

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE EL-HARRACH - ALGER
Mémoire En vue de l'obtention du diplôme de Magistère en sciences agronomiques
Département : Zoologie agricole et forestière
Spécialité : Protection des végétaux-Zoophytatrie
Option : Zoophytatrie

***Contribution à l'étude biométrique de
quelques populations du nématode
Heterodera avenae Woll Inféodé aux
cultures céréalières***

Présenté par Mme BELFADEL Née BENMESSAOUD Mouna

Directeur de thèse : M.MOKABLI Aissa Maitre de conférences (ENSA EI HARRACH)

Soutenue le 26/04/2011

Devant le jury: Président : M.DOUMANDJI Salaheddine Professeur (ENSA EI HARRACH)

Examineurs : Mme.DOUMANDJI-MITICHE Bahia Professeur (ENSA EL HARRACH) M.HAMMACHE

Miloud Maitre de conférences (ENSA EL HARRACH) Mme HADDADI Fatima Chargée de cours
(USTHB)

Table des matières

Remerciements . .	4
Introduction générale . .	5
Première partie : Analyse bibliographique. . .	7
Chapitre.1 : La plante hôte ; Les céréales. . .	7
1.Importance économique. . .	7
2.Les caractéristiques phénologiques du blé. . .	8
Chapitre.2 : Le nématode à kyste <i>Heterodera avenae</i> Wollenweber, 1924 inféodé aux cultures céréalières. . .	9
1. La position systématique. . .	10
2.Distribution géographique. . .	10
3.Importance économique. . .	11
4.Morphologie, identification et biométrie d' <i>Heterodera avenae</i> . . .	12
5.Les stades de développement d' <i>Heterodera avenae</i> . . .	14
6.Le Cycle biologique d' <i>Heterodera avenae</i> . . .	15
7.La diapause. . .	16
8.Les écotypes. . .	17
9.La variabilité pour la virulence. . .	17
10.Les symptômes et les dégâts. . .	19
11.Les méthodes de lutte. . .	20
12.La résistance variétale. . .	21
Deuxième partie : Expérimentation . .	23
Chapitre.1.Matériels et méthodes. . .	23
1.Le matériel utilisé. . .	23
2.Les méthodes. . .	24
3.Analyses statistiques. . .	27
Chapitre.2 Présentation du milieu d'étude. . .	28
1.Les régions d'étude. . .	28
Troisième partie : Résultats et discussion . .	34
Chapitre.1 : La biométrie des kystes de <i>Heterodera avenae</i> . .	34
1.Analyse statistique des données. . .	34
2.Distribution des classes de pourcentage des longueurs et des largeurs suivant les régions échantillonnées. . .	40
3.Représentation graphique des distributions des effectifs des classes de mesures des longueurs et des largeurs des kystes de <i>Heterodera avenae</i> . . .	43
4.La classification numérique par dendrogramme. . .	51
Conclusion générale. . .	61
Références bibliographiques. . .	63
Annexe . .	68

Remerciements

Je tiens à remercier Monsieur MOKABLI Aissa, maitre de conférences à l'école nationale supérieure d'agronomie à el Harrach, pour ses conseils précieux, ses orientations et ses critiques.

Je remercie également Monsieur DOUMANDJI Salaheddine, professeur à l'école nationale supérieure d'agronomie d'el Harrach, et je suis honorée qu'il ait accepté de présider mon jury.

Mes remerciements aussi à madame DOUMANDJI-MITICHE Bahia, professeur à l'école nationale supérieure d'agronomie d'el Harrach, d'avoir accepté de faire partie de ce jury.

Je tiens également à remercier Monsieur HAMMACHE Miloud, Maitre de conférences à l'école nationale supérieure d'agronomie d'el Harrach, et madame HADDADI Fatima, chargée de cours à l'USTHB Bab ezzouar, d'avoir accepté de faire partie de mon jury.

Je n'oublie pas de remercier monsieur KHEDDAM Directeur général du CNCC d'el Harrach, pour m'avoir permis de réaliser mon expérimentation au sein de ses laboratoires.

A mon cher mari pour son soutien précieux afin que je puisse finaliser mon travail. A mon père pour son aide précieuse. A mes parents et mon frère. A toute ma belle famille A tout ma famille. Et spécialement à mon défunt grand père qui nous a quitté. Ne pas oublier mes amies et collègues de FORD Algérie.

Introduction générale

En Algérie les céréales occupent 60% des terres cultivées et représentent l'activité d'une partie plus ou moins importante de la population. Malheureusement la production demeure faible et les rendements oscillent au gré des aléas climatiques entre 8 et 10 quintaux à l'hectare. Les variations climatiques défavorables, marquées particulièrement par un déficit hydrique sévère et régulier souvent accompagné de fortes chaleurs en fin de cycle, sont souvent un frein à toute action d'amélioration. (Aidaoui, A et Hartani, T 2004).

Les cultures céréalières représentent l'une des principales cultures en Algérie qui occupe une place importante dans la consommation humaine et animale. En 2009, la production céréalière du pays avait atteint 60 millions de quintaux dont 24 millions pour l'orge. Cette production record avait permis à l'Algérie de redevenir exportatrice sur le marché céréalier mondial après quatre décennies d'absence. Pour 2010, les chiffres officiels de la production céréalière ne sont toujours pas publiés.

Cependant cette culture reste dépendante de plusieurs facteurs qu'ils soient biotiques (potentiel génétique, maladies, ravageurs,...), ou qu'ils soient abiotiques (précipitations pluviales, techniques agricoles, ...).

Parmi les agents biotiques qui affectent la culture des céréales, les nématodes à kystes de l'espèce *Heterodera avenae*. Ce nématode est largement distribué dans les zones céréalières d'Algérie (Mokabli, 2002).

Ces nématodes ont été aussi trouvés en abondance dans d'autres pays ou continents tels que l'Europe, l'Inde, le Canada, et l'Australie (Rivoal, 1975 ; Meagher, 1977 ; Sikora ,1987).

Les nématodes phytoparasites réduisent la production agricole d'approximativement 11% (Agrios, 2005), soit une perte de récolte de plusieurs millions de tonnes chaque année. *H. avenae* est une espèce très polymorphe, présentant de multiples races ou pathotypes caractérisés par leur cycle biologique et leur gamme d'hôtes, qui apparaît endémique en Europe et dans le bassin Méditerranéen. Ce problème, sous-estimé tant que l'on a cultivé des cultivars à rendement moyen ou faible, apparaît au contraire très grave en présence de cultivars nouveaux beaucoup plus performants, mais aussi beaucoup plus vulnérables.

D'autres espèces d'*Heterodera* ont été isolées depuis une dizaine d'années. Certaines, telles qu' *H. latipons* dans le bassin Méditerranéen ne doivent pas être négligées car elles peuvent se substituer à *H. avenae* en présence de céréales résistantes à cette espèce.

Ce n'est qu'une fois que les nématodes sont reconnus comme causes des dommages aux cultures, que les méthodes de contrôle peuvent être envisagées. Si les espèces sont identifiées, des pratiques culturales spécifiques.

En Algérie, des études ont été consacrées depuis 1995 (Labdelli 1995 ; Haddadi, 1997 ; Mokabli (2001 et 2002) ; Ouanighi 2004 et Hamroun 2006) ; à ces parasites mais le vaste domaine qui reste à explorer demande beaucoup plus de nématologistes investis dans la recherche. En plus ces nématodes sont méconnus par les agriculteurs.

Pour apporter notre modeste contribution à ce problème, nous nous sommes proposés d'élargir nos investigations à d'autres régions du pays pour d'une part vérifier la présence

ou l'absence de ce nématode et d'autre part à mesurer les principales caractéristiques biométriques de ce nématode. Notre travail consiste dans une première partie à faire une synthèse des travaux réalisés sur le problème des nématodes.

Nous présenterons les méthodes utilisées pour déterminer si des particularités ont été relevées entre ou à l'intérieur des régions échantillonnées et enfin prendre trois régions choisies pour leur importance dans le domaine des céréales et définir le taux de fécondité moyen de ce nématode. Les résultats de nos travaux seront traités par l'outil informatique, puis exposés et discutés.

Première partie. : Analyse bibliographique.

Chapitre.1 : La plante hôte ; Les céréales.

1.Importance économique.

1.1.Dans le monde.

Le blé est cultivé dans le monde depuis les temps préhistoriques. Sa présence au Moyen-Orient dans le croissant fertile, d'où il est originaire, date d'environ 10.000 ans avant J.C (Feldman et Sears, 1981).

Les céréales constituent la composante de base de l'agriculture. Selon Sikora (1987), le blé et l'orge occupent 70% des terres cultivées en Afrique du Nord et en Asie de l'Ouest. Le blé occupe la première place, suivi du riz, du maïs puis de l'orge. Les principaux pays producteurs sont le Canada, le Mexique, les USA, la France, la Grèce, l'Italie et la Russie.

La consommation mondiale de blé a été multipliée par 4 en l'espace d'un demi-siècle passant ainsi de moins de 150 millions de tonnes consommées en 1946 à plus de 600 millions de tonnes en 2005. (Anonyme, 2007).

1.2.En Algérie.

La production des céréales en Algérie, n'avait pas dépassé les 41 millions de quintaux, suivie de loin par celle de 2008 où elle n'a enregistré que 20 millions de quintaux (soit trois fois moins que celle de l'année en cours). (Chehat, 2007).

La céréaliculture pluviale caractérisée par les cultures d'hiver qui sont le blé dur, le blé tendre, l'orge et l'avoine constitue la base de l'alimentation d'une population en croissance. Représentée par des emblavures qui ont atteint 3.800.000 hectares (ha) en 2003, elles produisent en moyenne 22 millions quintaux (q) et donnent un rendement ne dépassant pas 7 q/ha (Bulletin de statistique, 2003). Les besoins alimentaires évalués à 250 kg/personne/an ne sont satisfaits par la production nationale qu'à 30%. Le déficit, de l'ordre de 70%, est comblé annuellement par l'importation qui atteint 75 millions q évaluée à une facture de 1,5 milliards de dinars en 2005, selon le Centre National des Informations Statistiques (CNIS) (in Chehat 2007).

D'après Djermoun (1994), la production des céréales, jachère comprise, occupe environ 80% de la superficie agricole utile (SAU) du pays, la superficie emblavée annuellement en céréales se situe entre 3 et 3,5million d'hectares.



.Figure N°1 : Les principales aires céréalières en Algérie du nord (en rouge)

Les principales zones céréalières (Fig.1) sont situées dans les hautes plaines à pluviométrie insuffisante et irrégulière.

Outre l'insuffisance et l'irrégularité de la pluie, les faibles rendements enregistrés s'expliquent par l'influence des mauvaises herbes en absence de désherbage chimique dans la plupart des régions céréalières suite au cout élevé des herbicides.

La médiocre qualité des semences utilisées ainsi que les pertes dues aux ravageurs (oiseaux, rongeurs, insectes), aux maladies cryptogamiques, au mauvais réglage des machines agricoles ainsi qu'aux conditions de stockage sont d'autres facteurs limitant la production céréalière. Parmi les déprédateurs de ces cultures, les nématodes (*Heterodera*, *Meloidogyne*, *Pratylenchus*) inféodés aux céréales et méconnus par les agriculteurs peuvent également causer des pertes non négligeables.

2. Les caractéristiques phénologiques du blé.

Le blé est une plante annuelle, monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des graminées. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscant, appelé caryopse, constitué d'une graine et de tégument. (**Feillet., 2000**)

L'inflorescence est constituée d'épillets qui sont rattachés au rachis (Fig.2).

Le système de reproduction est de type autogame par lequel la fécondation se produit directement à l'intérieur de chaque fleur avant même la floraison. Cependant, les régions chaudes et sèches telles que l'Afrique du Nord, il arrive que les glumelles s'entrouvrent prématurément et des fécondations croisées se produisent. Le taux d'allogamie peut atteindre 11 à 15% (Bouyeldieu, 1981).



Figure N°2 : Morphologie du blé

La présence et la forme des oreillettes ou stipules ainsi que la ligule au point d'insertion de la feuille autour de l'épi permettent la détermination de l'espèce (Fig.2).

Morphologiquement, le blé dur se distingue du blé tendre par un feuillage plus clair, totalement glabre, un port dressé au tallage, un épi compact, à fortes barbes épineuses, à glumes longues et fortement carénées, un grain étroit, allongé, à sillon profond, à brosse peu développé et à texture souvent vitreuse (Soltner, 1990).

Chapitre.2 : Le nématode à kyste *Heterodera avenae* Wollenweber, 1924 inféodé aux cultures céréalières.

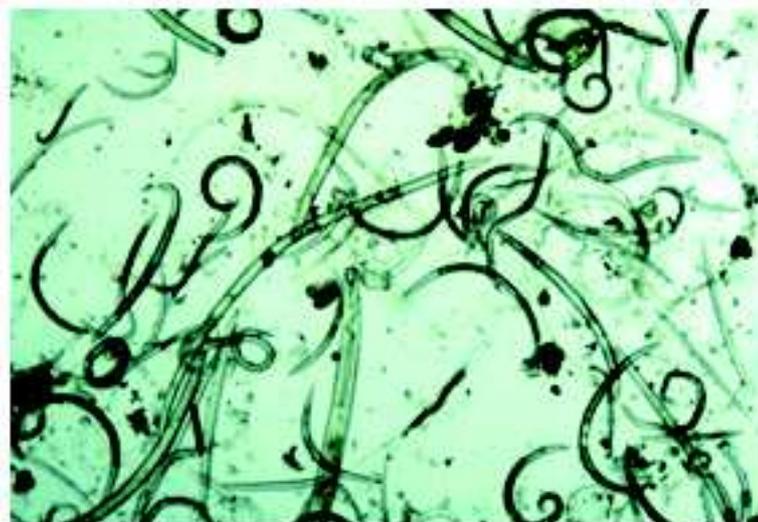


Figure N°3 : Photo de nématodes (Reddy 1983)

Les nématodes sont de tout petits vers, dont la majorité des espèces sont invisibles à l'œil nu. Bon nombre d'espèces vivent librement dans le sol, et parasitent de nombreuses espèces végétales, sans leur causer de grands torts, pour autant que les plantes ne soient pas exposées à un stress trop important. Certaines espèces de nématodes ont développé un lien plus spécifique avec une ou plusieurs plantes hôtes.

1. La position systématique.

Les critères morphologiques, essentiellement du stylet de la larve de deuxième stade ainsi que du cône vulvaire du kyste sont les plus utilisés en systématique (Mulvey, 1972 ; Wouts et al., 1995)

D'après Wouts et al., 1995 ; Neuf espèces de nématodes à kyste *Heterodera* spécifiques aux cultures céréalières sont identifiées jusqu'à présent. Il s'agit d'*Heterodera avenae* Wollenweber, *H. bifenestra* Cooper, *H. filipjevi* (Madzhidoc), *H. hordecalis* (Andersson), *H. iri* (Mathews), *H. latipons* (Franklin), *H. mani* (Mathews), *H. spinicauda* et *H. turcomanica* (Kirjanova et Shagalina).

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

Embranchement : Némathelminthes.

Classe : Nématodes.

Sous classe : Secernentea.

Ordre : Tylenchida.

Sous ordre : Tylenchina.

Super famille : Heteroderoidae.

Famille : Heteroderidae.

Sous famille : Heteroderinae.

Genre : *Heterodera*.

D'autres critères sont utilisés pour la différenciation des espèces comme les hôtes différentiels, la biochimie (électrophorèse selon le polymorphisme enzymatique) ainsi que la biologie moléculaire.

2. Distribution géographique.

2.1 Dans le monde.

Dans le groupe des nématodes à kystes des céréales, *Heterodera avenae* est considéré comme étant la principale espèce qui a fait l'objet de plusieurs investigations de la part des nématologistes. Après sa découverte en Allemagne par Kuhn en 1847 comme nématode de la betterave et décrit comme *Heterodera avenae* Wollenweber (1924). Cette espèce a été signalée dans la plupart des pays de l'Europe.

H. avenae est un nématode endoparasite sédentaire des racines. Ce dernier est signalé dans la plupart des pays européens (Rivoal, 1973 et Sikora, 1987). A l'exception du Nord

de l'Amérique, sa répartition géographique est considérable dans pratiquement toutes les régions céréalières.

Dans le sud de l'Australie à climat méditerranéen, le nématode à kyste est largement distribué. Il a été récemment mis en évidence dans les zones arides en Arabie saoudite sur blé tendre (Ibrahim et al., 1999).

2.2 En Algérie.

H. avenae a été identifié pour la première fois en Algérie par Scotto La Massese (1961), puis mis en évidence par Lamberti et al., (1975) sur orge à Birtouta et sur blé à El Amra et Sidi-Bel-Abbès.

Ce nématode a été signalé dans d'autres régions céréalières telles que Tيارت, Mascara, Tlemcen, Sidi-Bel-Abbès, Mostaganem, Bouira, Tissemsilt, Chlef, Alger, Blida, Bordj Bouareridj, Sétif, Tizi-Ouzou, Constantine, Annaba et Bejaia (Mokabli, 2002)

3.Importance économique.

Les nématodes à kystes des céréales engendrent des pertes non négligeables dans les zones céréalières et déprécient la qualité des récoltes. Les pertes subies par les plantes varient selon les régions.

Les nématodes sont considérés parmi les principales contraintes qui affectent la production de blé et de l'orge à l'échelle mondiale. Les pertes de rendement causées par ces parasites sont de l'ordre de 7% pour le blé et de 6,3% pour l'orge, ce qui correspond à une perte annuelle d'environ 5,8 milliards pour l'orge (Sasser, 1987).

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).

En Inde, ce nématode cause la maladie de Molya sur les céréales et induit des pertes allant de 4 à 32% (Singh et al., 1980).

En Chine, ce parasite se multiplie convenablement sur le blé d'hiver et engendre des dégâts considérables (Zhang et Xin., 1994).

En Espagne ; les cycles de vie des populations d'*Heterodera avenae* de trois régions productrices de céréales avec le climat méditerranéen continental, ont montré des caractéristiques biologiques similaires à ceux des autres pays méditerranéens. (Romero, et Valdeolidas ; 1990).

En France ; deux populations géographiques distinctes ou écotypes d'*Heterodera avenae* présentent un réel décalage dans les rythmes d'activité. En climat à tendance méditerranéenne, la population médionale Villasavary (Sud-ouest) éclot essentiellement pendant la période hivernale ; et en situation septentrionale sous influence continentale, la population de Nuisement-sur-Coole (Nord-est) présente un maximum d'activité au printemps.

Et il a été observé aussi, que le transfert des populations en situation géographique opposée ou intermédiaire (par exemple à Rennes, sous forte influence océanique) ne modifie pas fondamentalement les rythmes d'éclosion de ces deux populations (Rivoal, 1985).

4. Morphologie, identification et biométrie d'*Heterodera avenae*.

4.1 Morphologie.

Heterodera avenae présente un dimorphisme sexuel très prononcé à l'état adulte (Rivoal et al., 1978). Il se caractérise essentiellement par la formation des kystes (Fig. 4).

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. Les grandes ressemblances morphologiques dans le complexe de nématode 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 et Valdeolivas, 1990 ; Rivoal et Cook, 1993) et essentiellement sur les observations microscopiques du cône vulvaire (Volvas, 1985).

Les mâles sont filiformes et allongés de 1,5mm de long, tandis que les femelles sont globuleuses d'environ 0,5mm de diamètre en forme de citron. *H. avenae* présente des sexes séparés et la reproduction est en conséquence sexuée.

Les larves du quatrième stade « L4 » sont semblables à celles du troisième stade « L3 » avec un anus terminal.

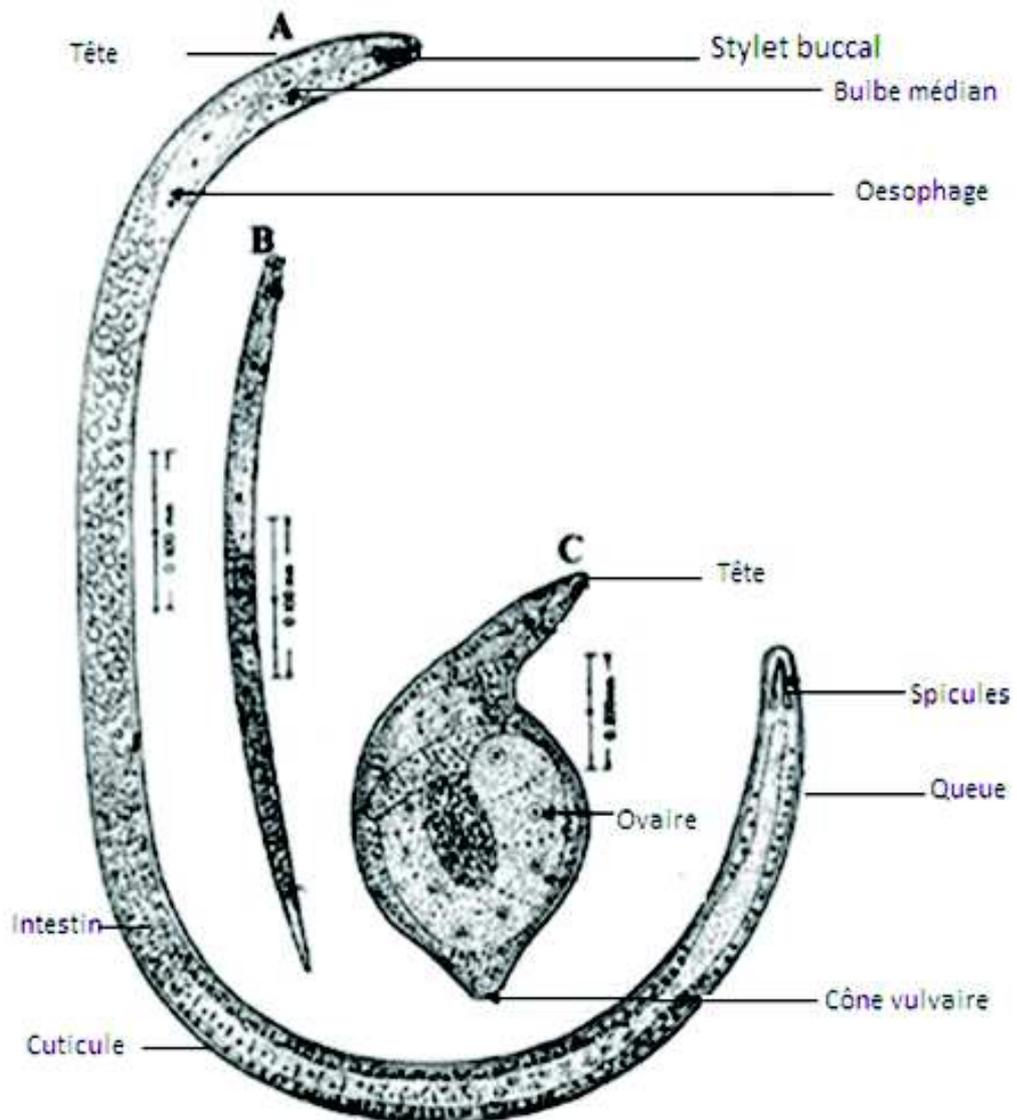


Figure N°4 : Morphologie d'*Heterodera avenae* (Taylor, 1968)

A : Mâle.

B : Larve du second stade « L2 »

C : Femelle.

4.2 Identification et biométrie.

Les grandes ressemblances morphologiques, dans le complexe des 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 (Fig.5), la taille et la couleur (Romero, 1980 ; Rivoal et Cook, 1993) et essentiellement sur les observations microscopiques du cône vulvaire.



Figure N° 5 : Les kystes d'*Heterodera* (Wouts et al., 1995)

En outre, certains critères des larves de deuxième stade comme la taille du stylet et la forme des boutons basaux différencient les quatre espèces *Heterodera spinicauda*, *Heterodera bifenestra*, *Heterodera turcomanica*, et *Heterodera hordecalis* selon la clé de détermination établie par Wouts et al., (1995).

Toutefois de nouvelles méthodes basées essentiellement sur des outils biochimiques viennent améliorer et compléter la taxonomie des 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. Les stades de développement d' *Heterodera avenae*.

Lorsque la femelle devient adulte, elle subit un tannage quelques semaines après sa mort et durcit pour devenir un kyste, citriforme, de couleur brun foncé.

Les œufs sont renfermés dans le corps de la femelle adulte transformée en kyste (Fig.6). Ils mesurent 126 μm de long et 56 μm de large.

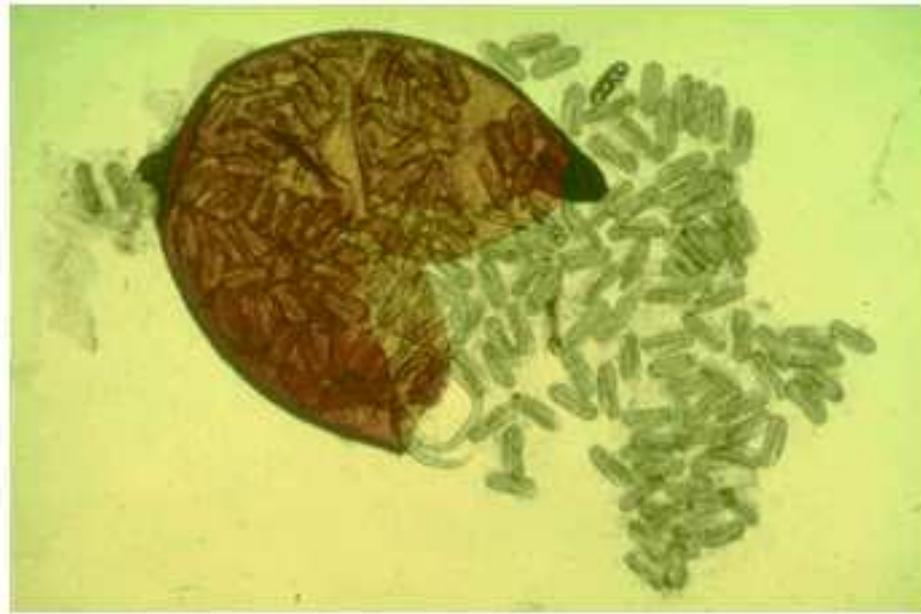


Figure N°6 : Les œufs d'*Heterodera*. (Wouts et al., 1995)

Les larves du premier stade « L1 » sont repliées en quatre contenues dans l'œuf.

Les larves du deuxième stade « L2 » sont celles qui représentent le stade infestant. Elles sont vermiformes (Williams et Siddiqi, 1972)

Les larves du troisième stade « L3 » sont gonflées et sédentaires. Elles présentent un stylet buccal à la partie antérieure et une queue courte à la partie postérieure. A partir de ce stade les sexes commencent à se différencier.

Selon Wouts (1973), les larves du quatrième stade « L4 », ont les mêmes caractéristiques que celles du troisième stade avec un anus terminal.

5.1 Le kyste d'*Heterodera avenae*.

Le kyste représente le corps de la femelle adulte dont la cuticule subit un tannage quelques semaines après sa mort, puis durcit (Rivoal, 1973 et Nobbs, 1989). Le kyste est citriforme, de couleur brun foncé (Rivoal, 1973 ; Reddy, 1983 ; Volvas, 1985, Rivoal et Sarr, 1987 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). Son rôle est principalement protecteur. Cependant, Williams et Siddiqi (1972) rapportent que le kyste contient en moyenne 200 à 250 œufs, mais les kystes les plus larges peuvent contenir plus de 600 œufs.

6. Le Cycle biologique d'*Heterodera avenae*.

Heterodera avenae est une espèce monovoltine, c'est-à-dire qu'il y a une seule génération par an, avec cinq stades larvaires qui sont séparés par quatre mues.

La première mue s'effectue à l'intérieur de l'œuf dont l'éclosion par la fente vulvaire du kyste donne directement des « L2 ». Une fois ces dernières libérées dans le sol, elles attaquent les radicelles de la plante hôte, pénètrent dans les tissus de la racine et se fixent parallèlement au voisinage du cylindre central (Rivoal et Cook, 1993).

C'est ainsi que les larves explorent leurs surfaces pour localiser le site d'attaque. A l'aide du stylet buccal, les juvéniles pénètrent à travers le point végétatif situé derrière la coiffe et se déplacent dans les tissus radiculaires pour créer des sites trophiques.

Ces sites d'alimentation sont situés près de l'endoderme ou du péricycle. Les larves se situent ensuite parallèlement au cylindre central où elles induisent la formation de cellules géantes appelées « Syncytia » dont elles se nourrissent. (Rivoal et Cook, 1993).

Les « L2 » se différencient soit en femelles blanches, fixées par le cou et dont le corps émerge à la surface de la racine, soit en mâles filiformes qui se déplacent dans le sol et fécondent les femelles. (Taupin, 1987).

Après fécondation, la femelle pond des œufs qui restent à l'intérieur du corps qui, à la mort, se transforme en kyste.

Les kystes contenant des larves et des œufs s'intègrent dans le sol. Les larves y sont conservées pendant plusieurs années et permettent d'assurer plusieurs infestations consécutives. Le cycle est bouclé en neuf mois (Cook, et Yeates 1993).

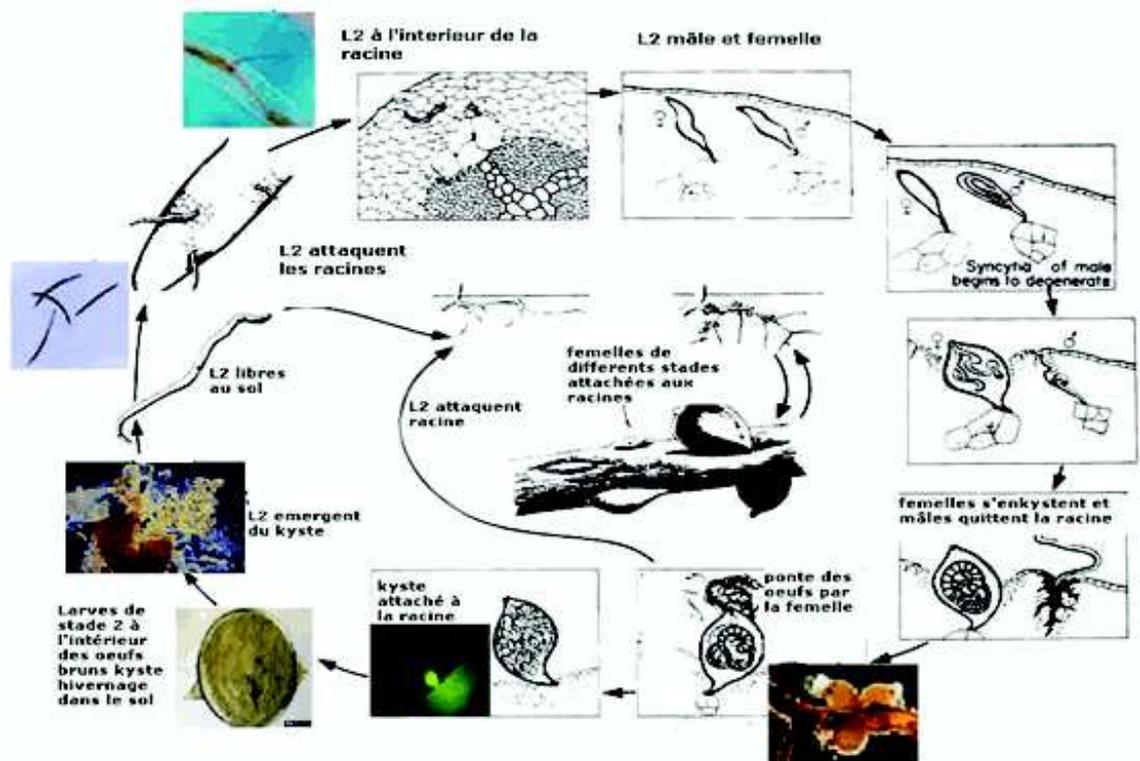


Figure N°7 : Le Cycle biologique d'*Heterodera avenae* Wollenweber.

7.La diapause.

Heterodera 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 c'est-à-dire les céréales, qui sont indispensables pour leur développement et de répartir les sorties larvaires en plusieurs cycles annuels successifs (Rivoal, 1983).

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 de ce nématode qui sévissent dans les régions méditerranéennes, la diapause est accélérée par la diminution des températures et assure une activité essentiellement hivernale pour les populations concernées (Rivoal, 1983).

8. Les écotypes.

D'après Caubel et al., (1980), l'adaptation de certaines races à des écosystèmes particuliers se traduit par l'écotype. C'est un décalage dans le cycle d'éclosion, conséquent à une différence de diapause. De cela, on distingue deux types d'écotypes :

- l'écotype méridional
- l'écotype septentrional

8.1 L'écotype méridional :

L'écotype méridional est caractérisé par une éclosion hivernale, suivie par une diapause estivale obligatoire, qui est levée par l'abaissement de la température en dessous de 10 °C (Rivoal, 1982). Sa température optimale est de 5°C. Ce mécanisme thermique provoque un contingentement des sorties larvaires qui assure la réalisation de plusieurs cycles successifs à partir du même kyste (Rivoal, 1978).

8.2 L'écotype septentrional :

Il est caractérisé par une diapause facultative Estivo-automnale avec les températures estivales qui sont élevées après le passage à basses températures durant l'hiver (5°C), suivie également d'une hausse des températures assurant une sortie printanière des larves.

Le cycle d'éclosion de cet écotype cesse quand la température de 15°C est à nouveau atteinte dans le sol. Contrairement à l'écotype méditerranéen (méridional) marqué par quatre cycles successifs d'activité larvaire. La répartition de l'écotype septentrional est moins prononcée car les kystes sont vidés en deux cycles d'éclosion, le premier assurant environ 80% du contenu en larves (Rivoal, 1982)

9. La variabilité pour la virulence.

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

Contribution à l'étude biométrique de quelques populations du nématode *Heterodera avenae* Woll
Inféodé aux cultures céréalières

Espèces	Ha 1 Groupe							Ha 2 Groupe	Ha 3 Groupe			
	Ha 11	Ha 21	Ha 31	Ha 41	Ha 51	Ha 61	Ha 71	Ha 12	Ha 13	Ha 23	Ha 33	
Cultivars (R-gène)												
Orges												
Värde								+				+++
Emir + EK Emir								+				+++
Ortolan Ha 1								+				+++
Morocco Ha 2, +								-				---
Siri Ha 2+ex Herta								-				+++
KVL 191 Ha 2,+								-			
Bajo Aragon								-				+++
Herta ex Herta								+				+..-
Martin 403 2 dom								-				-++
Dalmatische								+				+(-)+
La Estanzuela							(-) ..
Harlan 43								-				..+
Avoines												
Nidar								+				+++
Sol II gènes mineurs								+				+++
Pusa Hybrid BSI 1 dom								-				+..+
A. Sterilis 1376 à 3 dom								-				---
Silva > Igène								(-)				(-)(-)+
IGV.H 72-646								-				+++
Blé												
Capa								+				+++
AUS 10894 Cera1 +								-				(-)++
Loms Cera1 +								-				(-)++
Psathias								+				++-
Iskamish K-2-light								+				+++

Tableau n° 1: Groupes de pathotypes définis par le Test International (Andersen et Andersen, 1982), révisé par Rivoal et Cook (1993) et Ireholm et al. (1997)

Gènes de résistance : dom (dominant) ; + (gène additif)

Réactions des plantes : + (hôte) ; - (Résistance) ; () (intermédiaire); .. (Pas d'observation).

Cook et Rivoal (1997), ont illustré l'extrême variabilité dans les relations génétiques entre les populations d'*Heterodera avenae* et les hôtes potentiels qui sont l'orge, le blé, l'avoine ou le seigle.

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).

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 n°1.

10. Les symptômes et les dégâts.

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 et Doussinault, 1989). Ces taches confèrent à la culture un aspect hétérogène et sont aussitôt envahies par les mauvaises herbes (De Guiran et Mor, 1992 ; Sacristan et *al.*, 1983).

Les Symptômes sur la partie aérienne ne sont pas spécifiques et résultent d'un mauvais fonctionnement du système racinaire, rendu inapte à nourrir convenablement la plante (Fig.8). 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.*, 1995).

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).

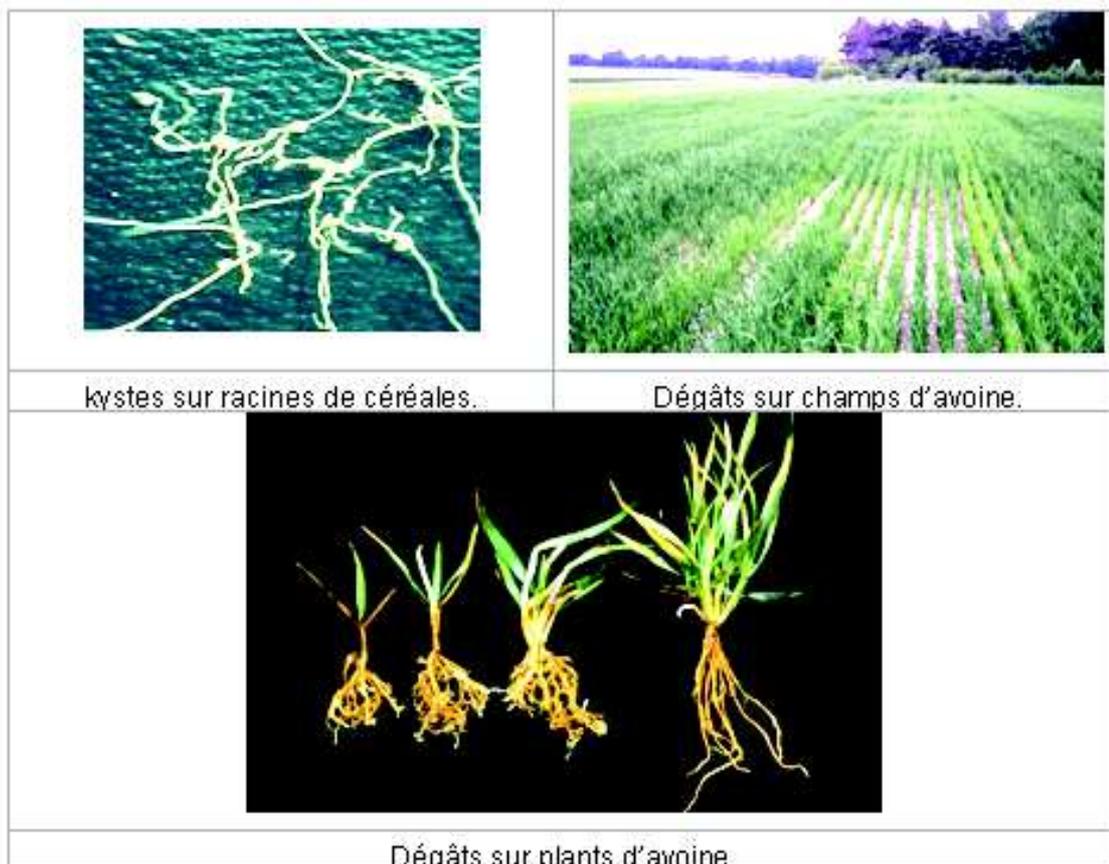


Figure N°8 : Dégâts d'*Heterodera avenae* sur céréales (Rivoal, 1982)

C'est au niveau racinaire 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 ; Sacristan et *al.*, 1983 ; Person-Dedryver et Doussinault, 1989 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 abondant de radicelles, (Ritter, 1971 ; Caubel et al., 1980).

Un tel système racinaire est facilement arraché du sol, avec une quantité énorme de terre qui lui adhère (De Guiran, et Mor 1992 ; 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).

11. Les méthodes de lutte.

La lutte contre les nématodes à kystes des céréales est difficile car ces parasites ont la possibilité de se maintenir dans le sol, même en l'absence des plantes hôtes. La mise au point d'un programme de lutte doit mettre en œuvre un ensemble de mesures préventives et curatives pour assurer le maintien en équilibre des populations dans le sol, non dommageables pour les cultures. Plusieurs approches sont disponibles ou encours de mise au point.

11.1 Les méthodes préventives.

Elles consistent à réduire les contaminations par un nettoyage des outils.

11.2 Les méthodes curatives.

Ce sont les méthodes culturales, chimiques et biologiques.

a. Les méthodes culturales.

Elles reposent sur l'introduction de cultures non hôtes, c'est-à-dire, des cultures autres que les céréales pour les parasites concernés. C'est l'une des plus anciennes méthodes de protection utilisée souvent de manière empirique par les agriculteurs.

En matière de semis, il est généralement admis que les céréales semées en automne tolèrent mieux les attaques de l'écotype septentrional d'*Heterodera avenae* que celles de printemps (Caubel et al., 1980 ; Sikora, 1987). Le système racinaire des premières cultures est vigoureusement développé au moment de l'émergence larvaire et donne éventuellement un rendement meilleur (Schneider, 1965).

La rotation des cultures a pour but d'introduire dans le système cultural des espèces qui multiplient faiblement ou pas les nématodes. Ces dernières sont non hôtes ou résistantes. D'ailleurs, les densités d'*Heterodera avenae* peuvent être diminuées de 70 à 80% en une seule culture annuelle de plantes non hôtes (Andersen, et Andersen 1982).

b. Les méthodes chimiques.

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).

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.

c. Les 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., 1987 ; Cayrol et 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, 1988). Cette lutte n'est appliquée qu'à titre expérimental.

d. 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., 1985).

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, (Ritter, 1982 ; Saur et al., 1986 Cayrol et al., 1987).

12. La résistance variétale.

La résistance des variétés de céréales n'empêche pas la pénétration du nématode dans les tissus de l'hôte, (Person-Dedryver et Doussinault, 1978 ; Caubel et al., 1980 ; 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-Dedryver 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, (Rivoal, 1988).

De nombreuses sources de résistance ont été caractérisées chez le blé, l'orge et l'avoine. (Tableau n°1).

Les lignées les plus utilisées en sélection sont Loros et Aus 10894, mais leur résistance se révèle parfois inefficace contre certains pathotypes.

Les données concernant la résistance des variétés d'un pays ne sont pas transportables à un autre pays.

L'emploi des variétés résistantes peut engendrer l'apparition d'une autre espèce capable de nuire aux céréales par exemple *Pratylenchus neglectus* (Rivoal et al., 1995).

Deuxième partie : Expérimentation

Chapitre.1.Matériels et méthodes.

1.Le matériel utilisé.

Le matériel utilisé dans notre expérimentation pour évaluer les paramètres des kystes du nématode *H. avenae* :

1.1.Pour l'échantillonnage.



Figure N°9 : Matériel utilisé pour l'échantillonnage du sol

- Une tarière pédologique (Fig.9) pour l'échantillonnage d'une partie du sol renfermant les kystes de nématodes.
- Des sachets en papier pour la conservation des échantillons prélevés en vue de les analyser au laboratoire. La matière en papier est choisie pour éviter que l'échantillon ne soit détérioré par des champignons suite à l'humidité retenue des le sol.

1.2.Pour l'extraction des kystes

Pour extraire les kystes de la charge de terre qui les englobe, nous avons utilisé plusieurs outils (Fig.10) tels que :

- Appareil de Fenwick.
- Tamis 250 μm .
- Entonnoirs, papiers filtre, étiquettes, boîtes de Petrie, Pincés et pinceaux.
- Une loupe binoculaire avec un dispositif de mesure des paramètres à évaluer.



Figure N°10 : le matériel utilisé pour l'extraction des kystes d'*Heterodera avenae*

1.3. Pour l'évaluation du taux de fécondité.

- Des verres de montre.
- Des pinceaux fins.
- Un bistouri.
- Des lames creuses.
- Des lamelles.

2. Les méthodes.

2.1. L'échantillonnage.

L'échantillonnage est la partie de la pratique statistique concernée par la sélection d'un sous-ensemble aléatoire sans biais ou d'observations individuelles au sein d'une population d'individus destinés à produire une certaine information de la population.

La fin de l'été et l'automne constituent de bons moments pour échantillonner le sol à la recherche de nématodes. Les populations sont généralement à leur plus fort effectif en Mai-Juin et Septembre-Octobre. Cependant, les échantillons de nématodes peuvent être recueillis en tout temps, du moment que le sol ne soit pas gelé.

Le choix des régions à échantillonner a été dicté par le besoin de vérifier en premier lieu la présence ou l'absence du nématode *Heterodera avenae*, de mesurer ses dimensions (longueur maximale et largeur maximale) et d'évaluer son taux de fécondité en fonction des régions échantillonnées.

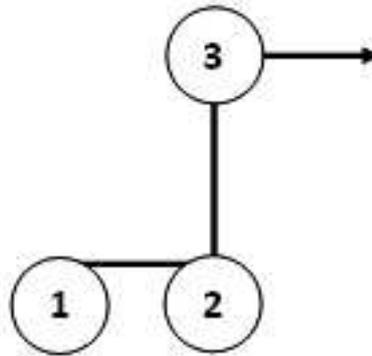


Figure N°11 : Mode d'échantillonnage en zigzag

Ce mode d'échantillonnage (Fig.11) est un cas particulier d'un échantillonnage aléatoire. Son avantage pratique est la possibilité de visiter divers coins de la parcelle.

a.Echantillonnage du sol.

La première étape de notre échantillonnage consiste à repérer les tâches de manifestation du nématode par une végétation éparsse ou des plants de céréales chétifs.



Les nématodes à kyste se propagent dans le sens où le champ a été travaillé (labours et autres travaux). Les infections secondaires se trouvent en général dans la même bande que l'infection mère. Les machines agricoles transportant les kystes dans l'axe de leur déplacement. Il est préférable de prélever les échantillons perpendiculairement au sens du labour tout en respectant le mode d'échantillonnage en zigzag, si on veut optimiser les chances de détecter la présence de kystes sur sa terre. La probabilité de trouver des nématodes est également plus élevée à l'entrée de la parcelle, car c'est là que les machines laissent tomber la plus grande quantité de terre provenant d'autres champs contaminés, ce qui contribue à la propagation de l'infestation.

Une fois la zone repérée, nous prélevons à l'aide d'une tarière pédologique un échantillon du sol que nous mettons dans un sachet en papier en prenant soin de noter la date, le lieu et le climat (pluvieux ou non) de la région échantillonnée. Nous prélevons dans chaque région trois (3) échantillons dans trois endroits différents.

Les sols sont échantillonnés à une profondeur approximative de 20 centimètres, en utilisant une tarière de 2,5 centimètres de diamètre. Au préalable nous nous débarrassons des 3 à 5 centimètres supérieurs de sol. En prenant soin d'inclure les racines nourricières de la culture en question dans l'échantillon de sol, puisque c'est à cet endroit que vivent de nombreux nématodes. Nous n'échantillonnons pas les racines de plantes mortes, car les nématodes sont déjà morts ou auront quitté les racines mortes pour s'enfoncer dans le sol.

Nous vidons doucement les carottes de sol dans un sachet en papier. Les échantillons sont conservés au frais et à l'abri de la lumière directe du soleil pendant le transport vers le laboratoire.

Afin d'estimer les nématodes dans un champ, les carottes de sol doivent être prélevées afin d'obtenir des échantillons qui contiennent des racines nourricières. Le nombre de carotte est de trois pour chacun des prélèvements.

b. Extraction des kystes.

Une fois l'échantillonnage réalisé, nos prélèvements sont étalés sur du papier journal pour éliminer le reste d'humidité au laboratoire. Puis nous soumettons nos échantillons à un jet d'eau puissant sous un robinet à l'aide de l'appareil de Fenwick (1940) modifié par Oostenbrinck (1960).

Cet appareil à pour principe de se baser sur la densité des kystes par rapport à celle de l'eau. Notons que des kystes pleins et humides d'*heterodera* ont une densité supérieure à 1,08, contrairement à celle des kystes secs qui ne dépasse pas l'unité (1).

L'échantillon du sol (Fig.12) est entraîné à travers la passoire (1mm) ainsi les grosses particules de sol et les matières végétales ne passeront pas. Les kystes resteront flotter sur la surface de l'eau. Après ça, ils passeront par la gouttière pour être déversés ensuite sur un tamis de 250 µm de mailles.



Figure N° 12 : Extraction des kystes d'*Heterodera avenae*.

A l'aide d'un jet d'eau avec une pissette, le reste de l'échantillon du tamis sera récupéré sur un papier filtre placé sur un entonnoir porté sur un Erlen Meyer.

2.2 .Biométrie et mensurations des kystes.

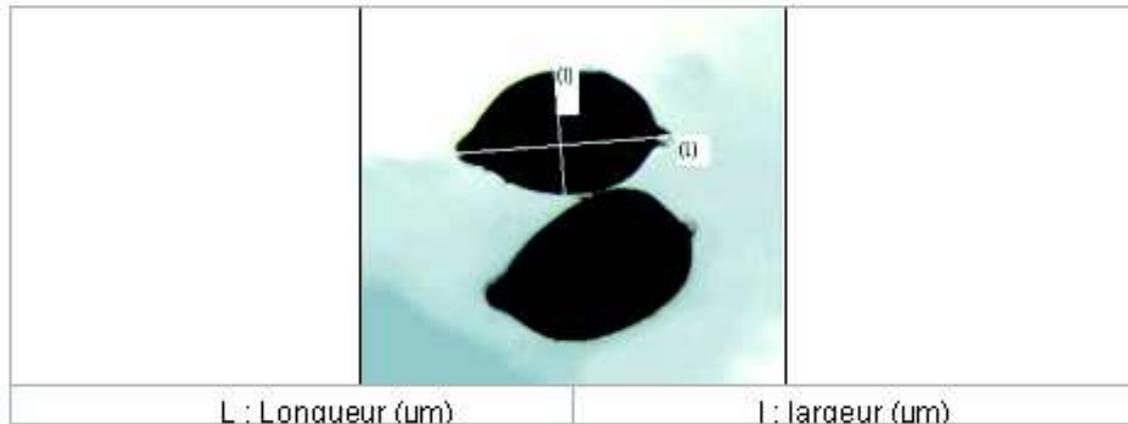


Figure N°13 : Les mensurations à effectuer.

L'étude biométrique des kystes de chaque région représente un grand intérêt car elle contribue à l'identification préliminaire de l'espèce. (Baldwin et Nundo-Oscampo, 1990).

On récupère les kystes à l'aide d'une pince en observant sous une loupe binoculaire (Gr : 10 x 1,6). Les mensurations des kystes sont réalisées à l'aide d'un micromètre sous un microscope optique.

Les critères mesurés sont la longueur maximale et la largeur maximale du kyste d'*Heterodera avenae* (Fig.13)

2.3. Evaluation du taux de fécondité.

Le taux de fécondité est déterminé par rapport au nombre d'œufs qui sont présents dans le kyste.

Selon Williams et Siddiqi (1972) un kyste contient en moyenne 200 à 250 œufs, mais les kystes les plus larges peuvent contenir plus de 600 œufs.

Les kystes en mélange avec la matière organique sont isolés à l'aide d'une fine épingle ou pince et récoltés à l'aide d'un pinceau très fin imbibé d'eau. La récolte se fait sous une loupe binoculaire (Gr : 10x1,6).

On reconnaît les kystes pleins d'œufs grâce à leur aspect turgescents avec une couleur généralement foncée. Les kystes pleins sont conservés dans des boîtes de Pétri.

Les kystes pleins sont écrasés sous un microscope optique pour qu'on puisse compter les œufs.

3.Analyses statistiques.

Nous avons codifié nos données régionales pour mieux les traiter par l'outil informatique et du logiciel « Statistica version 7.0 ». Nous reprenons les dénominations des régions échantillonnées et leurs situations géographiques afin de nous permettre de mieux apprécier les résultats.

Chapitre.2 Présentation du milieu d'étude.

1. Les régions d'étude.

1.1 Cadre physique

Notre site d'investigation regroupe quatre régions géographiques (Fig.14), huit wilayas et 18 localités. Les régions géographiques inspectées sont :

- Le littoral avec deux composantes, le littoral algérois (Alger et Tipaza) dans l'étage bioclimatique sub-humide et le littoral constantinois (Bejaïa) dans l'étage bioclimatique humide;
- L'Atlas Tellien avec une composante algéroise et sud-algéroise (Bouira) dans l'étage bioclimatique sub-humide;
- Les Hautes plaines Telliennes avec deux composantes ; les hautes plaines sétifiennes (Sétif dans l'étage bioclimatique semi-aride et Bordj Bou Arreridj dans l'étage bioclimatique aride supérieur) et les hautes plaines sud-oranaises (Tiaret dans l'étage bioclimatique sub-humide);
- et les Hauts plateaux constantinois (Batna dans l'étage bioclimatique aride supérieur).

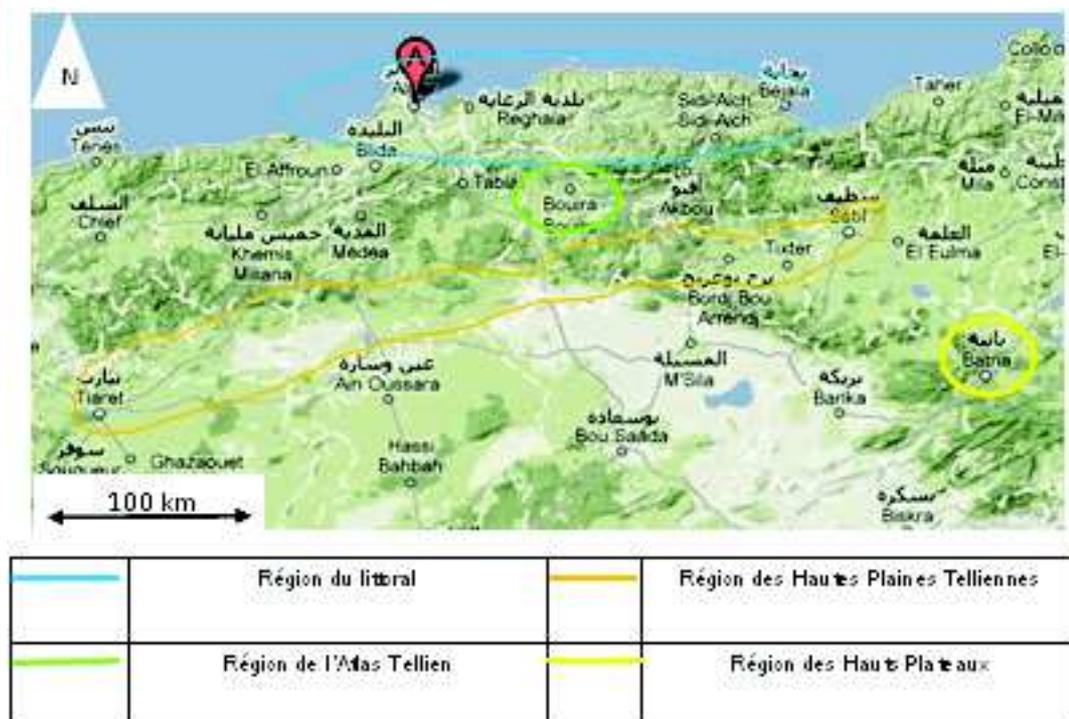


Figure N°14 : Les sites géographiques de nos investigations.

Les huit wilayas retenues font parties des quatre régions géographiques. Dans chaque wilaya, nous avons inspectées trois localités à l'exception des wilayas d'Alger, de Bejaïa et de Tiaret dont les échantillons nous ont été gentiment prêtés par Monsieur Mokabli.

Vue l'étendue de la région prospectée et pour mieux présenter les milieux échantillonnés, nous exposons un résumé de la situation agro-bioclimatique.

Les céréales sont cultivées en grande partie sous des climats semi-aride et aride des Hauts Plateaux de l'Est algérien, les précipitations spatio-temporelles qui les caractérisent varient en moyenne entre 300 mm et 1000 mm (Tab.2 et 3).

Tableau N°2 : Principales données climatiques et bioclimatiques pour les stations des régions échantillonnées.

Sit géog	Station	Long	Lat	Alt (m)	P (mm)	Q2	Etage bioclimatique.	ETP janv	Nbre Gel
Li.C	Bejaia	5°40' E	36°43'	9	972	141	Humide	41,68	0,0
Li.A	Alger	3°03' E	36°46'	13	647	123	Sub-humide	44,89	0,0
Li.A	Tipaza	1°18' E	35°37'	59	680	98,8		33,6	0,0
AT.A	Bouira	3°55' E	36°,23'	530	634	63,7		30,14	40,6
HT.O	Tiaret	1°20' E	35°23'	1020	622	68,1		31,99	21,3
HT.S	Setif	5°26' E	36°11'	1080	469	50,1	Semi-aride	24,75	33,5
HT.S	Bordj	4°46' E	36°04'	900	400	39,4	Aride supérieur	27,08	63,4
HS.C	Batna	5°44' E	35°33'	1040	346	35,9		26,78	33,4

Tableau N°3 : Zones géographiques de l'Algérie du Nord.

AT. : Atlas Tellien	HT. Hautes Plaines Telliennes
O : Oranie et Sud-Oranie A : Algérois et Sud-Algérois C : Constantinois et Sud-Constantinois H : Région du Hodna	O : Sud-Oranaises A : Sud-Algéroises C : Sud-Constantinoises S : Sétifiennes
HS. : Hauts Plateaux steppiques	Li. : Littoral
O : Sud-Oranais A : Sud-Algérois C : Sud-Constantinois H : Hodna	O : Oranais A : Algérois C : Constantinois

Ces variations exercent une influence directe sur la productivité des céréales pluviales qui occupent plus de 44% de la surface agricole utile (Ministère de l'Agriculture, 2001).

Les précipitations et les températures moyennes représentent la limite méridionale de la céréaliculture régulière et productive en pluvial (ou dry farming) (Lehouerou, 1974 ; Cote, 1974). Cette raison conduit à la nécessité d'étudier davantage la variabilité des moyennes des précipitations et des températures en tant que facteur limitant qui provoque une production et une productivité céréalière erratique, en relation avec le stress hydrique.

Nous présentons en annexe.1, les graphes qui présentent les diagrammes ombrothermiques de Gaussen pour chaque wilaya. Les variations mensuelles moyennes des températures et des précipitations par wilaya échantillonnée fournies par l'O.N.M (les moyennes étant calculées sur une période de 10 ans de 1998 à 2008).

Dans ce contexte, on s'est intéressé à ces régions céréalières qui se subdivisent en trois grandes zones : l'Atlas tellien représenté par la Chaîne des Babors au nord, recevant une moyenne de 450 mm, les Hauts Plateaux, au centre recevant 300 à 350 mm et les Monts du Hodna au sud ne bénéficiant que de 200 mm. Les régions étudiées sont Alger, Tipaza, Bejaia, Bouira, Bordj Bou Arreridj, Sétif, Tiaret et Batna. Elles se situent entre 35°39' et 36°43' de latitude Nord et entre 4°20' et 6°26' de longitude Est.

1.2. Relief et codification

Le relief de la zone échantillonnée peut être schématiquement décomposé en 4 grandes zones : la zone montagneuse (Atlas Tellien), les Hautes plaines Telliennes (HT), Les hauts plateaux steppiques et le littoral. Chacune des zones, est composée de sous régions suivant leur situation géographique (Tab.3).

a.La région du littoral

- Le Littoral Algérois (Li.A)



Figure N°15.a : Les localités des wilayas du Littoral Algérois et leur codification.

- Le Littoral Constantinois (Li.C)



Figure N°15.b : Les localités de la wilaya du Littoral Constantinois et leur codification.

b.L'Atlas Tellien

L'Atlas Tellien Algérois et sud-Algérois (AT.A)

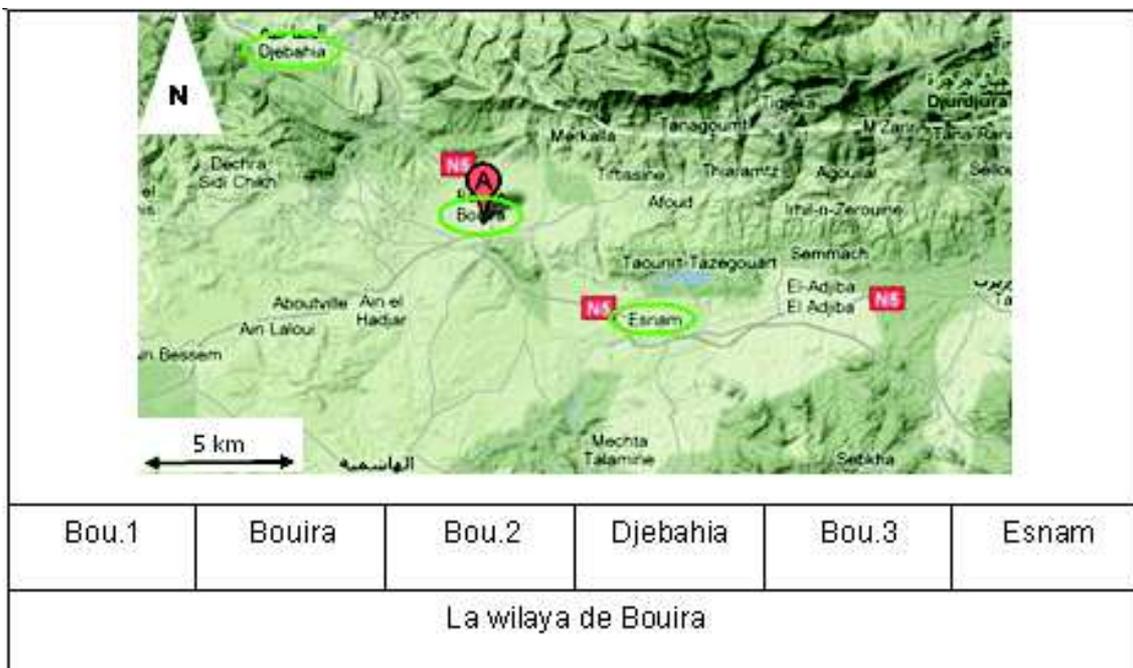


Figure N°15.c : Les localités de la wilaya de l'Atlas Algérois et sud-Algérois et leur codification.

c.Les Hautes Plaines Telliennes

- Les Hautes Plaines Telliennes sud-Oranaises (HT.O)



Figure N°15.d : Les localités de la wilaya des Hautes Plaines Telliennes sud-Oranaises et leur codification.

- Les Hautes Plaines Telliennes sud-Constantinoises (HT.S)



Figure N°15.e : Les localités des wilayas des Hautes Plaines Telliennes sud-Constantinoises et leur codification.

d. Les Hauts Plateaux steppiques sud-Constantinois (HS.C)

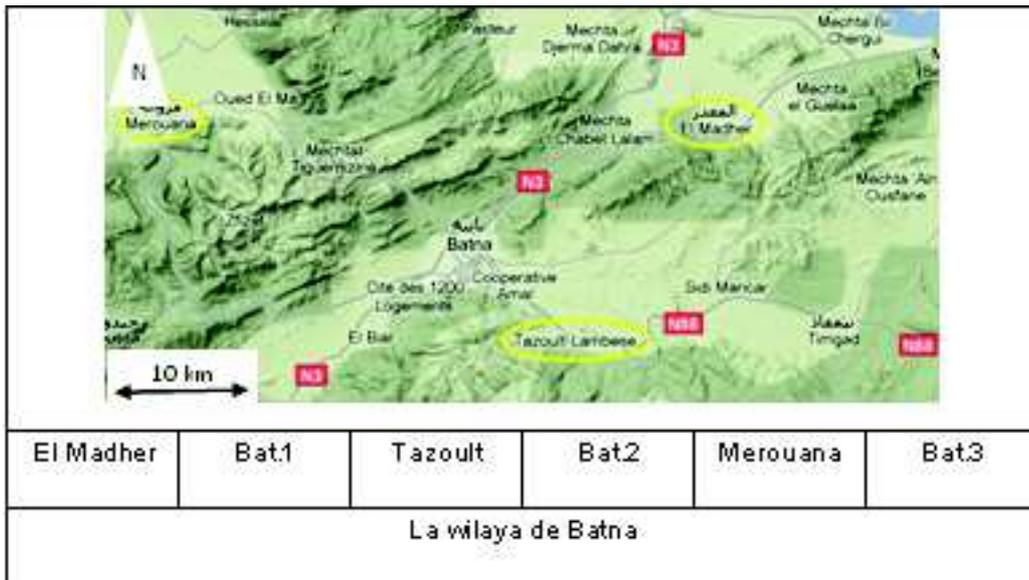


Figure N°15.f : Les localités de la wilaya des Hauts Plateaux steppiques sud-Constantinois et leur codification.

Troisième partie : Résultats et discussion

Chapitre.1 : La biométrie des kystes de *Heterodera avenae*

1.Analyse statistique des données.

Un échantillon des valeurs recueillies en utilisant une échelle linéaire (par exemple, longueur, largeur et nombre d'œufs) peut être décrit par une variété de statistiques descriptives, la plus commune étant la moyenne, la médiane, l'écart type, les limites inférieures et supérieures de confiance à 25% et 75% et les valeurs minimales et maximales.

Ces paramètres ont pour objectif de caractériser l'ordre de grandeur des observations. La médiane correspond au centre de la série statistique classée par ordre croissant. C'est-à-dire que 50% des valeurs sont inférieures et 50% des valeurs sont supérieures à cette valeur.

La variance et l'écart-type observés sont des paramètres de dispersion qui ont pour objectif de caractériser la variabilité des données dans la population des kystes.

1.1.Les caractères descriptifs des kystes de *Heterodera avenae*.

a.Les longueurs des kystes d'*Heterodera avenae*

Nous remarquons en premier lieu (Tab.4) que la moyenne générale des mesures de longueurs des kystes d'*Heterodera avenae* de tous les échantillons effectués à travers les différentes régions est de $(614,48 \pm 92,32) \mu\text{m}$. De plus, les valeurs de la moyenne et celles de la médiane sont proches. Ceci nous informe que la distribution des valeurs de la longueur des kystes est symétrique. Les valeurs des écarts-type montrent que les mesures des longueurs des kystes présentent une plus grande variabilité pour toutes les régions échantillonnées à l'exception de ceux de Bejaïa (E128b), de Tiaret (E129) et de Birtouta (E132a et E132b). Ceci est confirmé par les valeurs de la variance.

La plus forte variabilité nous la retrouvons dans la région de Sétif (Set.2) qui correspond au Barrage de Ain Arnat et Batna (Bat.3) pour Merouana. Ces deux régions présentent la particularité d'être proche des zones inondées. Les variabilités les plus faibles sont enregistrées pour la wilaya de Bejaïa (E128b), la wilaya de Tiaret (E129), et pour les localités de Birtouta de la wilaya de Tipaza (E132a et E132b).

Codes	Moyenne	Médiane	Ecartstype	Variances	Valeurs minimales	Valeurs maximales	26 %	76 %
E128b	614,70	600	77,64	6012,46	470	800	660	660
E129	662,70	660	66,17	4378,47	630	780	640	700
E131	648,00	640	100,3	10068,0	300	800	620	
E132a	681,33	690	63,23	3998,03	660	770	640	720
E132b	618,70	610	48,12	2316,63	440	600	480	640
Tip.1	660,30	640	96,07	9038,30	410	800	600	640
Bou.1	687,70	690	101,6	10328,6	600		600	760
Bou.2	612,00	600	96,36	9091,62	460	780	640	680
Bou.3	631,00	630	96,60	9312,26	460	790	680	
Bba.1	683,30	690	110,2	12133,0	360	640	480	660
Bba.2	674,70	660	91,46	8363,10		660	600	640
Bba.3	616,00	606	90,27	8148,67	380	670	640	670
Set1	684,70	660	97,37	9480,91	360	640	600	620
Set2	647,70	620	118,3	14004,3	360	660	660	740
Set3	699,00	670	99,70	9940,09	360	690	640	640
Bat1	698,00	690	97,43	9492,60	470	670	620	680
Bat2	634,70	636	96,91	9391,64	460	680	680	
Bat3	606,30	620	116,2	13614,0	460	740	640	700
Moyenne	614,48	606,11	92,32				551	672

Tableau N°4 : Paramètres descriptifs des mesures de longueurs des kystes d'*Heterodera avenae*

b. Les largeurs des kystes d'*Heterodera avenae*

Les mêmes remarques observées pour les mesures des longueurs se retrouvent dans les mesures des largeurs (Tab.5). Nous enregistrons une moyenne générale de tous les échantillons de $(470,46 \pm 71,01) \mu\text{m}$. De plus, la similitude entre les valeurs de la moyenne et celles de la médiane nous indiquent une distribution symétrique des échantillons.

Nous retrouvons aussi la même particularité concernant les mesures des largeurs des deux régions retenues pour leurs situations dans des zones inondées à savoir le barrage d'Ain Arnat de Sétif (Set.2) et la région de Merouana de Batna (Bat.3).

Tableau N°5 : Paramètres descriptifs des mesures de largeurs en μm des kystes d'*Heterodera avenae*

**Contribution à l'étude biométrique de quelques populations du nématode *Heterodera avenae* Woll
Inféodé aux cultures céréalières**

Codes	Moyenne	Médianes	Ecart type	Variances	Valeur minimale	Valeur maximale	25%	75%
E128b	463,30	470	66,45	4415,60	340	600	420	500
E129	484,70	480	50,29	2529,08	380	580	460	520
E131	518,70	520	68,47	4688,14	360	680	500	560
E132a	524,00		45,91	2107,72	440	620		
E132b	380,00	380	44,88	2013,31	280	460	340	420
Tip.1	441,30	440	82,45	6798,00		640	370	480
Bou.1	494,30	510	71,37	5093,67	370		450	550
Bou.2	489,30	480	64,00	4096,00	360	580	460	
Bou.3	496,30	500	69,70	4858,09		650		560
Bba.1	448,70	450	95,76	9169,97	280	680	360	520
Bba.2	434,00	430	73,47	5396,37		560	370	480
Bba.3	476,00	480	70,98	5038,16	320	640	420	520
Set.1	439,70	425	87,04	7575,96	280	630	360	
Set.2	491,30	490	105,3	11102,8	360	640	420	560
Set.3	440,30	440	61,67	3803,18	320	580	400	500
Bat.1	449,00	460	80,49	6478,64	280			520
Bat.2	505,30	500	66,63	4439,55	360	680	460	560
Bat.3	492,00		103,4	10699,8	300		430	580
Moyenne	470,46	470,83	71,01				421	525

De plus les régions qui présentent les écarts à la moyenne les plus faibles c'est-à-dire les populations dont la variation des mesures est la moins importante sont identiques à ceux retrouvées pour la mesure des longueurs.

c.Le rapport des mesures des longueurs/largeurs des kystes d'*Heterodera avenae*

Pour mieux cerner la variabilité de ces deux mesures, nous avons testé la variabilité du rapport de la longueur moyenne maximale et la largeur moyenne maximale des différentes régions échantillonnées.

Tableau N°6 : Les rapports des moyennes des longueurs et largeurs des kystes d'*Heterodera avenae* des régions échantillonnées.

Codes	Dénominations	Longueur/largeur	
E128b	Bejaïa	1,37	Bejaïa
E129	Tiaret		Tiaret
E131	Oued Smar	1,25	Alger
E132a	Birtouta.1	1,30	Tipaza
E132b	Birtouta.2	1,36	
Tip.1	Attatba	1,27	
Bou.1	Bouira	1,39	
Bou.2	Djebahia	1,25	Bouira
Bou.3	Esnam	1,27	
Bba.1	El Achir	1,30	
Bba.2	Ain Tagrout	1,32	Bordj. bou Arreridj
Bba.3	El Mahdia	1,29	
Set.1	El Eulma	1,33	Sétif
Set.2	Ain Arnat	1,32	
Set.3	Mechta Ouled Mehenna	1,36	
Bat.1	El Madher	1,33	Batna
Bat.2	Tazoult	1,25	
Bat.3	Merouana	1,23	
Moyenne		1,31	

Le tableau des rapports de mesures (Tab.6) montre que la région de Merouana de la wilaya de Batna présente des kystes avec la plus faible valeur ceci indique qu'ils sont plus chargés en œufs. Cette remarque s'appliquerait aussi aux kystes de Oued Smar de la wilaya d'Alger, à ceux de Djebahia de la wilaya de Bouira et de Tazoult et Merouana de la wilaya de Batna avec des valeurs de 1,25. La wilaya de Bouira renferme les kystes les moins chargés puisque le rapport des mesures est de 1,39. Plus le rapport longueur/largeur est faible plus le kyste est chargé d'œufs.

Lorsque le nombre de moyennes est supérieur à deux, on utilise l'analyse de la variance (appelée aussi ANOVA). Cette méthode est appliquée dans de nombreux domaines pour vérifier la ressemblance entre plusieurs facteurs. Nous avons à vérifier la similitude entre les mesures biométriques des kystes d'*H. avenae* de différentes régions céréalières échantillonnées.

1.2 Analyse de la variance (Anova) pour les mesures des kystes d' *H. avenae*

Nous savons que la moyenne de l'échantillon varie selon l'échantillon tiré. Des moyennes différentes peuvent être compatibles avec une même valeur dans la population. Toutefois, si la variance de chaque échantillon est faible mais la variance des moyennes des échantillons est grande alors on peut suspecter que les moyennes dans les populations sont différentes. L'analyse de la variance compare ces valeurs pour mieux les estimer.

a. Les longueurs des kystes.

L'analyse des variances sur l'égalité des moyennes des mesures des longueurs (Tab.7) des échantillons des kystes a montré une valeur du $F_{\text{observé}}$ de 0,3212 qui est inférieur au $F_{\text{théorique}}$ de 2,38 au seuil de signification de 0,05.

Tableau N°7 : Analyse de la variance des mesures de longueurs des kystes d' *Heterodera avenae* des localités échantillonnées

Sources de variation	Degrés de liberté	Somme des carrés	Moyennes quadratiques	F obs
Entre localités	17	31194,9181	1834,99518	0,32126
Résiduels	12	165643,786	5711,85469	
Total	29			

Ceci indique que la distribution des valeurs des moyennes des longueurs intra et inter localités ne présentent pas de différences significatives.

b. Les largeurs des kystes

La même observation est retrouvée pour les moyennes des mesures des largeurs (Tab.8) puisque la valeur du $F_{\text{observé}}$ de 0,0928 est inférieure au $F_{\text{théorique}}$ de 2,38 au seuil de signification de 0,05. Ceci montre que les largeurs sont en relation étroite avec les longueurs et ne présentent pas de différences significatives aussi bien entre les localités échantillonnées qu'à l'intérieur d'une même localité.

Tableau N°8 : Analyse de la variance des mesures de largeurs des kystes de *Heterodera avenae* des régions échantillonnées

Sources de variation	Degrés de liberté	Somme des carrés	Moyennes quadratiques	F obs
Entre localités	17	22336,82	770,23	0,0928
Résiduels	12	99557,45	8296,45	
Total	29			

Pour mieux vérifier cette relation des mesures des longueurs et celles des largeurs, il nous a semblé utile de calculer l'analyse de la variance du rapport de ces deux mesures.

c. Le rapport des mesures des longueurs/largeurs

Tableau N°9 : Analyse de la variance des mesures du rapport longueurs/largeurs des kystes de *Heterodera avenae* des régions échantillonnées

Sources de variation	Degrés de liberté	Somme des carrés	Moyennes quadratiques	F obs
Entre localités	17	0,03644	0,00214	1,24609
Résiduels	12	0,02071425	0,00172619	
Total	29			

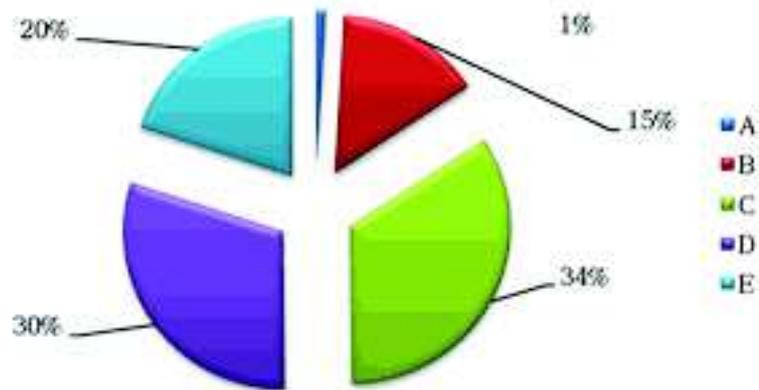
Cette analyse confirme que les mesures de ces deux paramètres ne présentent pas de différences significatives entre les moyennes aussi bien entre les localités échantillonnées qu'entre les échantillons de la même localité (Tab.9) puisque le $F_{\text{observé}}$ de 1,24609 est encore une fois inférieur au $F_{\text{théorique}}$ de 2,38 au seuil de signification de 0,05.

En résumé, les valeurs des mesures effectuées sur les kystes de *Heterodera avenae* ne présentent pas toutes des différences entre les localités échantillonnées. Mais pour nous fixer sur l'homogénéité ou hétérogénéité des distributions de ces données, nous nous proposons de déterminer la distribution des fréquences des effectifs de ces mesures.

1.3 La distribution des classes d'effectifs des mesures.

a. La mesure des longueurs

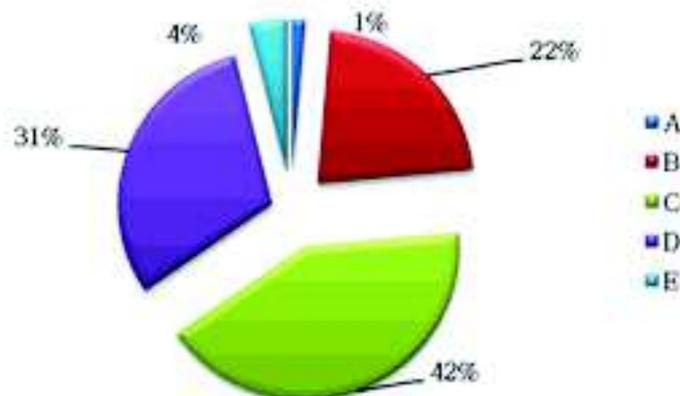
Les moyennes des longueurs des kystes d'*H. avenae* échantillonnés (Fig.16) présentent 64% de leur effectif avec une valeur comprise entre 500 et 699 μm . Seulement 1% de nos échantillons présentent une valeur comprise entre 300 et 399 μm .



A	300/399 μm	D	600/699 μm
B	400/499 μm	E	700/800 μm
C	500/599 μm		

Figure N°16 : Distribution des mesures de longueurs des kystes d'*Heterodera avenae*.

b. La mesure des largeurs



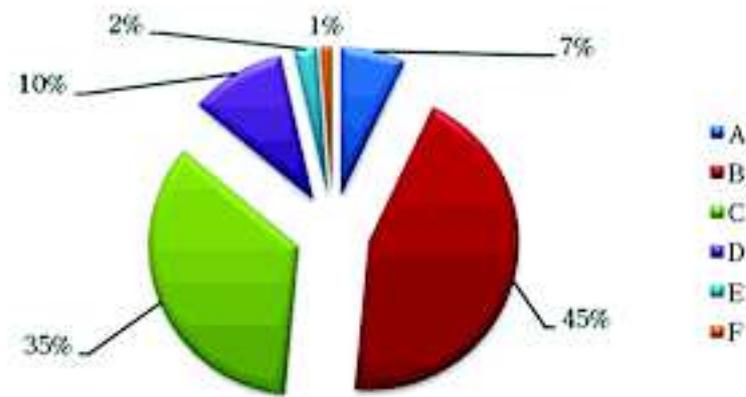
A	200/299 μm	D	500/599 μm
B	300/399 μm	E	600/700 μm
C	400/499 μm		

Figure N°17 : Distribution des mesures des largeurs des kystes d'*Heterodera avenae*.

En ce qui concerne les valeurs moyennes des mesures des largeurs (Fig.17), elles présentent 73% des kystes de *Heterodera avenae* comprises entre 400 et 599 μm . Les valeurs les plus faibles représentent seulement 1% de l'effectif total tout comme les mesures des longueurs.

c.Le rapport des mesures longueurs/largeurs

Le rapport des mesures de longueurs/largeurs (Fig.18) présente une population de 80% des kystes dont la valeur est comprise entre 1,30 à 1,49. Les kystes qui présentent un rapport maximum de 1,60 à 1,70 c'est-à-dire plus long que larges (1%) sont susceptibles de renfermer un nombre d'œufs beaucoup moins important que ceux dans le rapport est proche de l'unité soit 1,10 à 1,19 et qui se retrouvent dans les premières classes (A ; B et C).



A	1,10 à 1,19	D	1,40 à 1,49
B	1,20 à 1,29	E	1,50 à 1,59
C	1,30 à 1,39	F	1,60 à 1,7

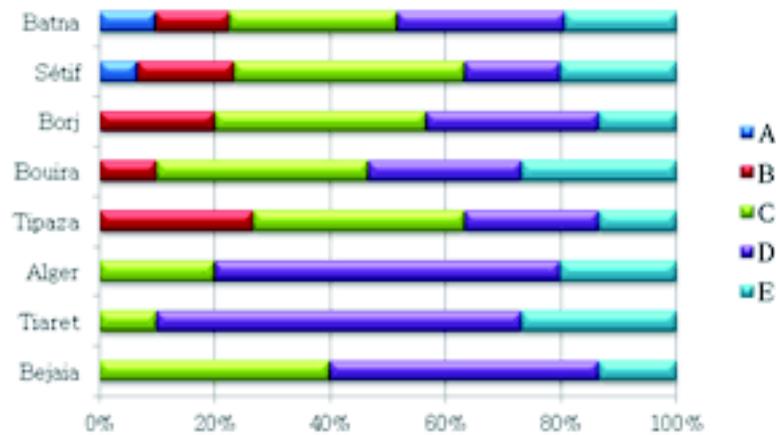
Figure N°18 : Distribution des rapports des mesures de longueurs/largeurs des kystes d'*Heterodera avenae*

2.Distribution des classes de pourcentage des longueurs et des largeurs suivant les régions échantillonnées.

2.1.Les Longueurs des kystes de *Heterodera avenae* par wilaya.

La figure N°19, nous présente les pourcentages des classes de mesures des longueurs des kystes par wilaya. Nous remarquons que seules les classes de plus grandes mesures des longueurs à savoir les classes C ; D et E. sont présentent dans les wilayas de Bejaïa, Tiaret et Alger. Un autre groupe de wilaya présentent quatre classes de longueurs B ; C ; D et

E comme les wilayas de Tipaza, Bouira et Bordj Bou Arreridj. Les deux wilayas restantes, Batna et Sétif, présentent un large éventail des mesures des longueurs avec l'ensemble des classes de mesures des longueurs. Les classes les plus représentatives sont « C » et « D ».

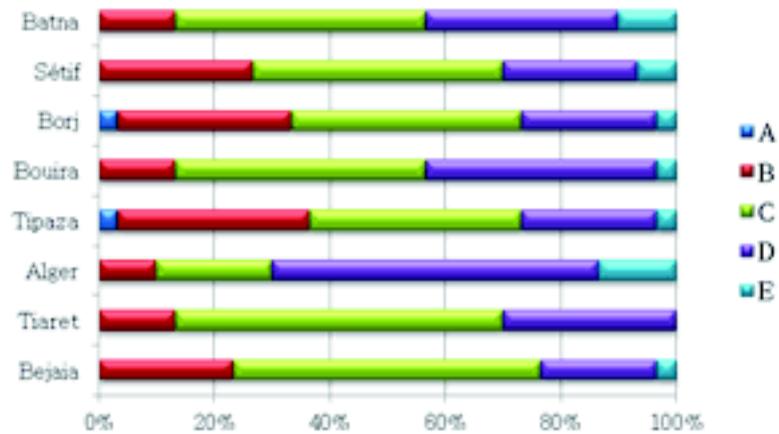


A	300/399 μm	D	600/699 μm
B	400/499 μm	E	700/800 μm
C	500/599 μm		

Figure N°19 : Distribution des pourcentages des classes de mesures des longueurs des kystes de *Heterodera avenae* par wilaya échantillonnée.

2.2. Les largeurs des kystes de *Heterodera avenae* par wilaya

Les classes de mesures des largeurs présentent une autre distribution que celle des longueurs (Fig.20). Nous retrouvons donc, que seule la wilaya de Tiaret renferme trois classes de largeurs des kystes (B, C et D). Un autre groupe de wilaya renferme quatre classes de grandeurs à l'exception de la classe de mesures de faibles largeurs (B, C, D et E). Ce groupe est constitué de la wilaya de Bejaïa, la wilaya d'Alger, la wilaya de Bouira, la wilaya de Sétif et la wilaya de Batna. Les wilayas restantes présentent les cinq classes de mesures des largeurs. Les classes les plus représentatives pour les mesures des largeurs sont les mêmes que celles des longueurs c'est-à-dire « C » et « D ».

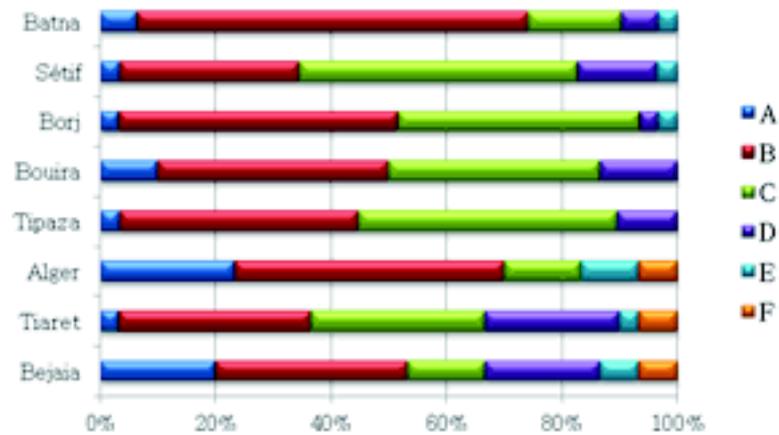


A	200/299 μ m	D	500/599 μ m
B	300/399 μ m	E	600/700 μ m
C	400/499 μ m		

Figure N°20 : Distribution des pourcentages des classes de mesures des largeurs des kystes de *Heterodera avenae* par wilaya échantillonnée.

2.3. Le rapport des mesures des longueurs et des largeurs des kystes de *Heterodera avenae* par wilaya

Pour une plus grande diffusion des mesures des rapports longueurs et largeurs, nous avons choisis six classes de mesures des rapports. La figure N°21, montre deux wilayas qui présentent l'ensemble des classes de mesures du rapport allant de 1 à 1,7 qui sont la wilaya de Bejaïa et la wilaya de Tiaret. Quatre wilayas renferment des kystes dont le rapport de mesures est composé de cinq classes (Batna, Sétif, Bordj Bou Arreridj et Alger). Cette dernière présente une classe « F » à la place de la classe « D ». Bouira et Tipaza renferment les mêmes classes de rapport. Il est important de retenir que quelque soit la wilaya nous retrouvons deux classes prépondérantes à savoir les classes « B » et « C ».



A	1,10 à 1,19	D	1,40 à 1,49
B	1,20 à 1,29	E	1,50 à 1,59
C	1,30 à 1,39	F	1,60 à 1,7

Figure N°21 : Distribution des pourcentages des classes de rapport des mesures des longueurs/largeurs des kystes de *Heterodera avenae* par wilaya échantillonnée.

3.Représentation graphique des distributions des effectifs des classes de mesures des longueurs et des largeurs des kystes de *Heterodera avenae*.

L'histogramme est un outil fréquemment utilisé, notamment pour résumer des données « discrètes » ou « continues » mesurées dans une échelle d'intervalle. Il est souvent employé pour montrer les caractéristiques principales de la distribution des données de façon pratique. Un histogramme sépare les valeurs possibles des données en classes ou groupes. Pour chaque groupe, un rectangle est construit dont la base correspond aux valeurs de ce groupe, et dont la taille du rectangle est proportionnelle au nombre d'observations dans le groupe. Cela signifie que les rectangles seront d'une hauteur différente. Un histogramme a une apparence semblable au diagramme à bandes verticales, mais lorsque les variables sont continues, il n'y a pas d'écart entre les barres. Lorsque les variables sont discrètes, des écarts sont laissés entre les barres.

La première opération est de déterminer le nombre de classes de l'histogramme. Généralement, dans le cadre d'une analyse de ce type, on utilise des classes de largeur identique.

- Le nombre de classes dépend du nombre de valeurs N dont on dispose.
- Le nombre de classes K peut être déterminé par la formule suivante :

Pour nos données nous avons $N=30$ pour chaque localité et K serait donc égal à $[1 + 10.\log(30)/3]$ c'est-à-dire $K = [1 + 10.(1,477)/3] = 15,77/3$ soit $K = 5,23$. Nous retiendrons la valeur de 6 classes pour mieux évaluer nos distributions des effectifs.

3.1. Les wilayas du Littoral.

a. Le littoral Algérois

La wilaya d'Alger.

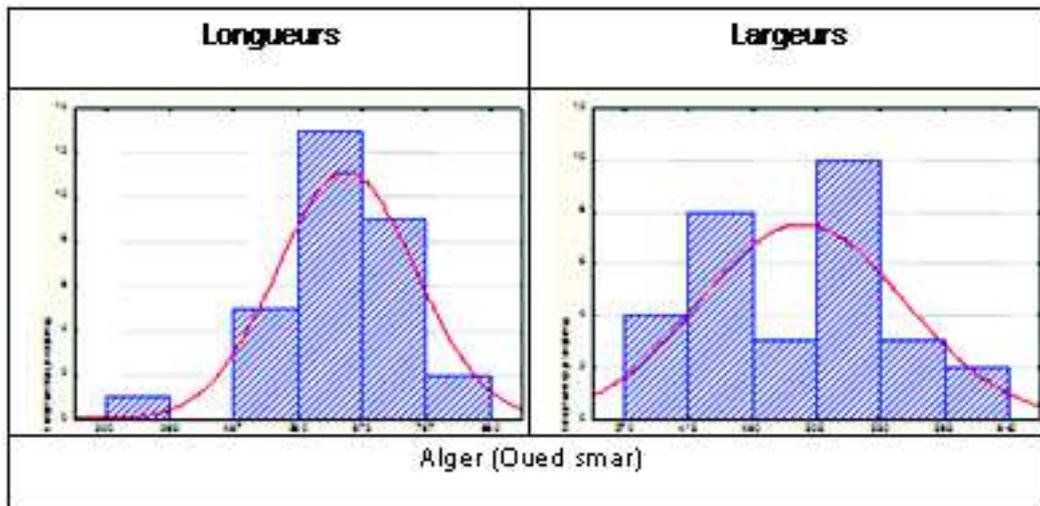


Figure N°22 : Représentation graphique des mesures des longueurs et des largeurs des Kystes de *Heterodera avenae* de la wilaya d'Alger

Le diagramme de la figure N°22 présente une distribution avec des valeurs discrètes c'est-à-dire non représentées dans le graphique pour des raisons soit d'absence ou de mesure non significatives pour les mesures des longueurs. Cependant les autres classes présentent des mesures continues avec un maximum de valeur représenté par une seule classe dans les deux cas. Nous remarquons que les effectifs des longueurs présentent une moyenne décalée vers les valeurs maximales.

La wilaya de Tipaza

Quelque soit la localité échantillonnée, la wilaya de Tipaza présentent des distributions des effectifs homogènes et normalisées (Fig.23). Les longueurs présentant une moyenne des observations légèrement décalées vers la gauche c'est-à-dire avec des valeurs moyennement faibles pour les deux régions de Birtouta.2 et Attatba. En ce qui concerne les largeurs des kystes, la localité de Birtouta.1 présente un effectif plus important.

b. Le littoral Constantinois

La wilaya de Béjaïa

Les classes d'effectifs des mesures des longueurs des kystes de la wilaya de Bejaïa (Fig.24) sont beaucoup plus situées vers les classes inférieures avec des mesures de faibles longueurs. Celles des largeurs se situent beaucoup plus dans les zones de moyennes mesures. Ces deux distributions malgré leur discontinuité présentent une forme de distribution normale (courbe rouge).

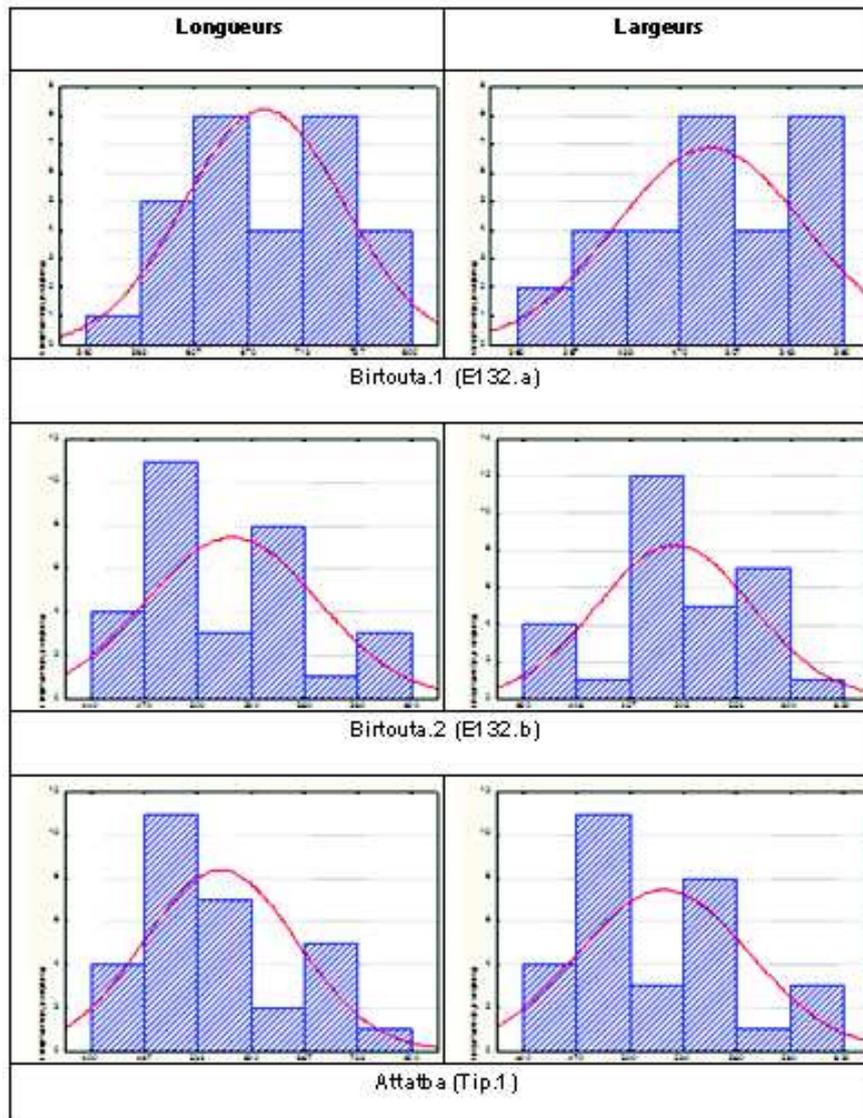


Figure N°23 : Représentations graphiques des mesures des longueurs et des largeurs de Kystes de *Heterodera avenae* de la région de Tipaza.

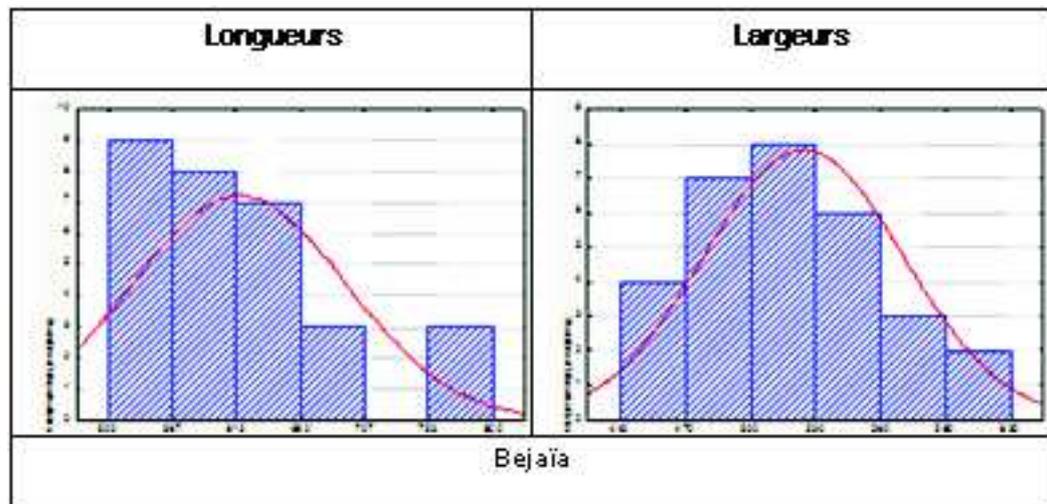


Figure N°24 : Représentation graphique des mesures des longueurs et des largeurs de Kystes de *Heterodera avenae* de la wilaya de Bejaïa

3.2. La wilaya de l'Atlas Tellien sud-Algérois

a. La wilaya de Bouira.

Les trois régions échantillonnées de la wilaya de Bouira (Fig.25), présentent une distribution normale des mesures des kystes de *Heterodera avenae*. Cependant nous remarquons que les distributions des mesures des longueurs sont beaucoup plus représentées par les valeurs minimales pour les deux localités de Djebahia et Esnam. Les largeurs des localités présentent des valeurs bien distribuées et regroupées vers les classes moyennes. Cela serait peut être du à la maturité des kystes qui seraient plein d'œufs à l'exception de la localité de Bouira.1 qui présente des un maximum de kystes de faible largeur

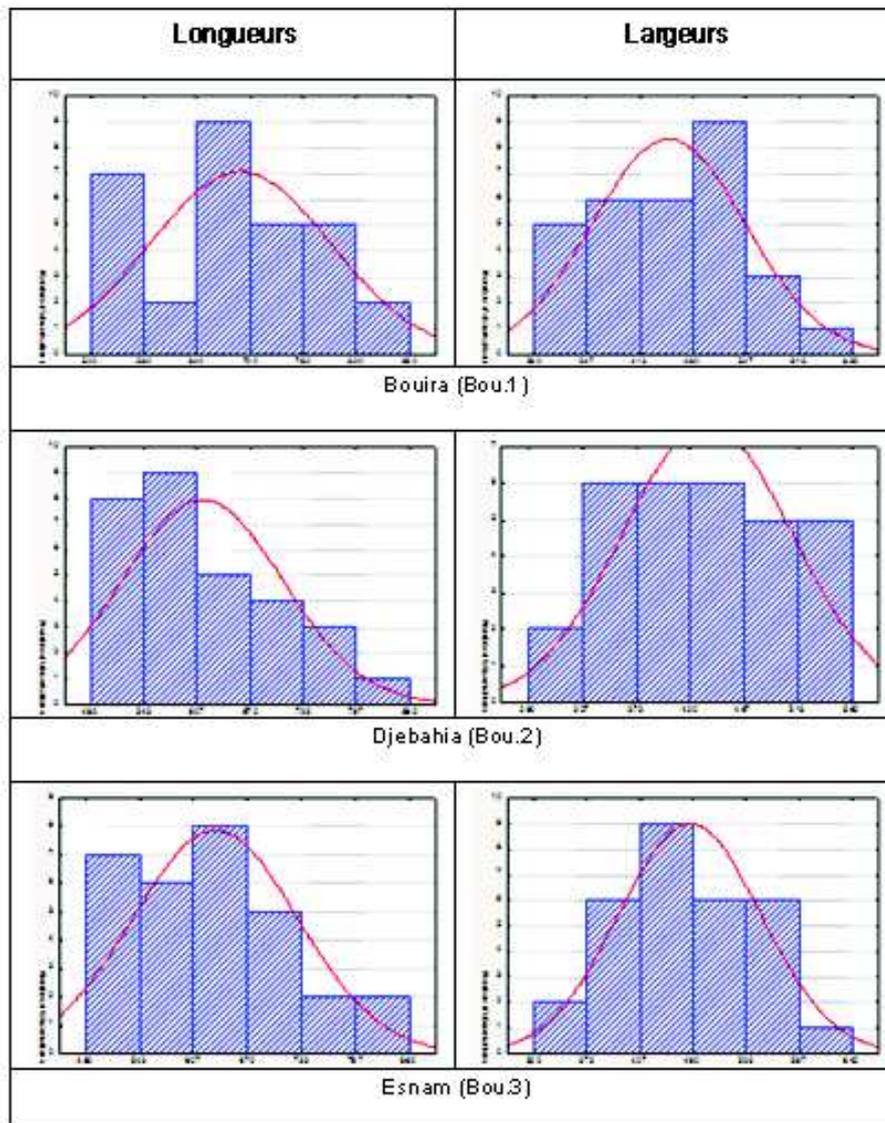


Figure N°25 : Représentations graphiques des mesures des longueurs et des largeurs de Kystes de *Heterodera avenae* de la wilaya de Bouira.

3.3. Les wilayas des Hautes Plaines Telliennes

a. Les Hautes Plaines Telliennes Sétifiennes

· La wilaya de Bordj Bou Arreridj.

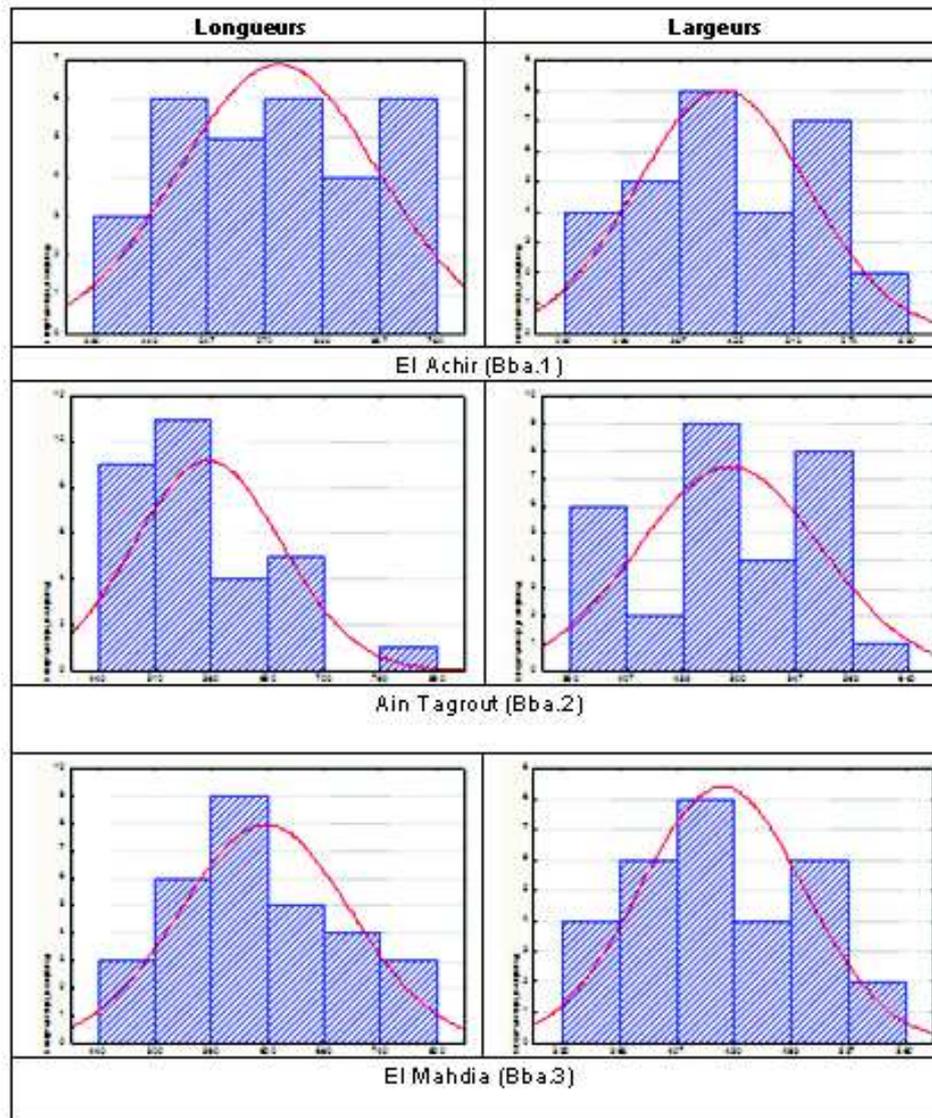


Figure N°26 : Représentations graphiques des mesures des longueurs et des largeurs de Kystes de *Heterodera avenae* de la wilaya de Bordj Bou Arreridj.

Les trois régions de la wilaya de Bordj Bou Arreridj, à savoir El achir, Ain tagrout et El Mahdia (Fig.26) présentent des distributions des classes d'effectifs normales (courbes rouges). El achir présente des classes à effectif de longueurs des kystes relativement égales. La localité d'Ain tagrout présente une particularité dans l'absence relative des classes de largeurs importantes. Ceci pourrait se traduire par l'infertilité probable de ses kystes. L'allure de la courbe rouge montre des moyennes d'observations légèrement décalées à gauche ce qui signifie que les mesures sont concentrées vers les valeurs les plus faibles.

La wilaya de Sétif

Les distributions des classes d'effectifs des régions de la wilaya de Sétif (Fig.27) présentent une particularité dans les classes de mesures des localités de Mechta Ouled Mehenna et d'El eulma, puisque nous retrouvons un maximum de classes de faible longueur et un maximum de classes de largeurs de mesures assez importantes. Contrairement à la localité

d'Ain arnat qui présente des classes d'effectifs des mesures des largeurs avec une absence relativement importante des valeurs maximales des kystes de *Heterodera avenae*.

Nous retenons néanmoins une très forte similitude des valeurs des deux wilayas de la région des Hautes Plaines Telliennes Sétifiennes.

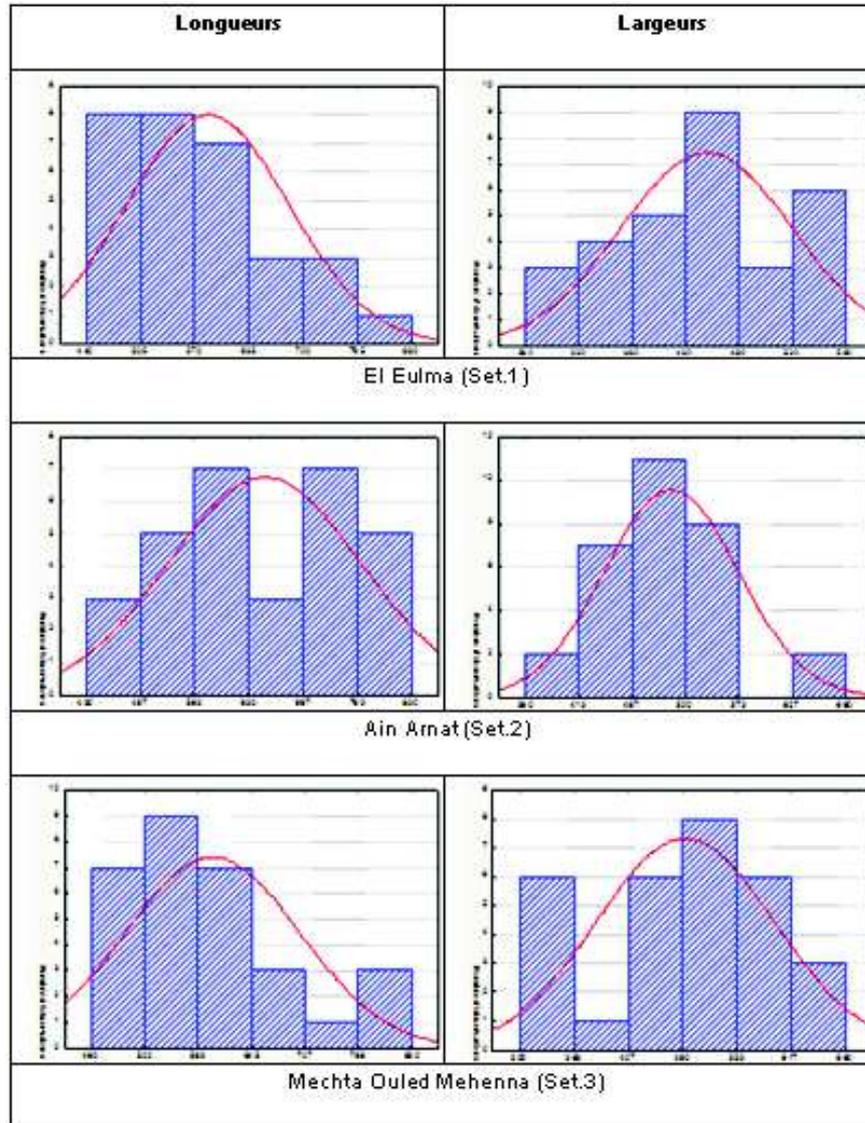


Figure N°27 : Représentations graphiques des mesures des longueurs et des largeurs de Kystes de *Heterodera avenae* de la région de Sétif.

b. Les Hautes Plaines Telliennes sud-Oranaises

· La wilaya de Tiaret

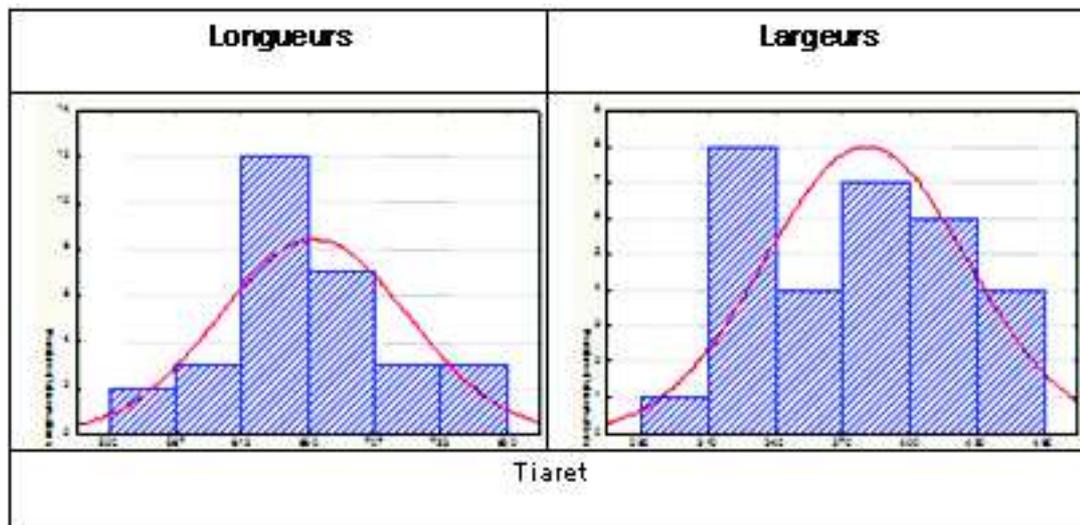


Figure N°28 : Représentation graphique des mesures des longueurs et des largeurs de Kystes de *Heterodera avenae* de la wilaya de Tiaret

Les mesures des longueurs et des largeurs des kystes de *Heterodera avenae* de la wilaya de Tiaret (Fig.28) présentent une distribution centrée sur les mesures de moyennes grandes. Nous notons cependant un maximum de classes d'effectif des mesures des largeurs à grandes valeurs. Une distribution normale des classes d'effectifs pour les mesures des longueurs et des largeurs des kystes de *Heterodera avenae* de la wilaya de Tiaret.

3.4 La wilaya des Hauts plateaux Steppiques

a. La wilaya de Batna

Les échantillons de la localité de Merouana ont été réalisés dans une zone céréalière traversée par un séguia (petit cours d'eau). Les distributions des classes d'effectifs des kystes des deux régions d'El madher et de Tazoult présentent des populations de kystes avec une majorité ayant une longueur faible et une largeur de valeur moyenne (Fig.29). Ceux de Merouana au contraire présentent une population de kystes plus large et des longueurs faibles.

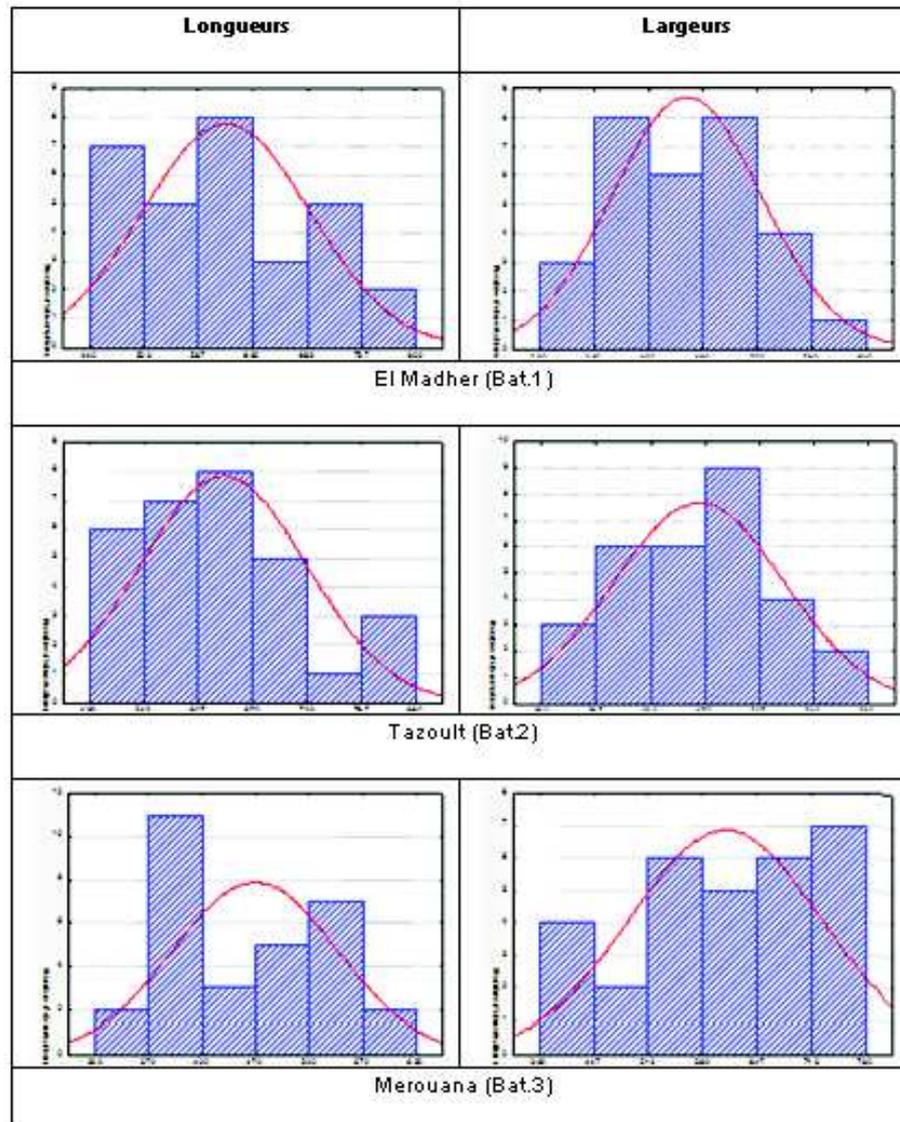


Figure N°29 : Représentations graphiques des mesures des longueurs et des largeurs de Kystes de *Heterodera avenae* de la région de Batna.

Les localités d'El Madher et de Tazoult présentent des distributions des fréquences des longueurs avec des moyennes légèrement décalées vers la gauche et des largeurs avec des moyennes légèrement décalées vers la droite. Ceci pourrait indiquer la maturité relativement faible de ces kystes par rapport aux kystes de la localité de Mérouana. En résumé, malgré la distribution normale de toutes les localités échantillonnées, nous remarquons qu'il existe des différences dans les mesures effectuées sur les kystes suivant les régions.

La classification numérique de nos échantillons pourrait nous indiquer si les localités échantillonnées et les régions présenteraient des similitudes entre leurs populations.

4. La classification numérique par dendrogramme.

La classification numérique est utilisée pour organiser les objets d'intérêt dans une hiérarchie de groupes de ramification (un arbre, ou dendrogramme) basée sur la façon

similaire ou non des objets sont en fonction d'un certain nombre d'attributs qui sont connus pour chaque objet, par exemple, la région dans notre étude. Elles peuvent être regroupées suivant un certain nombre de paramètres tels que la taille de la population. Le résultat d'une telle analyse serait de montrer quels sont les régions les plus similaires en termes de ces facteurs.

4.1. Les longueurs des kystes d'*Heterodera avenae*.

Nous remarquons la présence de trois groupes de ressemblance (Fig.30) constitués par :

- Les localités d'El Eulma et de Mechta Ouled Mehenna de la wilaya de Sétif (Set.1 et Set.3) ;
- La localité de Attatba de la wilaya de Tipaza (Tip.1) ;
- Les localités d'Ain Tagrouit et d'El Mahdia de la wilaya de Bordj Bou Arreridj (Bba.2 et Bba.3) ;
- La localité d'El Madher de la wilaya de Batna (Bat.1) ;
- et la localité de Djebahia de la wilaya de Bouira (Bou.2) pour le premier groupe ;

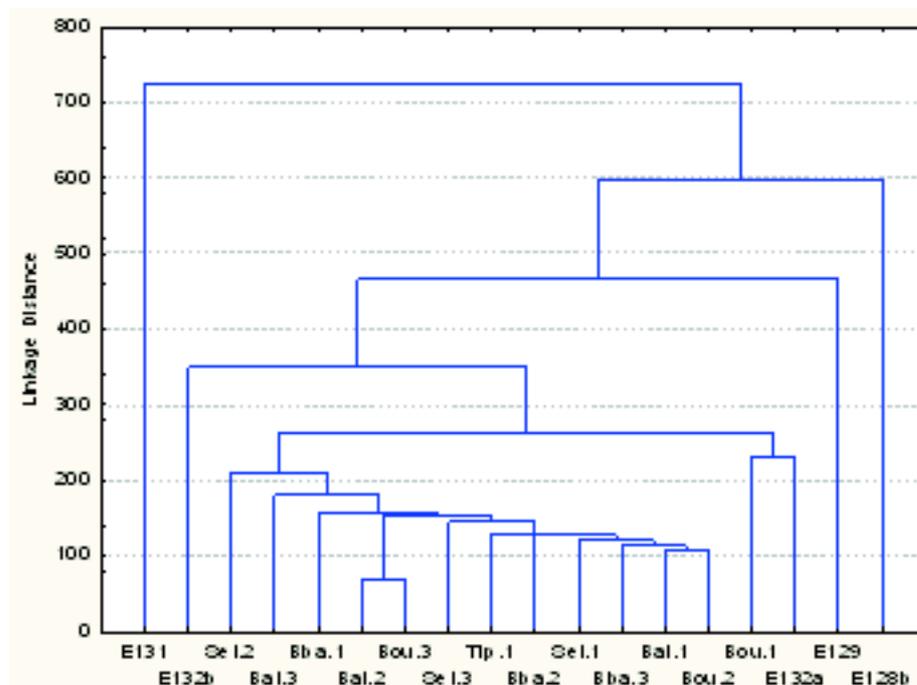


Figure N°30 : Dendrogramme des mesures de longueurs des kystes de *Heterodera avenae* suivant les localités échantillonnées.

Un deuxième groupe avec :

- la localité de Esnam de Bouira (Bou.3) ;
- les localités de Tazoult et Merouana de la wilaya de Batna (Bat.2 et Bat.3) ;
- la localité d'El Achir de la wilaya de Bordj Bou Arreridj (Bba.1)
- et la localité d'Ain Arnat de la wilaya de Sétif (Set.2).

et un troisième groupe avec :

- la localité de Bouira de la wilaya de Bouira (Bou.1)
- et la localité Birtouta.1 de la wilaya de Tipaza (E132a).

Les éléments restants c'est-à-dire :

- la localité de Oued smar de la wilaya d'Alger (E131) ;
- la localité de Birtouta.2 de la wilaya de Tipaza (E132b) ;
- la wilaya de Tiaret (E129) et la wilaya de Bejaïa (E128b)

constituent un groupe de localités dont la composition des éléments des longueurs des kystes est hétérogène.

4.2. Les largeurs des kystes de *Heterodera avenae*.

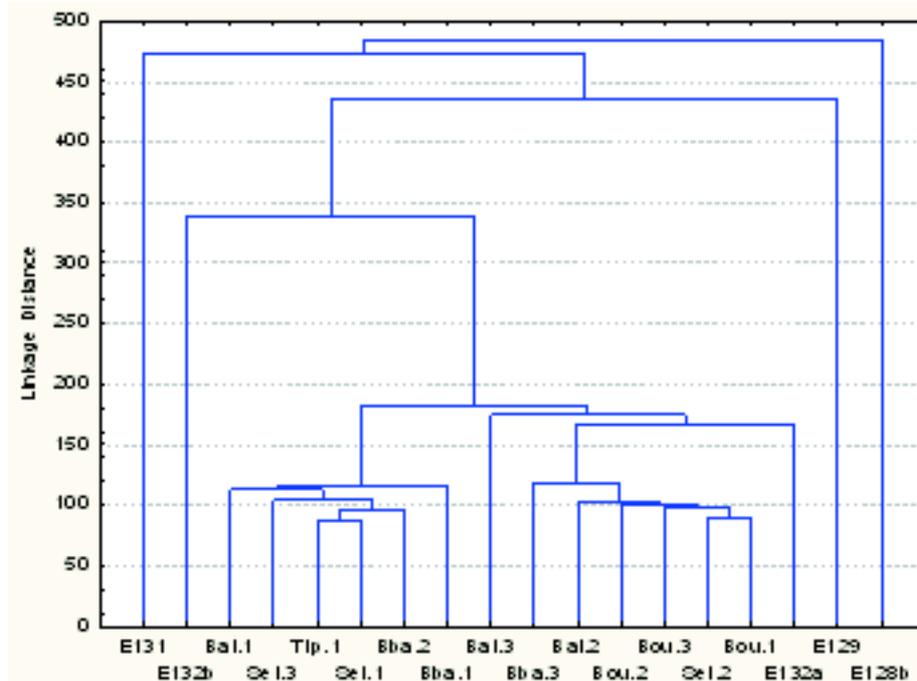


Figure N°31 : Dendrogramme des mesures de largeurs des kystes de *Heterodera avenae* suivant les localités échantillonnées.

Nous retrouvons la même répartition des groupes avec quelques variantes. La présence de deux groupes homogènes et des éléments dispersés. Le dendrogramme des mesures des largeurs de *Heterodera avenae* (Fig.31) nous montre un premier groupe composé de :

- Les trois localités de la wilaya de Bouira
- Ain Arnat de la wilaya de Sétif
- El Mahdia de la wilaya de Bordj Bou Arreridj
- et Tazoult de la wilaya de Batna.

Un second groupe avec les localités de :

- El Achir et Ain Tagrout de la wilaya de Bordj Bou Arreridj ;
- El Eulma et Mechta Ouled Mehenna de la wilaya de Sétif ;
- El Madher de la wilaya de Batna
- et Attatba de la wilaya de Tipaza.

Le reste des localités forment un ensemble très hétérogène quant à la largeur des kystes de *Heterodera avenae*. Ce groupe est constitué de :

- La wilaya de Bejaïa ;
- La wilaya de Tiaret ;
- La wilaya d'Alger ;
- Birtouta.1 et Birtouta.2 de la wilaya de Tipaza
- et Merouana de la wilaya de Batna.

4.3.Le rapport des longueurs/largeurs des kystes de *Heterodera avenae*

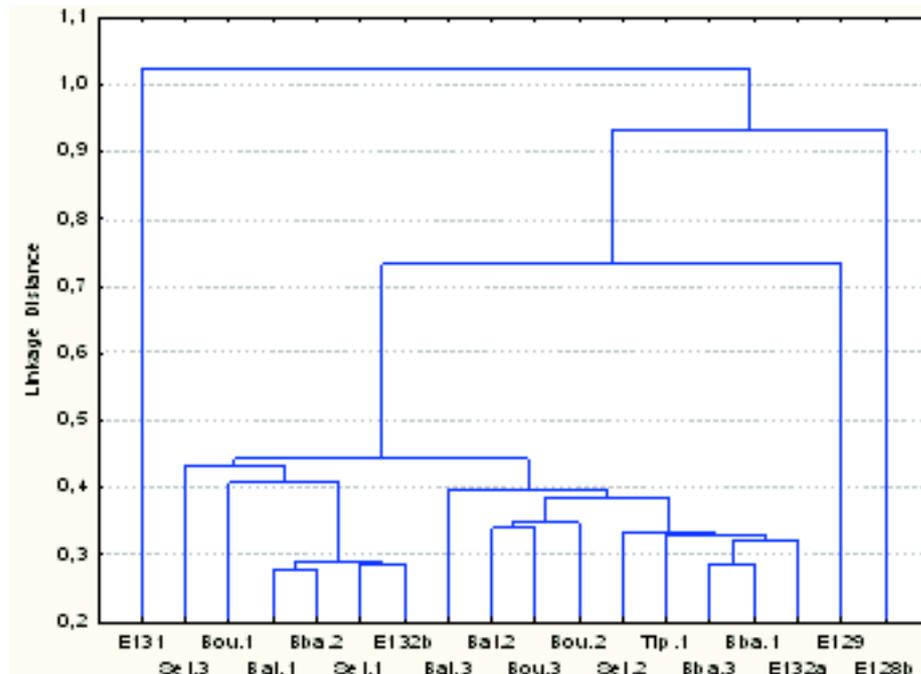


Figure N°32 : Dendrogramme des mesures des rapports des longueurs/largeurs des kystes de *Heterodera avenae* suivant les localités échantillonnées.

Le dendrogramme du rapport des longueurs/largeurs des kystes de *Heterodera avenae* (Fig.32) présentent aussi des groupes de ressemblance avec un ensemble formé de :

- Birtouta.1 et Atatba de la wilaya de Tipaza ;
- El Achir et Mahdia de la wilaya de Bordj Bou Arreridj ;
- et Ain Arnat de la wilaya de Sétif ;

et un autre constitué des localités suivantes :

- Birtouta de la wilaya de Tipaza ;
- Ain Tagrout de la wilaya de Bordj Bou Arreridj ;
- Ain Arnat de la wilaya de Sétif
- et El Madher de la wilaya de Batna.

un troisième groupe constitué de :

- Tazoult de la wilaya de Batna
- Djebahia et Esnam de la wilaya de Bouira

et enfin un dernier groupe composé de

- La wilaya d'Alger ;
- La wilaya de Tiaret ;

- La wilaya de Bouira ;
- La wilaya de Bejaïa ;
- Mechta Ouled Mehenna de la wilaya de Sétif ;
- et Merouana de la wilaya de Batna.

Tableau N°10 : Résumé des données du rapport des longueurs/largeurs.

Régions géographiques		Wilaya		Localités	
Littoral	1,33	Bejaïa	1,37	Bejaia	1,37
		Alger	1,37	Alger	1,37
		Tipaza	1,30	Birtouta.1	1,25
				Birtouta.2	1,30
Attatba	1,36				
Atlas Tellien	1,30	Bouira	1,30	Bouira.1	1,27
				Djebahia	1,39
				Esnam	1,25
Hautes Plaines Telliennes	1,30	Tiaret	1,30	Tiaret	1,27
		Bordj Bou Arreridj	1,30	Al achir	1,30
				Ain tagrout	1,32
		Sétif	1,34	El mahdia	1,29
				El eulma	1,33
				Ain arnat	1,32
				M.O. mehenna	1,36
Hauts Plateaux Steppiques	1,27	Batna	1,27	El maadher	1,33
				Tazoult	1,25
				Merouana	1,23

qui montrent une dissemblance régionale entre les rapports des mesures de longueurs/largeurs des kystes de *Heterodera avenae*.

En résumé, la classification de l'ensemble des données des longueurs et des largeurs des kystes de *Heterodera avenae* des différentes régions échantillonnées (Tab.10) a donné le résultat suivant :Un rapprochement de premier ordre entre les populations des kystes de *Heterodera avenae* des régions de l'Atlas Tellien et des Hautes Plaines Telliennes avec un rapport moyen des mesures de 1,30 (Tab.10 et Fig.32).

Les régions qui présentent une similitude entre leurs populations des kystes de *Heterodera avenae* sont :

- La wilaya de Tipaza pour le littoral Algérois ;
- La wilaya de Bouira pour l'Atlas Tellien ;
- Et les wilayas de Tiaret et de Bordj Bou Arreridj pour les Hautes Plaines Telliennes.

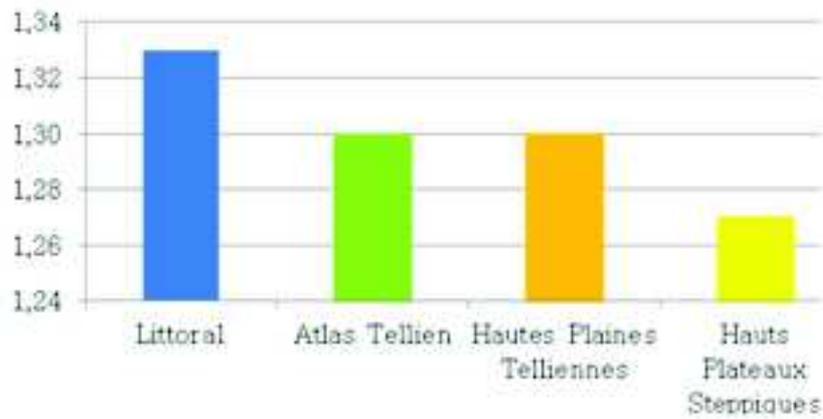


Figure N°33 : Distributions des moyennes des populations des kystes de *Heterodera avenae* suivant les régions géographiques.

Les kystes des Hauts plateaux (Fig.33) présentent des populations plus chargées en œufs avec un rapport faible de 1,27. Les kystes de régions du littoral algérois présentent un rapport de 1,37 pour Alger et Béjaia ce qui montrent que ces deux populations sont similaires et présentent des kystes moins chargées en œufs. La wilaya de Tipaza malgré son rapprochement avec les populations du littoral présentent un rapport de 1,30 identique à ceux de l'Atlas Tellien et des Hautes Plaines Telliennes.

Les wilayas présentent une ressemblance entre les populations des kystes de régions géographiques différentes comme la wilaya de Tipaza de la région du littoral avec les régions des Hautes plaines et de l'Atlas Tellien (Fig.34)

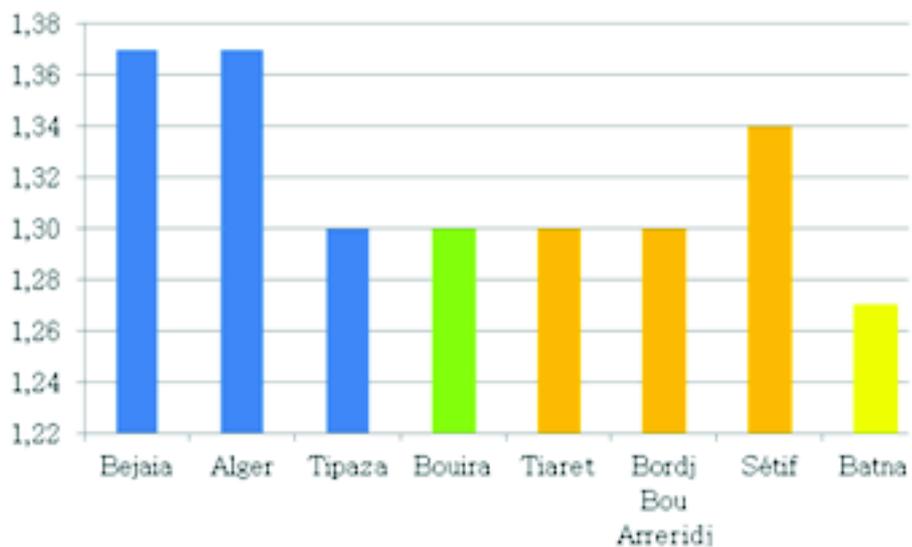


Figure N°34 : Distribution des moyennes des populations des kystes de *Heterodera avenae* suivant les wilayas

Si la largeur du kyste pourrait nous indiquer la probable turgescence de celui-ci. Nous avons pensé utile d'étudier la fécondité de *Heterodera avenae* en déterminant le nombre d'œufs contenus dans les kyste de trois de nos régions échantillonnées présentant des kystes dont les largeurs sont importantes, à savoir, la wilaya de Sétif avec la localité de Ain

Arnat, la wilaya de Bordj Bou Arreridj avec la localité de Ain tagrouit et la wilaya de Batna avec la localité de Merouana.

C'est le rapport entre le nombre d'œufs et le nombre de kystes. Ce taux dépend de plusieurs facteurs pouvant influencer sur les populations des kystes, comme la plante hôte, la nature du sol, etc. Il existe une grande variabilité de la fécondité. Nous nous limiterons dans notre étude à évaluer la fécondité relative de quelques populations de kystes de trois régions (Sétif, Bordj Bou Arreridj et Batna) présentant un climat relativement identique se situant dans l'étage bioclimatique semi-aride frais, avec une pluviométrie variant de 300 à 400 mm.

1. Les paramètres descriptifs du taux de la fécondité moyenne d'*Heterodera avenae*.

Le tableau N°11 présente les principales caractéristiques descriptives des populations des kystes échantillonnés.

Tableau N°11 : Paramètres descriptifs de la fécondité de *Heterodera avenae*

	Sétif	Bordj Bou Arreridj	Batna
Moyennes	243,5	218,57	177,9
Médianes	232,5	194,5	177
Ecart-type	74,54	72,77	26,65
Minimum	132	115	134
Maximum	364	414	243
25%	186	168	156
75%	305	285	198

La première observation à retenir est la similitude entre la valeur de la moyenne et celle de la médiane concernant la population embryonnaire de la région de Batna. Cette similitude indique une distribution symétrique de cette population. L'écart-type de cette distribution indique une agrégation des valeurs du nombre moyen d'œufs. Les deux autres wilayas présentent des distributions similaires. Les valeurs minimales du nombre des populations embryonnaires des deux régions Sétif et Batna sont relativement identiques.

2. L'analyse de la variance.

L'analyse de la variance du nombre moyen des œufs contenus dans les kystes de *Heterodera avenae* des trois régions échantillonnées (Tab.12) donne une valeur du $F_{\text{observé}}$ de 0,33480669, il est inférieur au $F_{\text{théorique}}$ de 3.3541 au seuil de signification de 5%.

Tableau N°12 : Analyse de la variance du nombre moyen des œufs des kystes de *Heterodera avenae* selon les régions céréalières échantillonnées.

Sources de variation	Degrés de liberté	Somme des carrés	Moyennes quadratiques	F_{obs}
Entre régions	2	2192,9363	1096,46815	0,33480669
Résiduels	27	88423,0851	3274,92908	
Total	29			

Ainsi, malgré les valeurs relativement différentes du nombre moyen d'œufs par kyste, l'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les populations inter et intra-régionale.

3. Distribution des classes d'observations du nombre d'œufs moyen par kyste de *Heterodera avenae* par wilaya échantillonnée.

Le diagramme de la distribution (Fig.34) du nombre d'observation des œufs contenus dans les kystes d'*Heterodera avenae* confirme l'agrégation du nombre d'œufs dans trois classes dont le maximum est enregistré dans la deuxième classe avec un nombre moyen d'œufs compris entre 150 et 199 œufs par Kyste pour la région de Batna.



Figure N°35 : Distribution des classes du nombre d'observations d'œufs moyens par kyste de *Heterodera avenae* suivant les régions échantillonnées.

Cette classe est la mieux représentée puisque les trois régions ont un nombre maximum des kystes de *Heterodera avenae* dont les œufs sont compris entre 150 et 199 œufs par femelle.

Les œufs des kystes de la région de Sétif sont observés avec toutes les classes de nombre d'œufs moyens par femelle.

Les classes de kystes renfermant le maximum d'œufs par femelle ne sont pas bien représentées, puisqu'elles sont absentes dans les régions de Batna et de Bordj Bou Arreridj. Elles sont de moindre importance pour les autres classes.

4. Distribution des classes d'effectifs du nombre moyen d'œufs par kyste de *Heterodera avenae* par wilaya échantillonnée

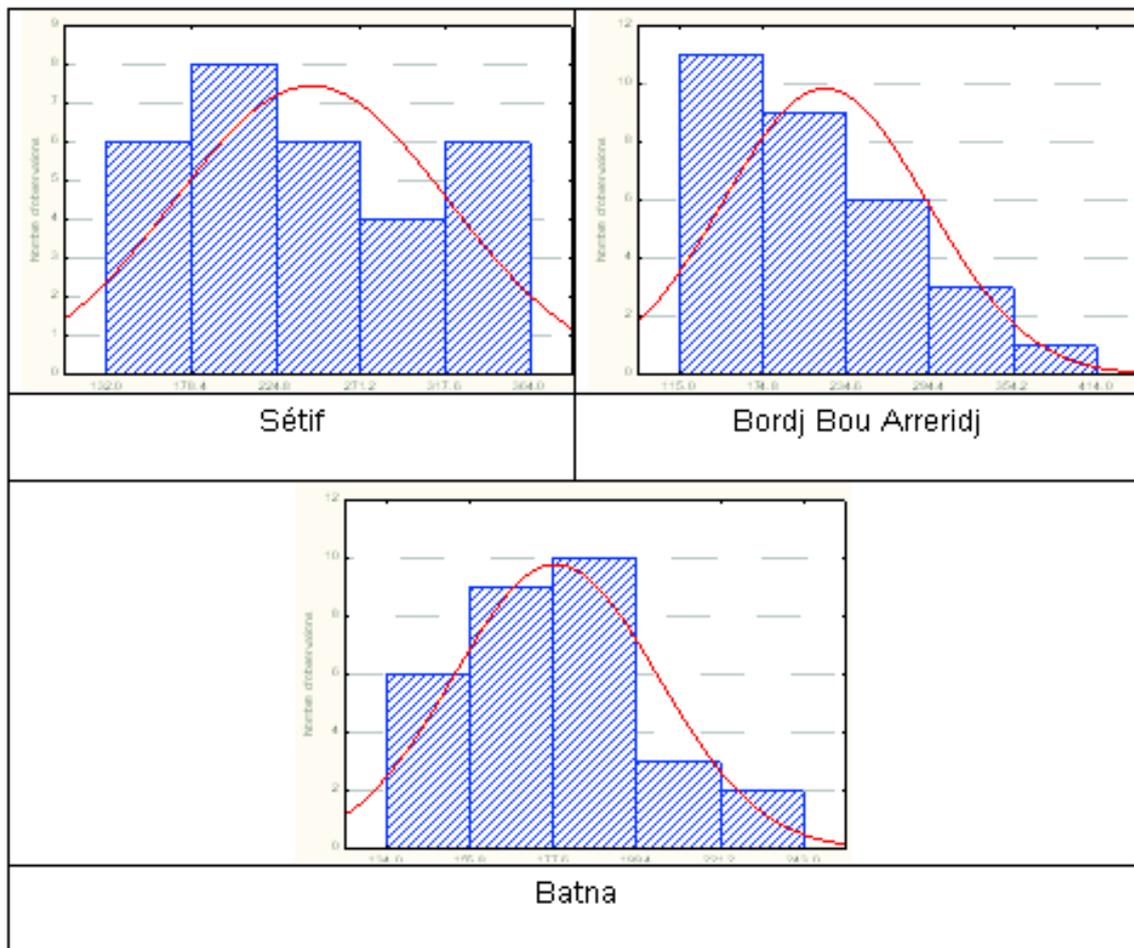


Figure N°36 : Distribution des classes du nombre d'œufs moyens par kystes de *Heterodera avenae* et par région échantillonnée.

La distribution des classes d'effectifs du nombre moyen d'œufs contenus dans un kyste (Fig.36) confirme les remarques déjà formulées par les classes d'œufs moyens de la figure N°35. Nous remarquons un maximum d'observations de kystes renfermant un nombre moins important d'œufs par femelle pour les deux régions de Batna et de Bordj Bou Arreridj. La wilaya de Sétif quant à elle présente des observations relativement moins importantes mais continues de toutes les classes du nombre d'œufs par femelle d'*Heterodera avenae*.

5. La classification numérique du taux de fécondité de *Heterodera avenae* par wilaya échantillonnée.

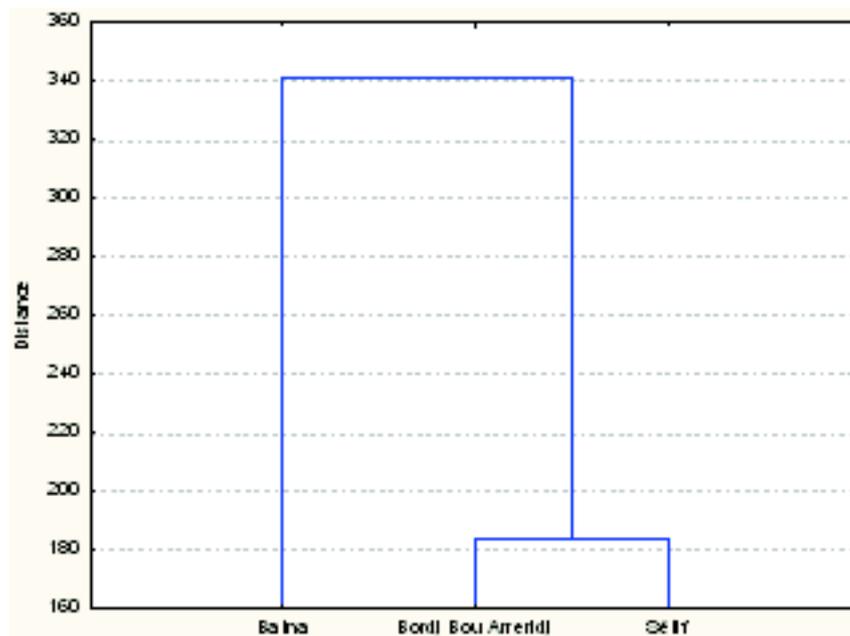


Figure N°37 : Classification numérique du taux de fécondité de *Heterodera avenae* pour les trois régions recensées.

La similitude des deux régions de Sétif et de Bordj Bou Arreridj concernant le nombre moyen d'œufs par kyste est confirmée (Fig.37). La wilaya de Batna avec le nombre d'œufs moyens par femelle moins important et un maximum de kystes contenant un nombre moyen d'œufs se trouve écartée du lot. Les trois localités qui renferment un maximum d'œufs par femelle sont :

- La localité de Ain Arnat pour la wilaya de Sétif ;
- La localité d'Ain tagrout pour la wilaya de Bordj Bou Arreridj ;
- et la localité de Merouana pour la wilaya de Batna.

Nous retenons que ces trois localités possèdent un caractère commun, celui d'être proche d'une zone humide. Ce paramètre serait peut être à l'origine de leur particularité.

Conclusion générale.

En plus des régions prospectées par Monsieur Mokabli qui a révélé la présence des kystes d'*Heterodera avenae* dans les zones céréalières d'Alger, Bouira, Tiaret et Tipaza et d'autres zones géographique, il nous a paru utile d'élargir le domaine à des régions des hautes plaines Telliennes comme Bordj Bou Arreridj et Sétif et des Hauts plateaux steppiques comme la wilaya de Batna où nous avons retrouvé des kystes. La présence d'*Heterodera avenae* dans ces régions montre que ce ravageur est omniprésent sur toutes les régions échantillonnées.

Nous avons complété les données de Monsieur Mokabli pour les régions de Bouira et de Tipaza par l'échantillonnage d'autres sites à savoir Attatba pour la région de Tipaza et Djebahia et Esnam pour la wilaya de Bouira.

Pour mieux cerner la variabilité de deux mesures principales du kyste d'*Heterodera avenae*, nous avons aussi testé la variabilité du rapport de la longueur moyenne maximale et la largeur moyenne maximale des différentes régions échantillonnées. Nous retrouvons ainsi que les différentes régions présentent une variabilité entre les moyennes des mesures effectuées. Les valeurs des écarts-type et de la variance confirment ceci. De plus la similitude de certaines moyennes avec les valeurs des médianes montrent des distributions relativement symétriques pour certaines régions comme Merouana de la wilaya de Batna et Ain arnat de la wilaya de Sétif.

Le rapport de la mesure de la longueur et de la largeur définit la possible turgescence des kystes. Ainsi un rapport proche de l'unité montre que le kyste est chargé d'œufs. Les kystes de la région de Merouana présente cet état contrairement à ceux de Bouira. Ce rapport montre des valeurs extrêmes pour la wilaya d'Alger de 1,37 et donc des kystes beaucoup plus longs que larges ce qui traduit la faible contenance du kyste en œufs.

Lorsque le nombre de moyennes est supérieur à deux, la variabilité entre et à l'intérieur des populations des régions échantillonnées, peut être déterminée par l'analyse de la variance. Cette analyse ne montre aucune différence significative au seuil de signification de 5% entre toutes les régions et intra régions.

De plus les distributions des observations présentent aussi des diagrammes assez similaires entre les régions et à l'intérieure de chacune de ces régions. Il nous est paru utile de procéder à une autre classification des données de mesures des longueurs et des largeurs des kystes échantillonnés.

Pour une plus grande diffusion des mesures, nous avons choisis six classes de mesures des rapports. Cette distribution montre deux wilayas qui présentent l'ensemble des classes de mesures du rapport allant de 1 à 1,7 qui sont la wilaya de Bejaïa et la wilaya de Tiaret. Quatre wilayas renferment des kystes dont le rapport de mesures est composé de cinq classes (Batna, Sétif, Bordj Bou Arreridj et Alger). Cette dernière présente une classe « F » à la place de la classe « D ». Bouira et Tipaza renferment les mêmes classes de rapport. Il est important de retenir que quelque soit la wilaya nous retrouvons deux classes prépondérantes à savoir les classes « B » et « C ». C'est-à-dire des rapports de mesure compris entre 1,20 et 1,39 avec plus de 80% des mesures et démontrant la présence de kystes moyennement chargés.

La classification numérique regroupe les classes de moyennes et les distribue selon leur ressemblance au niveau des paramètres regroupés comme le rapport des mesures effectuées.

En résumé, la classification numérique de l'ensemble des données des longueurs et des largeurs des kystes de *Heterodera avenae* des différentes régions échantillonnées a donné un rapprochement de premier ordre entre les populations de Bordj Bou Arreridj et Tipaza et entre les populations de Bouira, Sétif et Batna. Les populations de Tiaret et celles de la wilaya d'Alger. Seule la wilaya de Bejaïa présente une population des kystes de *Heterodera avenae* isolée des autres populations.

L'identification de cette dernière espèce avec des techniques plus poussées permet de savoir s'il s'agit effectivement de la même espèce ou alors d'une autre espèce

L'estimation de la fécondité a montré la similitude des deux régions de Sétif et de Bordj Bou Arreridj concernant le nombre moyen d'œufs par kyste. La wilaya de Batna avec le nombre d'œufs moyens par femelle moins important et un maximum de kystes contenant un nombre moyen d'œufs se trouve écartée du lot. Les trois localités qui renferment un maximum d'œufs par femelle sont :

- La localité d'Ain Arnat pour la wilaya de Sétif ;
- La localité d'Ain tagrout pour la wilaya de Bordj Bou Arreridj ;
- et la localité de Merouana pour la wilaya de Batna.

Nous retenons que ces trois localités possèdent un caractère commun, celui d'être proche d'une zone humide. Ce paramètre serait peut être à l'origine de leur particularité.

Ainsi, peu de différences ont été retrouvées parmi les régions qui ont été échantillonnées. Il semblerait que la notion d'écotype ou de pathotype doit être plus précisée avec d'autres facteurs biométriques ou écologiques que ceux que nous avons testés. Le nombre d'échantillon de 30 par station est peut être insuffisant.

A l'issue de notre étude sur la biométrie du nématode et pour mieux cerner le problème des nématodes des kystes en céréaliculture, nous préconisons des actions de travaux de recherche sur :

- l'identification, l'évaluation des dégâts et l'écologie du nématode à travers tout le territoire national et rechercher d'éventuels écotypes et pathotypes;
- les méthodes de lutte biologique et chimique plus rationnelles contre ce nématode à l'aide de bactéries par exemple ;
- la variabilité intra spécifique des espèces du genre *Heterodera*

Pour mieux répondre au problème des nématodes en Algérie, plusieurs actions de recherche restent à entreprendre. Malgré, le nombre de recherche dans le domaine, les généticiens s'efforceront de rechercher et de créer des cultivars résistants ou tolérants à ce nématode comme déjà réalisé dans de nombreux pays. Mais ceux-ci ne sont généralement valables que pour certains des nombreux pathotypes existants. Ce problème, sous-estimé tant que l'on cultive des cultivars à rendement moyen ou faible, apparaît au contraire très grave en présence de cultivars nouveaux beaucoup plus performants, mais aussi beaucoup plus vulnérables. D'autres espèces d'*Heterodera* ont été aussi isolées depuis une dizaine d'années. Certaines comme *H. latipons* dans le bassin Méditerranéen ne doivent pas être négligées car elles peuvent se substituer à *H. avenae* en présence de céréales résistantes à cette espèce.

Références bibliographiques.

- Agrios GN, 2005** - Plant pathology, 5th Edition, academy press, university of florida, 122p.
- Aidaoui, A et Hartani, T. 2004** - Gestion de l'irrigation du blé dur par des indicateurs de l'état hydrique. Ciheam Options méditerranée pp. 579-582.
- Andersen, S, 1968** - Variation in infection ability of *Heterodera avenae* Rev. *Nematologica*, E. J. Bill, Leiden, V.11, pp.121-124
- Andersen, S et Andersan, 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.
- Bekal S., 1977** - Etude de la variabilité phénotypique et génétique dans le complexe des nématodes à kystes des céréales en vue de la section de la résistance chez le blé dur. Thèse de doctorat d'état, ENSAR, Rennes, France.
- Bouyeldieu J., 1981** - Agronomie et production fourragère, Ecole nationale vétérinaire d'Alfort, 89p.
- Caubel, G ; Person, F et Rivoal, R., 1980** - Les nématodes dans les rotations céréalières. *Persp. agri.*, (36) : pp.32-47
- Cayrol ; Brown et Sikora, 1987** - Biopesticides à l'assaut des nématodes du sol, La recherche, 24p
- Cayrol et Kerry, 1988** - Etude préliminaire sur les possibilités d'utilisation des champignons parasites comme agent de lutte biologique. *Bull.OEPP*, V.12, N°4, pp. 497-503
- Chehat F, 2007** - Analyse macroéconomique des filières, la filière blé en Algérie, Projet PAMLIM (Perspectives agricoles et agroalimentaires Maghrébines libéralisation et mondialisation) Alger 7-9 Avril 2007.
- Choppin De Janvry, E 1971** -Les nématodes des céréales .In : Nématodes des cultures .ACTA, Paris, pp.273-291
- Cook, R et Rivoal, R 1997** – Genetics of resistance and parasitism. In Sharma S.B. (Ed). The cyst formation nematodes. Chapman-Hall, London, 80p
- Cook, R. and Yeates, G.W 1993** - Nematode pests of grassland and forage crops. Chapter.8 in Plant parasitic nematodes in temperate agriculture. Edited by K. Evans, D.L. Trudgill and J.M Webster. Cab International, Wallingford, pp.305-350
- Cote, M. 1974** _ Les régions bioclimatiques de l'Est Algérien. Notice explicative. n°56, ORSTOM. Paris, I Vol., 28p
- De Guiran et Mor 1992** -Les ennemis invisibles. Les nématodes. Ed. La littorale S.A., Béziers, 42 p
- Djermoun, 1994** - Distribution des produits céréaliers en Algérie. Cas des produits finis dans la région de Blida. Thèse de Magister, INA, El-Harrach, 1994, 303p.
-

- Feillet P, 2000** - Le grain de blé composition et utilisation, INRA, 308p
- Feldman et Sears, 1981** - Les ressources génétiques du blé. Pour la science N°42
pp.35-38
- Haddadi F., 1997** - Contribution à l'étude bioécologique du nématode à kyste
Heterodera avenae Woolenweber 1929, Essai de comportement de 6 variétés de blé
dur vis-à-vis de deux populations de ce parasite. Thèse de magister, INA, El Harrach,
193p.
- Hamroun W., 2006** - Etat d'infestation de quelques régions céréalières d'Algérie, Thèse
de magister, INA, El-Harrach,
- Ibrahim, A.A.M ; Al-Hazmi, A.S.; Al-yahia, F.A and Alderfasi, A.A., al., 1999** –
Damage potential and reproduction of *Heterodera avenae* on wheat and barley under
Saudi field conditions. Nematology 1, pp.625-630
- Ireholm, A, Cook,R et Rivoal., 1997** – Virulence of populations of cereal cyst
nematode Nematologica, 43, pp.50-57
- Kerry R, 1988** - Parasitic soil moisture and multiplication of the cereal cyst nematode,
Heterodera avenae. Rev. Nematologica, V.26, Leiden, pp.57-68
- Lacombre et Richaud, 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
- Labdelli F., 1995** - Etude du nématode à kyste des céréales *Heterodera avenae*
(Nematoda, Heteroderidae). Répartition dans la wilaya de Tiaret. Test de
comportement variétal sur céréales locales et étrangères. Thèse de Magister, INA,
El-Harrach,97p.
- Lamberti F. ; Greco N. ; et Zaouchi H., 1975** – Etude sur les nématodes chez les
palmiers dattiers et autres cultures importantes en Algérie. Bull. Phytosanit., F.A.O.,
N°23 pp.156-161
- Le Houerou, H.N ; Claudin, J et Pouget, M., 1977** – Etude bioclimatique des steppes
algériennes. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, Alger, t.68, fasc. 3 et 4. 49p
- Meagher, J. W 1974** - The biology of the cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*
Woll.), and its interaction with a fungus in a soil-borne disease of wheat. PHD theisis,
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
- Meagher, J. W 1982** - The effect of environment on survival and hatching of *Heterodera*
avenae. Bull.OEPP, V12, n°4, pp.361-369.
- Mokabli A, Valette S, et Rivoal R., 2001** - Différentiation de quelques espèces de
nématodes à kystes des céréales et des graminées par électrophorèse sur gel
d'acétate de cellulose. Nématol. Medit., (2001), 29: pp.103-108.
- Mokabli, A. 2002** - Biologie des nématodes à kystes (*heterodera*) des céréales en
Algérie. Virulences de quelques populations à l'égard de diverses variétés et lignées
de céréales. Thèse de doctorat année.2002 INA el Harrach Alger.
- Mor, M ; Cohn, E and Spiegel Y ., 1992** – Phenology, Pathogenicity and pathotypes
of cereal cyst nematodes, *Heterodera avenae* and *H. latipons* (Nematoda ;
Heteroderidae) in Israel. Nematologica 38, pp.494-501

- Mulvey, R.H 1972** – Identification of *Heterodera* cyst by terminal and cone structures. Canadian journal of zoology, 50: pp.1277-1292
- 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.
- Ouanighi H, 2004** - Infestation de quelques parcelles de céréales par les nématodes à kystes (*Heterodera*). Capacité d'Hôte de trois variétés d'orge locales vis-à-vis d'*Heterodera latipons*. Thèse de Magister, INA, El-Harrach, 104p.
- Person -Dedryver et Doussinault, 1989** - Les nématodes. In : Ennemis et maladies des prairies. Ed. INRA, pp.173-177
- Reddy, P.P 1983** – Plant Nematology. Agric. Publish. Acad., India, 287p
- Ritter M., 1971** - *Les nématodes et l'agriculture*. In : *Les nématodes des cultures*. Ed. A.C.T.A, Paris, pp. 9-65
- Ritter, M., 1982** – Importance des nématodes à kystes des céréales. Bull. OEPP, 12. Pp.307-316
- Rivoal R, 1973** - Etude de la nuisibilité du nématode à kystes des céréales *Heterodera avenae* Woll. En France et des causes de sa variabilité. Acad. Agric., C.R.T.12, pp.959-970.
- Rivoal, R., 1978** – Biologie d'*Heterodera avenae* Wollenweber en France. 1 Différences d'éclosion et de développement des deux races Fr1 et Fr4. Revue de nématologie 1, pp.171-179
- Rivoal, R ; Person, F ; Caubel, G et Scotto La Massese C., 1978** – Méthodes d'évaluation de la résistance des céréales au développement des nématodes *Ditylenchus dipsaci*, *Pratylenchus*. Annales d'amélioration des plantes 28, pp.371-394
- Rivoal, R ; Caubel G et Person F ., 1980** – Les nématodes dans les assolements céréaliers. Phytoma. pp.26-29
- Rivoal R, 1982** - Caractérisation de deux écotypes d'*Heterodera avenae* en France par leurs cycles et conditions thermiques d'éclosion d'éclosion. Bulletin OEPP12, pp.353-359.
- 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. Revue de Nématologie. 6, pp157-164
- 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.
- Rivoal, R and Sarr, E., 1987** – Fields experiments of *Heterodera avenae* in France and implications for winter wheat performance. *Nematologica* 3, pp. 460-479
- Rivoal, R. and Cook R., 1993** - Nematode pests of cereals. In Evans, K., Trudgill, D.L et Webster, J.M. (eds). *Plant parasitic nematodes in temperate agriculture*, Wallingford, UK, CAB International, pp, 259-303.

- Rivoal, R ; Lassere, F and Cook R., 1995** – consequences of long-term cropping with resistant cultivar on the population dynamics of the endoparasitic nematodes *Heterodera avenae* and *Pratylenchus neglectus* in a cereal production ecosystem. *Nematologica*, 4: pp.516-529.
- Romero, M.D.**, 1980 – Nuevos datos sobre la morfología de *Heterodera avenae* en España. *Nematol. Medit.* Vol.8.n°1, pp.26-29
- Romero, M. D and Valdeolivas A, 1990** - Effect of temperature on juvenile emergence of Spanish populations of *Heterodera avenae*. institute of edafologia biologia vegetal. CSIC. *Nematol medit.* pp 37-40
- Sacristan J.C., Sanchez A. et Bello A., 1983** –Interés de los recursos fitogenéticos y de las variedades resistentes en el control de *Heterodera avenae* Woll., nematoda específico de los cereales en España : In Los recursos fitogenéticos y las nuevas variedades vegetales : su impacto en el sector agrario. ITEA, V.extra, n°2, España, pp.333-347.
- Sasser, J. N 1987** - A world perspectives on nematology: the role of society. pp.4-17.
- Schneider, 1965** - Le nématode des racines des céréales. *Rev. Phytoma*, Déf. Des cultures, pp.17-22
- Scotto La Massese, C.**, 1961 – Aperçu sur les problèmes posés par les nématodes phytoparasites en Algérie. Journée d'étude et d'information. Versailles. pp.83-109
- Sikora A, 1987** - Plant parasitic nematodes of wheat and barley in temperate semi arid regions a comparative analysis. In: nematodes parasitic to cereal and legumes in temperate semi arid regions., ICARDA, Aleppo, pp.46-68.
- Singh, K.B; Malhotra, R.S; Halila, M.S; Knights, E.J and Verma, M.M 1980** - Current status and future strategy in breeding chickpea for resistance to biotic and abiotic stresses. *Euphytica*, Vol.73, n° 1-2, pp. 137-149
- Soltner D, 1990** - Grandes productions végétales. Ed. Coll., Sci. tech. agric., 464 p.
- Stone. J 1977** - Plant nematology. Agric.Publish.Acad., India, 287p.
- Taupin P, 1987** - Les nématodes phytophages des cultures céréalières. *Pesp. Agric. N* ° 120, pp.14-17
- Taylor, 1968** - Introduction à la recherche sur les nématodes phytoparasites. Broch. FAO. Rome, 135p.
- Volvas N, 1985** - Nematology and histopathology of the cereal cyst nematode (*Heterodera avenae* Woll.). Attacking wheat, oats and barley in Italy. *Nematol. Medit.*, Vol. 13, pp.57-96
- Williams, T. D et Siddiqui, M.R, 1972** - *Heterodera avenae*. In Commonwealth Institute of helminthology, descriptions of plant-parasitic nematodes, set.1, n°2, Clowes et Sons Ltd, London, 4 p
- Wouts W. M., 1973** –A revision of the family Heteroderidae (Nematoda; Tylenchoidea) I. The family Heteroderidae and its families. *Nematologica*, 18, pp.439-446.
- Wouts, W.M ; Shoemaker, A.; Sturhan D. and Burrows R., 1995** – *Heterodera spinicauda* (Nematoda Heteroderidae) from mud flats in the Netherlands, with a key to the species of the *Heterodera avenae* group. *Nematologica*, 41: pp.575-583

Zhang K.Q and Xing, Z.L 1994 - Nematode-trapping species of *Monacrosporium* with special reference to two new species. British Mycological Society

Annexe

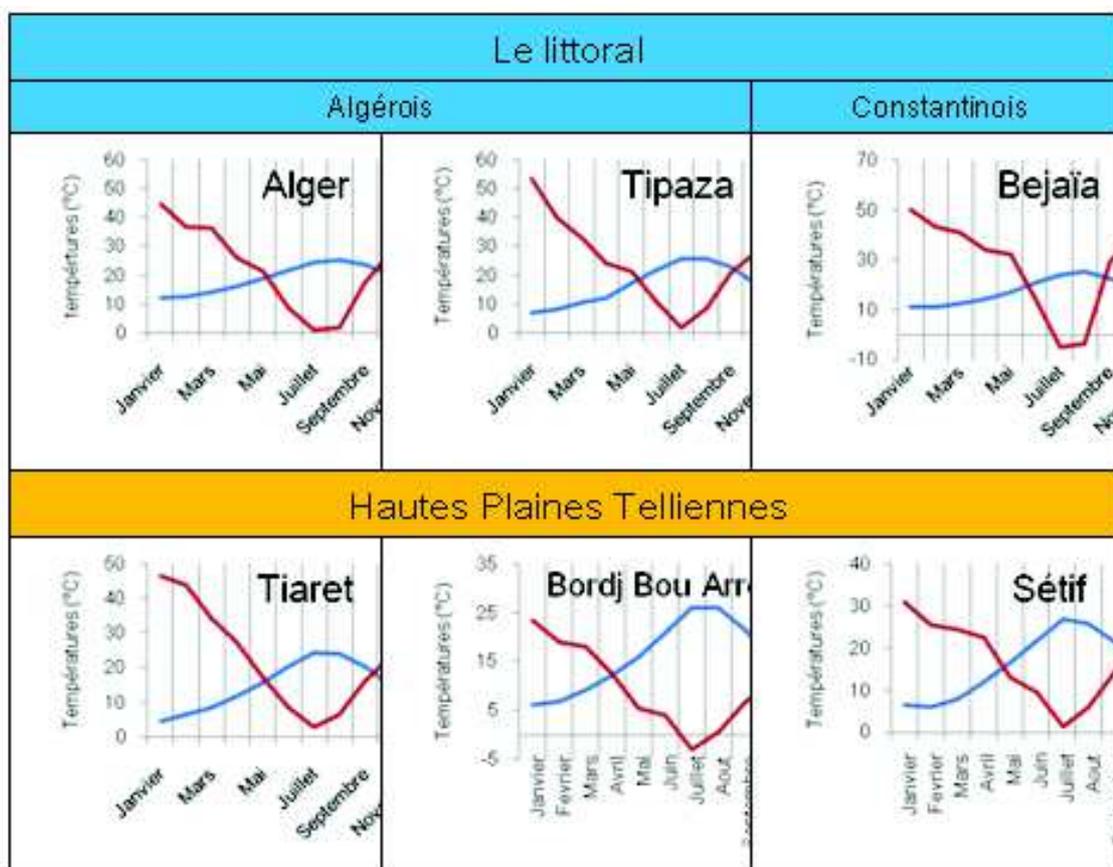


Figure N° 38: Climagramme d'Emberger pour les wilayas échantillonnées du littoral et des Hautes plaines Telliennes.

(Données moyennes 1998-2008).

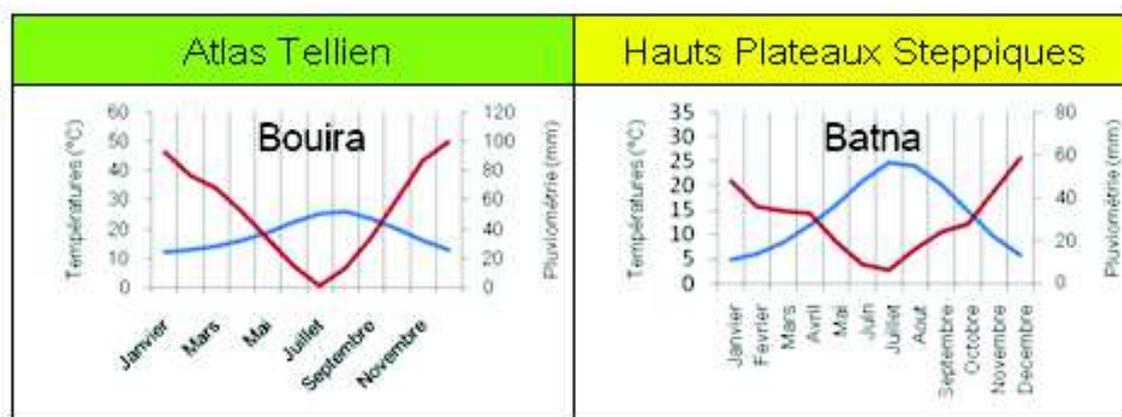


Figure N°39 : Climagramme d'Emberger pour les wilayas échantillonnées de l'Atlas Tellien et des Hauts plateaux steppiques (Données moyennes 1998-2008)

Tableau N° 1: Les paramètres statistiques des mesures des longueurs moyennes des kystes de *Heterodera avenae*

Localités	Moyennes		Médianes			Ecart-type			Variances			Valeurs m	
	Région	wilaya	Localité	Région	wilaya	Localité	Région	wilaya	Localité	Région	wilaya	Localité	Région
Bejaia	604,61	614,70	600	600		76,85	77,54		6	6 012,45		300	470
Alger		648,00		648			70,30	100,30	284,46	10 058,00			300
Birtouta.1		586,78	681,33	540	690		68,81	63,23		5	3		410
Birtouta.2			518,70		510			48,12			2		
Attatba			560,30		540			95,07			9		
Bouira.1	643,57		687,70	630	690	97,82		101,60	9 577,49		10	450	
Djebahia			612,00		600			95,35			9		
Esnam			631,00		630			96,50			9		
Tiaret	609,73	662,70		590	660	96,21	66,17		9	4 378,47		350	530
El Achir		591,33	583,30		590		97,31	110,20	492,65	9	12		350
Ain tagrout			574,70		560			91,45			8		
El mahdia			616,00		605			90,27			8		
El eulma		610,47	584,70		570		105,12	97,37		11	9		
Ain arnat			647,70		620			118,30			14		
M.O.mehenna			599,00		570			99,70			9		
El maadher	613,00		598,00	620	590	103,51		97,43	10 799,38		9	450	
Tazoult			634,70		635			96,91			9		
Merouana			606,30		620			116,20			13		
Moyenne	617,73	621,32	614,48	610,00	610,00	602,50	93,60	86,26	92,32				

Tableau N° 2: Les paramètres statistiques des mesures des largeurs moyennes des kystes de *Heterodera avenae*

**Contribution à l'étude biométrique de quelques populations du nématode *Heterodera avenae* Woll
Inféodé aux cultures céréalières**

Localités	Moyennes			Médianes			Ecart-type			Variances			Vale
	Région	wilaya	Localité	Région	wilaya	Localité	Région	Wilaya	Localité	Région	wilaya	Localité	
Bejaia	474,14	463,3		480	470		55,20	66,45		3150,7	4415,6		280
Alger		484,7			480			50,29			2529,08		
Birtouta.1		474,23	518,7		520	520		53,09	68,47		2936,4	4688,14	
Birtouta.2			524						45,91			2107,72	
Attatba			380			380			44,88			2013,31	
Bouira.1	474,97		441,3	480		440	72,61		82,45	5329,22		6798	
Djebahia			494,3			510			71,37			5093,67	
Esnam			489,3			480			64			4096	
Tiaret	460,90	496,3		450	500		80,56	69,7		6706,3	6858,09		
El Achir		452,90	448,7		450	450		80,07	95,76		6534,8	8169,97	
Ain tagrout			434			430			73,47			5396,37	
El mahdia			476			480			70,98			5038,16	
El eulma		457,10	439,7		440	425		84,67	87,04		7493,9	9575,96	
Ain arnat			491,3			490			105,3			11102,8	
M.O.mehenna			440,3			440			61,67			3803,18	
El maadher	482,10		449	500		460	83,51		80,49	7206,00		6478,64	
Tazoult			505,3			500			66,63			4439,55	
Merouana			492						103,4			10699,8	
Moyenne	473,03	479,17	470,46	477,5	487,5	480	72,97	73,07	71,01				