'agriculture par les chiffres. *Docu. M.A.D.R, D.S.A.S.I., 6 p.*

7-Ministère de l'agriculture et du développement rural, 2003- Statistiques agricoles 2003.

Docu., M.A.D.R, D.S.A.S.I., 36 p.

Annexes

Annexe : 1

Tableau 1 : Evolution des superficies, productions et rendements céréaliers décennaux durant la période 1880/2002 et la campagne agricole 2002/2003.

Décennies et campagne agricoles	Superficies (Ha)	Productions (q)	Rendement (q/ha)
1880 -1889	2.722.930	14.766.238	5.36
1890-1899	2.743.940	15.461.775	5.59
1900 -1909	2.855.467	19.211.873	6.69
1910-1919	2.886.893	19.469.160	6.66
1920-1929	2.961.118	15.746.204	5.31
1930-1939	3.127.662	18.2668.072	5.82
1940-1949	2.721.012	13.843.897	5.01
1950-1959	3.223.319	20.862.507	6.41
1960-1969	2.693.103	15.913.513	5.79
1970-1979	2.966.012	18.454.856	6.26
1980-1989	2.669.210	19.819.612	7.29
1990-1999	2.537.720	24.127.365	9.1
1999-2000	1.056.860	09.318.180	8.82
2000-2001	2.401.810	26.575.340	11.1
2001-2002	1.844.460	19.514.100	10.6
2002-2003	2.900.000	42.700.00	14.6

(I.T. G.C, 2003)

Tableau 2 : Evolution de la production et du rendement durant la période 1990-2002 et résultats de la campagne 2002/2003.

Campagne	Production (q)	Rendement (q/ha)
1990-1991	38.074.880	11
1991-1992	33.279.320	9
1992-1993	14.517.720	7
1993-1994	8.268.350	7
1994-1995	21.380.000	8
1995-1996	49.000.000	13
1996-1997	8.692.210	8
1997-1998	30.250.000	8
1998-1999	20.200.000	11
1999-2000	9.318.180	9
Moyenne	23.434.466	10
2000-2001	26/575.340	11.1
2001-2002	19.514.100	10.6
2002-2003	42.700.000	14.6

(Ministère de l'agriculture, 2003)

Tableau 3 : Chronologie de la découverte d'*H. avenae* dans le monde

N°	Pays	Année	Découverte	Références
1	Allemagne	1874	Kuhn	Caubel et al,(1980), (1,2) Ritter, (1982), (1,2) Mulvey et Golden,(1983), (1,2) Meskine et Abbad, (1993), (1,2)
2	Hollande	1891	-	Sacristan et al, (1983), (1)
3	Danemark	-	-	Sacristan et al, (1983), (1)
4	Suisse	-	-	Sacristan et al, (1983), (1)
5	Suède	-	-	Sacristan et al, (1983), (1)
6	Angleterre	1908	Theobald	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 et al, (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 et Abbad,(1993), (1,2)
15	Espagne	-	Dominguez et arcia-Tejero	Ritter, (1982), (1,2)
16	France	1953	Ritter	Rivoal, (1973), (1,2) Caubel et al, (1980), (1,2)
17	Italie	-	Mezetti	Ritter, (1982), (1,2)
18	Japon	-	Ichinoe	Sacristan et al, (1983), (1)
19	Israël	-	Minz	Ritter, (1982), (1,2)
20	Palestine	-	-	Sacristan et al, (1983), (1)
21	Pérou	-	-	Sacristan et al, (1983), (1)
22	Inde	-	Prasad et al,	Reddy, (1983), (1,2) Sacristan et al, (1983), (1)
23	Algérie	1961	Sotto La Massesse	Sotto La Massesse, (1961), (1,2) Ritter, (1982), (1,2)
24	Portugal	1963	-	Sacristan et al, (1983), (1)
25	Bulgarie	1967	Stoyanov	Ritter, (1982), (1,2)
26	Nouvelle Zélande	1975	-	Sacristan et al, (1983), (1)
27	U.S.A	1978	Jensen et al.,	Ritter, (1982), (1,2) Miller, (1986), (1,2)
28	Iran	1980	Barootí	Al-Hazmi et al, (1994), (1,2)
29	Pakistan	1986	Maqbool	Al-Hazmi et al, (1994), (1,2)
30	Egypte	1991	Ibrahim et al.,	Al-Hazmi et al, (1994), (1,2)
31	Chine	1992	Mingzu et Jiakun	Mingzu et Jiakun, (1993), (1,2)
32	Arabie Saoudite	-	Al-Hazmi	Al-Hazmi et al, (1994), (1,2)
33	Belgique	-	-	
34	Liban	-	-	

Tableau 4 : Distribution des nématodes à kystes (*Heterodera*) en Algérie

Régions	<i>H. avenae</i>	<i>H. latipons</i>	Auteurs	Années
Djendel	+		Lounis D.	1992
Djendel	+		Taieb M.	1993
Djendel	+		Ferhaoui S.	1993
Boufarik	+		Azizi F.	1993
Birtouta	+			
Oued Smar	+			
Hadjout	+			
Baba Ali	+			
Mouzaïa	+			
Djendel	+			
Djendel	+		Ghebalou O.	1993
Birtouta	+			
Boufarik	+			
Oued Smar	+			
Djendel	+		Hellal N.	1994
Djendel	+		Abbas D.	1994
Tiaret	+		Labdelli F.	1995
Batna	+		Djadi F.	1995
Aïn Defla	+			
Sétif	+			
Baraki	+			
Sétif	+	+	Bennoui O.	1996
Tiaret	+		M^{ed} Meziani G.	1996
Birtouta	+		Mehenni A.	1996
Tissemsilt	+		Meziane K.	1996
Oued-Smar	+		Benkherouf R.	1996
Béjaïa	+	+	Remini N.	1997
Sidi Bel Abbès	+		Sahnoun S. & Nouar S.	1997
Aïn Defla	+			
Aïn Taya	+			
Sétif	+			
Oued-Smar	+			
Aïn Defla	+		Haddadi F.	1997
Batna				
Birtouta	+			
Sétif	+	+		
Tiaret	+			
Mostaganem	+		Dahou N.	1998
Oued Smar	+			
Boussaâda	+			
Sidi Bel Abbès	+			
Mascara	+	+		
Sétif	+	+		
Bouira	+			
Réghaïa	+			

Staoueli	+		Harrouche F.	1998
Tissemsilt	+		Smaha D.	1999
Aïn Defla	+			
Chlef	+			
Birtouta	+			
Tiaret	+			
Oued-Smar	+			
Dar El Beïda	+		Kada N.	1999
Guelma	+			
Dar El Beïda	+		Messaoud S.	1999
Guelma	+			
Tizi-Ouzou	+			
Dar El Beïda	+		Naoui A.	1999
Boumerdès	+			
Dély Ibrahim	+			
Staoueli	+			
Khemis Miliana	+			
Dély Ibrahim	+		Slimi B.	2001
Oued Smar	+			
Birtouta	+			
Djendel	+		Mokabli A.	2002
Birtouta	+			
Chlef	+			
Tiaret	+			
Tissemsilt	+			
Oued-Smar	+			
Bordj Ménaïel	+	+		
Sétif	+			
Sidi Bel Abbès	+			
Mascara	+	+		
Relizane	+	+		
Tizi Ouzou	+			
Dély Ibrahim	+			
Constantine	+			
Annaba	+			
Béjaïa	+	+		
Sétif	+	+	Ouanighi H.	2004
Dély Ibrahim	+			
Boumerdès	+	+		
Dar El Beïda		+		

INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE
Département de Zoologie Agricole et forestière

Laboratoire de nématologie

Dépistage du nématode à kyste *Heterodera sp* sur céréale

Fiche de prélèvement du sol

Wilaya.....

Daïra.....

Commune.....

Lieu-dit.....

Exploitant.....

Raison sociale de l'exploitant :

Nom et prénom de l'exploitant

Statut de la parcelle.....

Statut de la parcelle : EAC, EAI, privé ou public

Superficie totale de la parcelle.....

N° de la parcelle.....

N° de l'échantillon.....

Précédent cultural.....

Date de prélèvement.....

Tableau 14 : Mensurations des kystes de la population de Oued Smar

N° du kyste	Longueur (μm)	Largeur (μm)	forme	couleur
01	666	495		
02	674	378		
03	496	468		
04	720	576		
05	675	468		
06	621	502		
07	648	495		
08	747	612		
09	585	432		
10	720	540	Citriforme	Brun clair
11	720	522		
12	720	495		
13	675	495		
14	704	621		
15	630	531		
16	720	594		
17	744	459		
18	507	576		
19	711	585		
20	540	387		
Moyenne	661,05	511,65		

Tableau 15 : Mensurations des kystes de la population de Boumerdès

N° du kyste	Longueur (μm)	Largeur (μm)	forme	couleur
01	631	387		Brun clair
02	676	522		Brun clair
03	666	432		Brun clair
04	738	549		Brun foncé
05	738	486		Brun foncé
06	666	342		Brun foncé
07	756	459	Citriforme	Brun foncé
08	676	522		Brun clair
09	675	450		Brun foncé
10	594	405		Brun foncé
11	657	441		Brun foncé
12	729	513		Brun foncé
13	649	495		Brun foncé
14	630	441		Brun foncé
15	567	333		Brun clair
16	639	333		Brun clair
17	576	387		Brun clair
18	567	378		Brun foncé
19	567	387		Brun foncé
20	622	486		Brun foncé
Moyenne	650,95	437,40		

Tableau 16 : Mensurations des kystes de la population de Dely Brahim

N° du kyste	Longueur (μm)	Largeur (μm)	forme	couleur
01	513	450	Citriforme	Brun foncé
02	585	504	Citriforme	Brun foncé
03	567	477	Citriforme	Brun foncé
04	602	450	Citriforme	Brun foncé
05	639	431	Allongée	Brun foncé
06	522	450	Citriforme	Brun foncé
07	495	460	Citriforme	Brun foncé
08	522	504	Citriforme	Brun foncé
09	540	423	Citriforme	Brun foncé
10	675	558	Globuleuse	Brun foncé
11	630	514	Globuleuse	Brun foncé
12	675	567	Citriforme	Brun clair
13	810	431	Citriforme	Brun clair
14	684	567	Allongée	Brun clair
15	820	549	Citriforme	Brun clair
16	720	541	Citriforme	Brun clair
17	540	315	Citriforme	Brun clair
18	630	431	Citriforme	Brun clair
19	648	521	Citriforme	Brun clair
20	602	415	Citriforme	Brun clair
Moyenne	620,95	477,9		

Tableau 17 : Mensurations des kystes de la population de Dar El Beida

N° du kyste	Longueur (μm)	Largeur (μm)	forme	couleur
01	666	450		
02	432	351		
03	477	360		
04	468	369		
05	441	306		
06	558	432		
07	396	288	Citriforme	Brun clair
08	495	342		
09	414	342		
10	450	342		
11	486	333		
12	414	297		
13	441	315		
14	432	306		
15	495	333		
16	423	315		
17	423	297		
18	378	261		
19	468	396		
20	351	252		
Moyenne	455,4	334,35		

Tablau 18 : Mensurations des kystes de la population de Birtouta

N° du kyste	Longueur (μm)	Largeur (μm)	forme	couleur
01	720	400	Citriforme	Brun clair
02	780	400	Citriforme	Brun clair
03	580	290	Allongée	Brun clair
04	760	350	Allongée	Brun clair
05	740	550	Allongée	Brun foncé
06	820	490	Allongée	Brun foncé
07	820	590	Allongée	Brun foncé
08	970	550	Allongée	Brun foncé
09	900	500	Allongée	Brun foncé
10	910	470	Allongée	Brun foncé
11	900	450	Allongée	Brun foncé
12	800	450	Allongée	Brun foncé
13	860	640	Allongée	Brun foncé
14	730	510	Citriforme	Brun foncé
15	750	400	Allongée	Brun foncé
16	840	530	Citriforme	Brun foncé
17	470	250	Allongée	Brun clair
18	930	560	Allongée	Brun foncé
19	900	410	Allongée	Brun foncé
20	620	460	Citriforme	Brun foncé
Moyenne	790	462,5		

Annexe : 2

Tableau 23 : Nombre de larves écloses des populations d'*H. avenae* d'origine géographique diverse en fonction de la température du sol (1995-1996)

Mois	T°C	Oued Smar	Tiaret	Aïn Defla
Sept.	26,72	0	0	0
Oct.	22,72	0	0	0
Nov.	18,46	0	0	0,09
Déc.	14,61	0	11,66	1,81
Jan	15,53	0	11,91	18,72
Fév.	13	26	18,33	26,18
Mars	15,18	51,1	14,83	19,8
Avril	19,44	3,41	4,58	3
Mai	21,40	0	0,83	0
Juin	26,92	0	0	0

Tableau 24 : Nombre de larves écloses des populations d'*H. avenae* d'origine géographique diverse en fonction de la température du sol (1996-1997)

Mois	T°C	Oued Smar	Tiaret	Aïn Defla	Béjaïa
Sept	17,87	0	0	0	0
Oct.	21,52	0	0,33	0	0
Nov.	17,87	0	0,16	0,08	0
Déc.	13,91	0,16	2,08	6,41	0
Jan.	12,31	1,66	6,25	10,75	0
Fév.	13,51	4,5	0	9,43	0
Mars	16,36	0,5	0	0,66	1,25
Avril	19,78	0	0	0	0,08
Mai	21,40	0	0	0	0

Tableau 25 : Nombre de larves écloses des populations d'*H. avenae* d'origine géographique diverse en fonction de la température du sol (1997-1998)

Mois	T°C	Oued Smar	Tiaret	Aïn Defla	Béjaïa	Mostaganem
Sept	28,29	0	0	0	0	0
Oct.	22,5	0	3,63	1,08	0	7,92
Nov.	18,72	0	1,29	0,46	0	4,29
Déc.	14,43	0	1,37	0,33	0	6,25
Jan.	12,7	0	9,25	4,58	0	20,25
Fév.	13,48	0,58	2,38	7,66	10,04	13,16
Mars	15,87	0	1,33	2,46	2,5	10,13
Avril	17,87	0,33	1,36	0,66	4,34	1,04
Mai	20,8	0	0	0	0	0

Tableau 26 : Nombre de larves écloses des populations d'*H. avenae* d'origine géographique diverse en fonction de la température du sol (1998-1999)

Mois	T°C	Oued Smar	Tiaret	Aïn Defla	Béjaïa	Mostaganem
Nov.	17,64	0,08	0,92	0	1,08	0,33
Déc.	12,66	0,33	0	0,58	0	0
Jan.	11,95	0	0	0	0,33	0
Fév.	10,34	0	0,16	0	0	0,33
Mars	13,91	0	0	0,08	0,33	0
Avril	18,39	0	0	0	0	0
Mai		0	0	0	0	0

Tableau 27 : Nombre de larves écloses des populations d'*H. avenae* d'origine géographique diverse en fonction de la température du sol (1999-2000)

Mois	T°C	Oued Smar	Tiaret	Aïn Defla	Béjaïa	Mostaganem
Nov.	16,99	0	0	0	0,29	0
Déc.	12,69	0	0	0,08	0,08	0,08
Jan.	9,4	0	0	0,08	0	0
Fév.	10,9	0	0	0	0	0
Mars	14,3	0	0	0	0,02	0
Avril	18,9	0	0	0	0	0
Mai	24,3	0	0	0	0	0

Fiches techniques des variétés de blé dur expérimentées

Variété: Mohamed Ben Bachir

Variété : Mohamed Ben Bachir

Pedigree : Sélection dans la population locale Ben Bachir, *Triticum durum*

Origine : Station centrale d'amélioration des plantes de grandes cultures en 1931.

Caractéristiques morphologiques

Epi : court, compact, roux à barbes noires

Paille : haute, creuse

Grain : clair ambré et de calibre moyen

Caractéristiques culturales

Cycles végétatif : tardif

Tallage : moyen

Comportement à l'égard des maladies

- sensible aux rouilles noire et brune
- assez sensible à la fusariose et à la septoriose
- tolérante à la rouille jaune

Caractéristiques technologiques

- assez résistante à la moucheture
- résistante au mitadinage
- PMG : élevé
- Qualité semoulier : bonne

Productivité

- Moyenne

Zone d'adaptation

- Hauts plateaux

Conseil de culture

- tolérante à la sécheresse
- sensible à la verse
- a semer de la mi-octobre à la mi-novembre

Variété : Hedba 3

Variété : HEDBA 3

Origine : Sélection dans la population locale 1921

Caractéristiques morphologiques

Epi : blanc, long, compact à barbes longues et noires

Paille : haute, creuse

Grain : ambré clair, allongé

Caractéristiques culturales

Cycle végétatif : tardif

Tallage : moyen

Comportement à l'égard des maladies

- sensible aux rouilles jaune, noire et brune, à la septoriose et à l'oïdium

Caractéristiques technologiques

- Résistante au mitadinage
- Assez résistante à la moucheture
- PMG : moyen
- Qualité semoulier : assez bonne

Productivité

- Moyenne

Zone d'adaptation

- Hauts plateaux, plaines intérieures

Conseil de culture

- Tolérante au froid et sensible à la sécheresse
- Sensible à la verse
- A semer de le mi-octobre à la mi-novembre

Variété : Oued Zenati

Variété : Oued Zenati

Pedigrée : sélection dans la population locale Bidi 17 *Triticum durum* leucomelan

Origine : station de Guelma 1936 H

Caractéristiques morphologiques

Epi : blanc, compact à barbes noires et longues

Paille : haute, pleine

Grain : ambré, gros et peu allongé

Caractéristiques culturales

Cycle végétatif : tardif

Tallage : moyen

Comportement à l'égard des maladies

- tolérante à la septoriose
- sensible aux rouilles brun et jaune et à la fusariose

Caractéristiques technologiques

- assez résistante à la moucheture et au mitadinage
- PMG : élevé
- Qualité semoulier : bonne

Productivité

- Moyenne

Zone d'adaptation

Plaines antérieures

Conseil de culture

- sensible à la verse
- a semer en novembre

Variété : Bidi 17

Variété : BIDI 17

Pedigrée : Sélection dans la population locale

Origine : sélection ITGC

Caractéristiques morphologiques

Epi : blanc, fusiforme, compact, court et à barbes noires divergentes

Paille : haute, pleine et rigide

Grain : jaune terne, assez gros et peu allongé

Caractéristiques culturales

Cycles végétatif : semi tardif

Tallage : faible

Comportement à l'égard des maladies

- sensible à la rouille brun et noire, à la septoriose et à la fusariose
- modérément tolérante à la rouille jaune

Caractéristiques technologiques

- assez sensible à la moucheture et au mitadinage
- PMG : élevé
- Qualité semoulier : bonne

Productivité

- moyenne

Zone d'adaptation

- littoral et plaines intérieures

Conseil de culture

- Moyennement sensible à la verse
- A semer à la mi-novembre

Variété : INRAT 69

Variété : SEBAOU (ex : INRAT 69)

Pedigree : Mahmoud 8041 x kyperounda

Origine : INRA Tunisie. Sélection ITGC

Caractéristiques morphologiques

Epi : blanc, compact, à barbe noirs

Paille : moyenne, creuse

Grain : jaune terne, assez allongé

Caractéristiques culturales

Cycle végétatif : demi précoce

Tallage : moyen à fort

Caractéristiques à l'égard des maladies :

- tolérante à la fusariose
- modérément tolérante à la rouille noire et jaune
- modérément sensible à la rouille brune

Caractéristiques technologiques :

- PMG : élevé
- Résistante à la moucheture et au mitidinage

Productivité

- bonne

Zone d'adaptation

- littoral et plaines intérieures

Conseil de culture

- peu sensible à a verse
- valorise bien la fumure azotée
- a semer du début novembre à la mi décembre

Variété: Waha « S »

Variété : WAHA « S »

Pedigree : PLC/ Ruff/ Gta « S » Rolette Cm. 17904

Origine : ICARDA. Sélection ITGC/Sétif

Caractéristiques morphologiques :

Epi : demi lâche, à compact, roussâtre.

Paille : courte, demi pleine

Grain : moyen, clair ambré à roux

Caractéristiques culturales :

Cycle végétatif : précoce

Tallage : moyen à fort

Comportement à l'égard des maladies :

- modérément tolérante aux rouilles, a la fusariose et à la septoriose
- sensible au pétin-échaudage

Caractéristiques technologiques

- bonne résistance à la moucheture et au mitadinage
- PMG : moyen
- Qualité semoulier : assez bonne

Productivité

- très bonne

Zone d'adaptation

- hauts plateaux et plaines intérieures

Conseil de culture

- précoce
- tolérante au froid, sensible à la sécheresse et aux gelées printanières
- à semer de la mi-novembre à la mi-décembre.

Tableau 41 : Résultats des essais de comportement variétal des céréales en Algérie

Auteurs	Année	comportement	variétés	doses	Résultats
Ferhaoui S.	1993	Milieu artificiel (gélose)	Blé tendre : Mahon demias, Anza et Plaisant	2,4,6 et 8 L2 2,4,6 et 8 L2 4,8 et 12 L2	
Azizi F.	1993	Milieu naturel (plein champ)	Blé tendre : Anza Orge : Saïda Avoine : Avon		Anza et Saïda tolérantes ; Avon sensible.
Ghebalou O.	1993	Milieu artificiel (gélose)	Blé dur : Med Ben Bachir Blé tendre : Florence Aurore Orge : Saïda 183 Avoine : Avon		
Hellal N.	1994	Milieu artificiel (gélose)	Orge : Saida 183 Ager Tichedrette 33265	I= 4,8, 16 L2	Hôtes médiocres à des niveaux différents.
Abbas D.	1994	Milieu naturel (plein champ)	Blé tendre : Florence aurore Siete cerros et Anza	I= 5 kystes I= 10 kystes I = 15 kystes	
Labdelli F.	1995	Milieu naturel (plein champ)	Blé dur : Med Ben Bachir, Bidi 17 et Mexicalli Blé tendre : Florence Aurore, Anza et Siete cerros	I 1= 20 kystes I 2= 40 kystes I 3 =60 kystes	Hôtes favorables au développement du parasite.

			Orge : Saïda 183, Plaisant et Tichedrette Avoine : Noire 912, Cowra et Avon.		
Djadi F.	1995	Milieu artificiel (gélose)	Blé dur : Bidi 17 et Capa		
Med Meziani G.	1996	Milieu naturel (plein champ)	Blé dur : Emir, Ortolan, Siri, Morocco, Capa, Loros, Aus. 10894, Nidar et <i>Avena sterilis</i>	I = 25 kystes	Emir et Capa sont sensibles; Ortolan, Siri et Nidar sont tolérantes.
Mehenni A.	1996	Milieu naturel (plein champ)	Blé dur : Inrat 69, Waha , Capa, Mexicalli, Vitron et Bidi 17	I = 5 kystes I = 10 kystes I = 15 kystes	Waha et Vitron sont résistantes ; Mexicalli moyennement résistant ; Inrat , Capa et Bidi 17 sont très sensible.
Meziane K.	1996	Milieu naturel (plein champ)	Blé dur : Inrat 69, Waha , Capa, Mexicalli, Vitron et Bidi 17	I = 25 kystes	Capa et Bidi 17 sont très sensibles ; Inrat 69, Waha, Vitron et Mexicalli sont sensibles.
Benkherouf R.	1996	Milieu naturel (plein champ)	Blé dur : Emir, Ortolan, Siri, Morocco, Capa, Loros, Aus. 10894, Nidar et <i>Avena sterilis</i>	I = 25 kystes	Capa, Emir sont sensibles; Ortolan, Siri, Nidar sont tolérantes.
Haddadi F.	1997	Milieu naturel (plein champ)	Blé dur : Emir, Ortolan, Siri, Morocco, Capa, Loros, Aus. 10894, Nidar et	I = 25 kystes	Capa, Emir et Nidar sont sensibles (population de Tiaret); Capa, Emir et Morocco sont sensibles (population d'Oued Smar)

			<i>Avena sterilis</i>		Ortalan, Siri, Nidar sont tolérantes.
Dahou N.	1998	Milieu naturel (plein champ)	Blé dur : Bidi 17	I= 30 kystes	Sensible.
Smaha D.	1998	Milieu naturel (plein champ)	Blé dur : Inrat 69, Capa, Mexicalli et Bidi 17, Waha et Vitron	I= 5 kystes I= 10 kystes I= 15 kystes	Inrat, Capa, Mexicalli et Bidi 17 sont sensibles; Waha et Vitron sont tolérantes.
Kada A.	1999	Milieu naturel (plein champ)	Blé dur : Vitron	I= 30 kystes	Sensible.
Messaoud S.	1999	Milieu naturel (plein champ)	Blé dur : Bidi 17	I= 30 kystes	Sensible.
Ouanighi H.	2004	Milieu naturel (plein champ)	Orge : Saïda 183, Aïn El Fouara et Rihane 03	I= 30 kystes	Tolérante à résistante

Tableau 42 : Date d'apparition des stades de développement du blé dur

Dénomination des stades observés	Variétés
Semis	14/12/2000
Levée	03/01/2001
Tallage	23/02/2001
Montaison	22/03/2001
Gonflement	30/03/2001
Epiaison	3/04/2001 - 16/04/01 -25/04/01
Floraison – fécondation	21/5/2001
Maturité	13/06/2001
Récolte	26/06/2001

Tableau 43: Résultats du test d'éclosion d' *H. avenae* (population de Oued Smar).

Mois	Déc.	Déc.		Janv.	Janv.		Fév.	Fév.		Mars	Mars		Avri	Avri		Mai	Mai		Juin	Juin	
N° tube	12/12 /2000	27/12 /2000	Σ	8/01/ 2001	23/01 /2001	Σ	7/02/ 2001	22/02 /2001	Σ	6/03/ 2001	21/03 /2001	Σ	5/04/ 2001	20/0 4/20 01	Σ	4/05/ 2001	19/0 5/20 01	Σ	3/06/ 2001	18/0 6/20 01	Σ
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	16	14	30	26	4	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	3	3	0	0	0	0	0	0	71	17	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	20	50	70	20	80	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	2	2	0	0	0	0	3	3	4	6	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	15	25	40	25	45	70	0	0	0	7	1	8	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	3	4	7	0	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	11	11	17	13	30	17	56	73	18	10	28	4	0	4	0	0	0	0	0	0
11	0	8	8	14	36	50	3	6	9	29	21	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	22	22	35	45	80	23	27	50	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total			46			277			341			209			12			0			0
Moy.			3,83			23,08			28,41			17,41			1			0			0

Tableau 28 : Calendrier phytosanitaire des traitements

Dates	Maladies et ravageurs des cultures	Produits	Doses
13/01/2001	Jaunissement des feuilles		
5/02/2001		Ammonitrate de sulfate (Engrais azoté)	Quelques granulés
21/02/2001	Fourmis noire	Evisect	Une pincée
2/04/2001	Puceron noir	Pychlorox (Insecticide)	1,7 ml/L
15/05/2001	Puceron noir	Pychlorox (Insecticide)	1,7ml/L
1/06/2001	Moineaux : <i>Passer sp.</i>		



Photo. 5 :
Stade début d'épiaison. Variété Waha, l'épiaison se
manifeste précocement.



Photo 6 : Stade plein tallage



**Photo 7 : Fertilisation de la végétation par
l'ammonitrate de sulfate (stade début tallage)**