



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج

Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم الفلاحية

Département des Sciences Agronomiques

# Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine: Sciences de la Nature et de la Vie

Filière: Sciences Agronomiques

Spécialité: Protection des végétaux

## Thème:

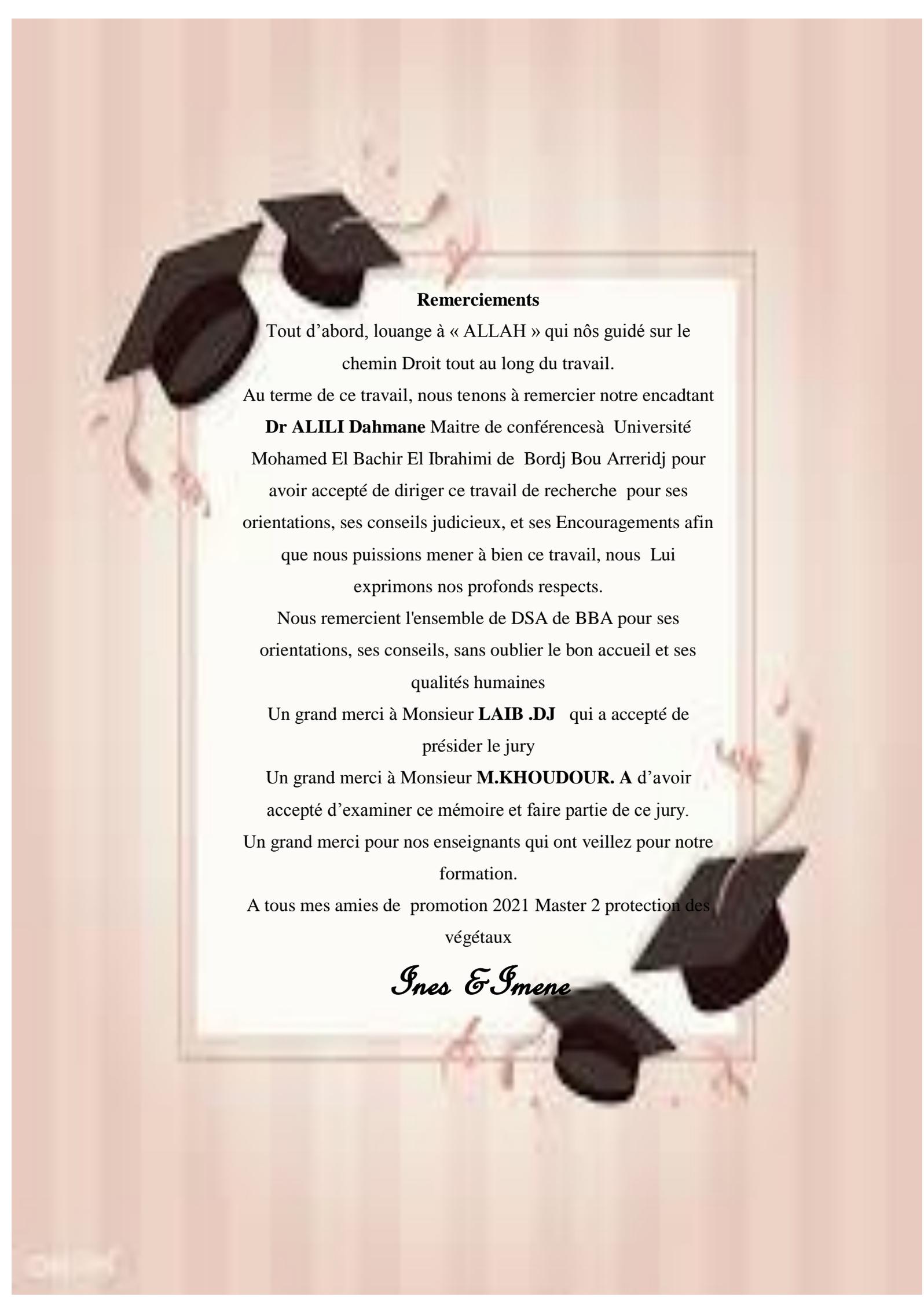
**Contribution à l'étude des nématodes des céréales en zone semi aride: cas de Bordj Bou Arreridj (Analyse Bibliographique)**

Présenté par : M<sup>lle</sup> Tit Imene et M<sup>lle</sup> Chetouana Ines

Devant le jury:

|           |               |                          |
|-----------|---------------|--------------------------|
| Président | M.LAIB .DJ    | Univ. Bordj Bou Arreridj |
| Promoteur | M. ALILI. D   | Univ. Bordj Bou Arreridj |
| Examineur | M.KHOUDOUR .A | Univ. Bordj Bou Arreridj |

Année universitaire: 2020–2021



## Remerciements

Tout d'abord, louange à « ALLAH » qui nous a guidés sur le chemin Droit tout au long du travail.

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier notre encadrant **Dr ALILI Dahmane** Maître de conférences à Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi de Bordj Bou Arreridj pour avoir accepté de diriger ce travail de recherche pour ses orientations, ses conseils judicieux, et ses Encouragements afin que nous puissions mener à bien ce travail, nous Lui exprimons nos profonds respects.

Nous remercions l'ensemble de DSA de BBA pour ses orientations, ses conseils, sans oublier le bon accueil et ses qualités humaines

Un grand merci à Monsieur **LAIB .DJ** qui a accepté de présider le jury

Un grand merci à Monsieur **M.KHOUDOUR. A** d'avoir accepté d'examiner ce mémoire et faire partie de ce jury.

Un grand merci pour nos enseignants qui ont veillé pour notre formation.

A tous mes amis de promotion 2021 Master 2 protection des végétaux

*Ines & Imene*



## *Dédicaces*

*Je remercie **DIEU** tout puissant qui m'a tracé le chemin de ma vie de m'avoir accordé des connaissances de la science et de m'avoir aidé à réaliser ce travail que je dédie avec toute mon affection:*

*Mon père et ma mère, pour leur amour et leur sacrifice*

*A mes frères et ma sœur à qui je souhaite une vie pleine de bonheur et de réussite*

*A toute la famille **Tit, Chettouah et Boureghdad***

*A tous mes amis qui m'ont encouragé et qui m'ont entouré d'amour*

*Que Dieu les garde et les protège*

*A l'ensemble des enseignants et étudiants du Département des Sciences Agronomiques*

*A mes amis de **l'Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi***

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



**Imene**





## *Dédicaces*

*Je remercie DIEU tout puissant qui m'a tracé le chemin de ma vie de m'avoir accordé des connaissances de la science et de m'avoir aidé à réaliser ce travail*

*Je dédie ce travail particulièrement à mes chers parents, qui ont consacré leur existence à bâtir la mienne, pour leurs soutiens, patience et soucis de tendresse et d'affection pour tout ce qu'ils ont fait pour que je puisse arriver à ce stade.*

*A ma chère frère : **Anes** et a mes chères sœurs : **YOUSSRA** , **WIEAM***

***Et CHIRAZ***

*A ma chère binôme **Tit Imene***

*A tous mes amies de ma promotion 2021 Master 2 protection des végétaux et à tous ceux qui m'a encouragé durant mes études*



***Ines***



**Le titre :** Contribution à l'étude des nématodes des céréales en zone semi aride: cas de Bordj Bou Arreridj

## **Résumé**

Dans le cadre de ce travail , nous avons mené une étude théorique sur les céréalicultures présentes en Algérie , notamment la wilaya de Bordj Bou Arreridj qui considéré comme l'un des plus grands régions producteurs des céréales , où la superficie de la céréaliculture en 2020-2021 :72165 hectare le montant de la production céréalière en 2020 est estimé à 44581,6 quintaux , a travers cette étude nous avons identifié certains des ravageurs qui entravent la production céréalière en Algérie , et parmi ces ravageurs : les Nématodes à kystes , pour lesquels nous avons mené une étude théorique uniquement en raison de la propagation du virus corona ( covid 19 ) 2020-2021 dans le monde et de la quarantaine dans l'Algérie et aussi , dans le cadre de ce travail , nous avons également étudié les caractéristiques des nématodes à kyste (*Heterodera avenae*) , car ils sont les plus dangereux pour la production de céréales

### **Mots clés:**

Bordj Bou Arreridj, céréales, nématodes, ravageurs, *Heterodera avena*, kyste, quarantaine.

**العنوان :** المساهمة في دراسة الديدان الخيطية في الحبوب في المناطق شبه جافة : ولاية برج بوعرريج

## الملخص

في اطار هذا العمل قمنا بدراسة نظرية حول المحاصيل الزراعية المتمثلة في الحبوب المتواجدة في الجزائر وبالأخص ولاية برج بوعرريج والتي تعتبر من اكبر الولايات انتاجا للقمح حيث تقدر مساحة المحاصيل الزراعية 72165 هكتار سنة 2020-2021 وتقدر كمية انتاج الحبوب سنة 2020 : ب445821,6 قنطار , ومن خلال هذه الدراسة ايقنا بعض العوائق او الافات التي تعرقل انتاج الحبوب في الجزائر بصفة عامة ومن بين هذه الافات الديدان الخيطية حيث اجرينا دراسة نظرية فقط وذلك بسبب فيروس كورونا ( كوفيد 19) المنتشر في انحاء العالم و الحجر الصحي في البلاد 2020-2021

في اطار هذا العمل ايضا درسنا خصائص الديدان الخيطية ذوات الاكياس من المركب *Heterodera avenae* حيث انها الاكثر خطرا على انتاج الحبوب .

**الكلمات المفتاحية :** برج بوعرريج الحبوب ,الديدان الخيطية , الاكياس, افة *heterodera avenae* .

**Title:** contribution to the study of cereal nematodes in semi-arid: the case of Bordj Bou Arreridj

## **Abstract**

As part of this work , we conducted a theoretical study on the cereal crops present in Algeria , in particular the state of Bordj Bou Arreridj which considered to be one of the largest cereal producing states ,where the area of cereal cultivation in 2020-2021: 72,165ha and the amount of cereal production in 2020 is estimated at 44,581.6 quintals , through this study we have identified some of the pests that hamper cereal production in Algeria , and among these pests : Cyst nematodes for which we the spread of the corona virus (covid 19) 2020-2021in the world and the quarantine in Algeria and also , within the framework of this work we also studied the characteristics of cyst nematodes ( *Heterodera avenae* ) , as they are most dangerous for grain production

**Key words:** Bordj Bou Arreridj, Cereales ,Nematodes , *Heterodera avena* , Pest , Cyst.

## Liste des figures

|  |    |
|--|----|
| <b>Figure 1</b> : Carte schématique représentant les zones céréalières de l'Algérie.....   | 3  |
| <b>Figure 2</b> : Morphologie du plant de blé .....  | 7  |
| <b>Figure 3</b> : Coupe longitudinale d'un grain de céréale .....  | 8  |
| <b>Figure 4</b> : Cycle végétatif d'une céréale .....  | 9  |
| <b>Figure 5</b> : Situation géographique de la wilaya de Bordj Bou Arreridj.....   | 15 |
| <b>Figure 6</b> : Morphologie générale d'un nématode phytophage .....  | 22 |
| <b>Figure 7</b> : Diverses formes de quelque nématode, comme observées à travers le microscope .....                                       | 23 |
| <b>Figure 8</b> : Les œufs d' <i>Heterodera avenae</i> .....   | 24 |
| <b>Figure 9</b> : Larve L2 d' <i>Heterodera avenae</i> .....   | 25 |
| <b>Figure 10</b> : Larves L3 mâle et femelle .....   | 25 |
| <b>Figure 11</b> : Mâle d' <i>Heterodera</i> .....   | 26 |
| <b>Figure 12</b> : Femelle d' <i>Heterodera</i> .....  | 27 |
| <b>Figure 13</b> : Les kystes d' <i>Heterodera avenae</i> .....  | 28 |
| <b>Figure 13</b> : Cycle de vie des nématodes à kyste des céréales illustrant l'invasion des racines par les larves infectieuses (J2)..... | 28 |
| <b>Figure 14</b> : Les symptômes au niveau de champ .....  | 32 |
| <b>Figure 15</b> : Les symptômes au niveau des feuilles.....   | 32 |
| <b>Figure 16</b> : Les symptômes au niveau des racines .....   | 33 |
| <b>Figure 17</b> : Compartiments de l'Appareil de Fenwick.....   | 34 |
| <b>Figure 18</b> : Extraction des kystes à partir du sol.....  | 35 |

## Liste des tableaux

|  |    |
|--|----|
| <b>Tableau n°1</b> : Taxonomie et répartition géographique des blés et de l'orge ..... | 4  |
| <b>Tableau n°2</b> : Les grands pays producteurs de céréales.....                      | 5  |
| <b>Tableau n°3</b> : la production des céréales à BBA.....                             | 6  |
| <b>Tableau n°4</b> : Les principaux ravageurs et maladies des céréales.....            | 17 |

## **Liste des abréviations**

**B .B.A** : Bordj Bou Arreridj

**D.S.A** Direction des Services Agricoles

**FAO**: Food and Agriculture Organization

**H**: *Heterodera*

**J.-C** : Avant Jésus-Christ

**L2** : larves du second stade.

**Mha** : million par hectares

**Mt** : Million de tonne

**NKC** : Nématodes à Kystes des Céréales

**qx** : quintaux

**q/ha**: Quintaux par hectares

**SAU**: Superficie Agricole Utile

**USDA**: United States Department of Agriculture

## **Table des matières**

Remerciements

Dédicace

Résumés

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction ..... 1

### **Première partie: Partie bibliographique**

#### **Chapitre I: Partie bibliographique sur les céréales**

I.1 Historique des cultures céréalières ..... 3

I.2 Données bibliographiques sur les céréales..... 4

I.2.1 Position systématique et origine..... 4

I.2.2 Importance et production..... 4

I.2.2.1 Dans le monde..... 5

I.2.2.2 En Algérie..... 5

I.3 Aperçus sur la céréaliculture dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj..... 5

I.4 Morphologie..... 6

I.4.1 Partie aérienne ..... 7

I.4.2.1 La tige..... 7

I.4.2.2 les feuilles..... 7

I.4.2.3 L'épi..... 7

I.4.2.4 Le fruit..... 7

I.4.3 Partie souterraine..... 7

I.4.3.1 Les racines..... 7

I.5 Cycle végétatif..... 9

I.5.1 Période végétative..... 10

I.5.1.1 Phase de germination..... 10

I.5.1.2 Phase semi-levée..... 10

I.5.1.3 Phase levée – début de tallage..... 10

I.5.2 Période reproductrice..... 10

I.5.2.1 Phase tallage herbacé –Gonflement..... 10

I.5.2.2 Phase Epiaison – Floraison..... 10

|   |    |
|---|----|
| I.5.3 Période de maturation.....  | 11 |
| I.5.3.1 Phase pâteuse.....  | 11 |
| I.5.3.2 Phase de dessiccation.....                                      | 11 |
| I.6 Exigences de la céréaliculture.....                                 | 11 |
| I.6.1 Climatique.....   | 11 |
| I.6.1.1 La température.....   | 11 |
| I.6.1.2 L'eau.....  | 11 |
| I.6.1.3 L'éclairement.....  | 12 |
| I.6.2 Edaphique.....  | 12 |
| I.6.2.1 Le sol.....   | 12 |
| I.7 Spécificités pédoclimatique de la région de Bordj Bou Arreridj..... | 12 |
| I.7.1 La sécheresse.....  | 12 |
| I.7.2 Le stress hydrique.....   | 13 |
| I.7.3 Le stress thermique.....  | 13 |
| I.8 Contraintes de la céréaliculture.....                               | 14 |
| I.9 Présentation de la zone d'étude.....                                | 15 |
| I.9.1 Description générale de la région d'étude.....                    | 15 |
| I.9.1.1 Situation.....  | 15 |
| I.9.1.2 Topographie.....  | 16 |
| I.9.1.3 Hydrographie.....   | 16 |
| I.9.1.4 Pédologie.....  | 16 |
| I.9.1.4.1 Zone Nord.....  | 16 |
| I.9.1.4.2 Zone Intermédiaires.....                                      | 16 |
| I.9.1.4.3 Zone Sud.....   | 17 |
| I.9.2 Le climat.....  | 17 |
| I.10 Les maladies des céréales .....                                    | 17 |
| <b>Chapitre II : Généralités sur les nématodes à kystes</b>             |    |
| II.1 Données bibliographique sur les nématodes à kystes.....            | 21 |
| II.1.1 Historique et répartition.....                                   | 21 |
| II.1.1.1 Dans le monde.....   | 21 |
| II.1.1.2 En Algérie.....  | 21 |
| II.2 Position systématique.....   | 21 |
| II.3 Description morphologique.....                                     | 22 |

|   |    |
|---|----|
| II.3.1 Les œufs.....  | 23 |
| II.3.1.1 Les larves du premier stade.....                               | 24 |
| II.3.1.2 Critères spécifiques des larves (L2).....                      | 25 |
| II.3.1.3 Les larves du troisième stade.....                             | 26 |
| II.3.1.4 Les larves du quatrième stade.....                             | 27 |
| II.3.2 Critères des males.....  | 28 |
| II.3.3 Critères des femelles.....                                       | 28 |
| II.3.5 Le kyste.....  | 29 |
| II.4 Cycle de développement.....  | 29 |
| II.5 Facteurs influencent la densité des populations des nématodes..... | 29 |
| II.5.1 Facteurs biotiques.....  | 29 |
| II.5.1.1 Age de la plante.....  | 30 |
| II.5.1.2 La plante hôte.....  | 30 |
| II.5.1.3 Les exsudats racinaires.....                                   | 30 |
| II.5.1.4 Les pesticides.....  | 30 |
| II.5.1.5 Les monocultures.....  | 30 |
| II.5.1.6 La fertilisation.....  | 30 |
| II.5.2 Facteur abiotique.....   | 31 |
| II.5.2.1 La température.....  | 31 |
| II.5.2.2 L'humidité.....  | 31 |
| II.5.2.3 Type de sol.....   | 31 |
| II.5.2.4 Le PH.....   | 31 |
| II.5.2.5 L'oxygène.....   | 31 |
| II.5.2.6 La matière organique.....                                      | 32 |
| II.6 Symptômes et dégâts.....   | 32 |
| II.6.1 En plein champs.....   | 32 |
| II.6.2 Sur les feuilles.....  | 32 |
| II.6.3 Sur les racines.....   | 33 |
| II.6.4 Dégâts et pertes.....  | 34 |
| II.7 Techniques d'échantillonnages.....                                 | 34 |
| II.7.1 Description de l'appareil de Fenwick.....                        | 34 |
| II.7.2 Matériel.....  | 35 |
| II.7.3 Principe de la technique de Fenwick.....                         | 35 |

|  |    |
|--|----|
| II.8 Méthodes de lutte.....                        | 35 |
| II.8.1 Mesures préventives.....                    | 36 |
| II.8.1.1 Méthodes culturales.....                  | 36 |
| II.8.1.1.1 La jachère.....                         | 37 |
| II.8.1.1.2 Dates de plantation.....                | 37 |
| II.8.1.1.3 La rotation.....                        | 37 |
| II.8.1.1.4 Les variétés résistante.....            | 37 |
| II.8.1.1.5 Le désherbage.....                      | 38 |
| II.8.1.1.6La fertilisation et les amendements..... | 38 |
| II.8.2 Lutte chimique.....                         | 38 |
| II.8.3 Lutte physique.....                         | 38 |
| II.8.4 Lutte biologique.....                       | 39 |
| II.8.5 Lutte intégrée.....                         | 39 |
| <b>Conclusion</b> .....                            | 40 |

## **Références bibliographiques**

## **Annexes**



# *Introduction*

### Introduction

Les céréales sont les plantes les plus cultivées au monde par la superficie et par le volume récolté (**Pastre, 1993**). Elles comptent parmi les cultures vivrières à importance économique mondiale vu qu'elles constituent la première source d'alimentation de la population dans le monde. Elles tiennent la première place quant à l'occupation des surfaces agricoles (**Kellil, 2010**). 70 % de ces terres agricoles mondiales sont emblavées en céréales (**Riley et al. ,2009**).

Selon la **FAO** (Food and Agricultural Organisation) (**2020-2021**), la production mondiale de céréales en 2020 on été relevées de 17 millions de tonnes par rapport aux estimations précédentes datant de février et s'établissent à présent à 2,761 milliard de tonnes, soit une hausse de 7,5 millions de tonnes apportée aux estimations concernent la production mondiale du blé.

En Algérie, le développement de la céréaliculture revêt un caractère stratégique. Dans le programme de développement des productions agricoles, la priorité est orientée essentiellement vers l'intensification des céréales vu leur importance socioéconomique.

La céréaliculture est pratiquée essentiellement dans les zones semi-arides où elle occupe une superficie moyenne de trois millions d'hectares.

En 2020, la production céréalière totale tournée autour des 40 millions de quintaux. Faisant de l'Algérie un des plus importants pays importateurs de céréales (**Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, 2013**).

De tout temps, les plantes cultivées souffrent des maladies fongiques bactériennes et virales, des mauvaises herbes, et des animaux vertébrés (Oiseaux et Rongeurs) et invertébrés (Insectes, Acariens, Araignées, Mollusques, Nématodes, Myriapodes et Crustacés). Cependant diverses causes ont contribué à rendre les plantes cultivées plus sensibles que la flore indigène, et par conséquent une pullulation inévitable des parasites (**Afrhani, 2004**).

La culture des céréales en Algérie est le plus souvent confrontée à différentes difficultés qui limitent la production. Outre les aléas climatiques et la nature calcaire du sol, la mauvaise conduite des cultures liées au manque de mécanisation dans la préparation du sol, le manque de fertilisants et l'absence de désherbage (**Mokabli, 2002**), les maladies et les déprédateurs comme les insectes et les nématodes phytoparasites.

Ces derniers représentent l'un des contraintes phytosanitaires majeures des cultures (**Nicol et al. 2007**). Ils sont à l'origine de 10 pour cent de pertes de la production agricole mondiale (**Withead, 1998**). Mais, les problèmes nématologiques restent encore mal perçus par les agriculteurs, vu que ces parasites vivent dans le sol, sont de taille microscopique et induisent des symptômes non spécifiques, ce qui leur a valu l'appellation " ennemies invisibles" des cultures (**Stirling et al. ,1991**).

Les nématodes associés aux céréales sont nombreux mais les nématodes à kystes des céréales (NKC) *Heterodera* spp. Constituent l'un des plus importants groupes de nématodes dans le monde (**Rivoal et Cook, 1993**).

En Algérie, les études concernant les NKC sont entamées depuis plus de 20ans. La présence de l'espèce *H. avenae* est signalée dans de nombreuses régions de culture de céréales, avec parfois de fortes infestations. Cependant, les travaux de recherche relatifs à ce parasite se sont limités à sa mise en évidence dans les grandes zones céréalières et aucune étude n'est entreprise sur les pertes de production et par conséquent sur son impact économique sur les rendements en céréales (**Mokabli et al. ,2001; Rivoal et Nicol, 2009**).

Ce présent travail constitue une contribution à la connaissance globale des nématodes à kyste des céréales, dans lequel nous avons tenté d'aborder quelques aspects relatifs à ces ravageurs.

Cette présente étude débute d'abord par une introduction qui aborde des généralités sur les céréales, ensuite un chapitre est consacré aux nématodes à kyste des céréales. La dernière partie de ce présent travail sera clôturée par une conclusion générale accompagnée de perspectives.



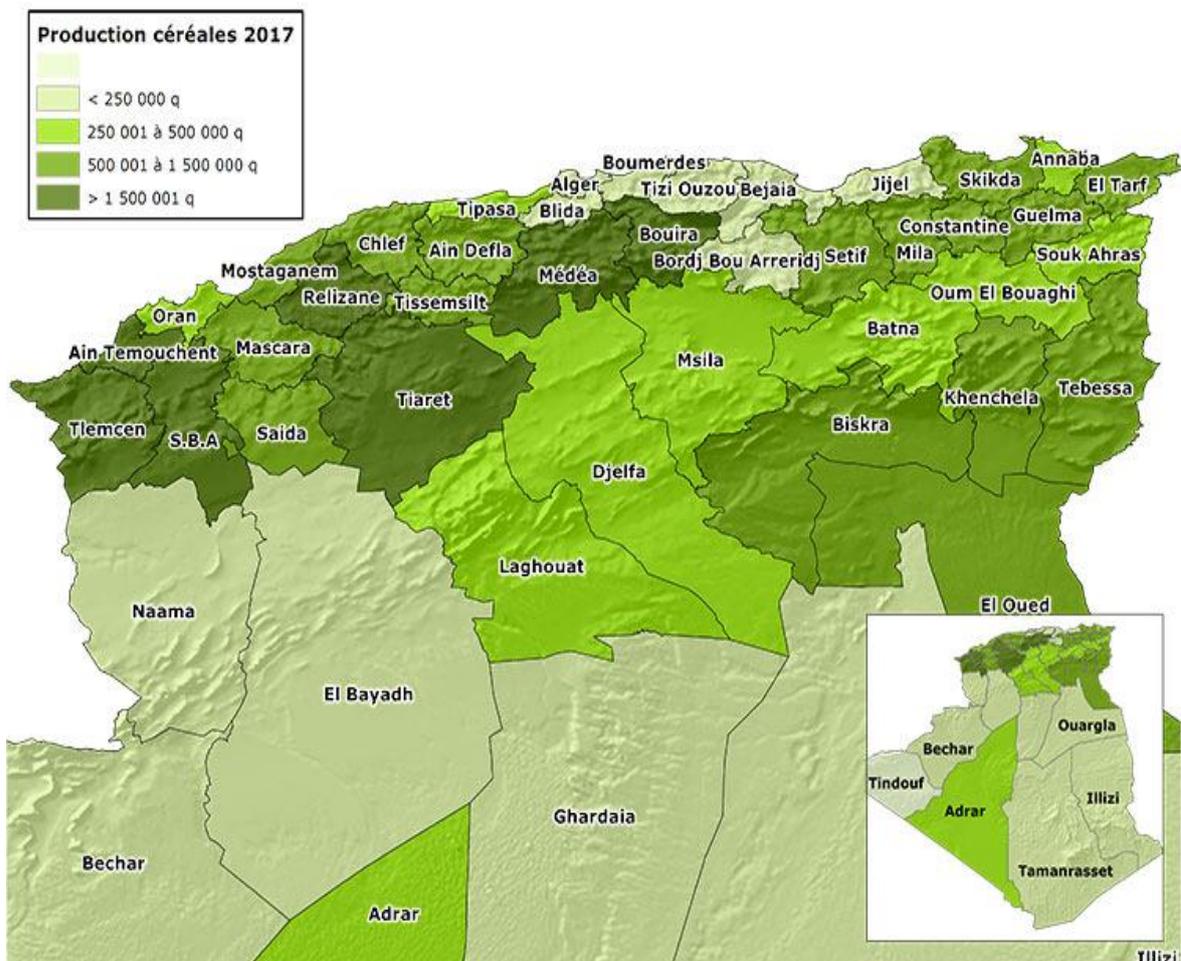
# *Chapitre I*

*Partie bibliographique sur les céréales*

## I.1 Historique des cultures céréalières

La culture des céréales en Algérie semble remonter à la plus haute antiquité, approximativement aux 12 siècles avant Jésus-Christ (A.J.-C) et constituait la spéculation essentielle du pays (**Doc Alg, 2005**).

Les zones de productions céréalières s'étendaient sur Guelma, Constantine et Chlef, avec de hautes zones se situant à plus de 1000 m d'altitude comme Sétif et Tiaret. Le blé dur et l'orge étaient cultivés au Hodna jusqu'aux hautes vallées des Aurès. La production céréalière de ces zones suffisait pour approvisionner les Romains, les Génois et les Marseillais (**Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, 2015**). L'Algérie était le grenier de la "Rome antique" pour le blé (**Zabat, 1980**). (fig. 1)



**Figure 1** : Carte schématique représentant les zones céréalières de l'Algérie (**Belaid, 1986**)

Les principales céréales cultivées étaient celles d'hiver dont le blé, l'orge et l'avoine. Le paysan ne cultivait que le blé dur « guemah » destiné à la fabrication de la semoule avec une multitude de variétés rustiques et peu exigeantes mais susceptibles aux maladies et aléas climatiques. Le blé tendre était inconnu en Afrique du Nord avant l'arrivée des colons en 1830 sauf dans les oasis où existait une variété spéciale : *Triticum vulgare* var. *oasicolum* L. (Anonyme 2, 2005).

## I.2 Données bibliographiques sur les céréales

### I.2.1 Position systématique et origine

La culture des céréales est très ancienne. On trouve des traces de blé, de seigle, d'avoine, d'orge à 6 rangs dès le Néolithique. Le riz, le millet, le sorgho, le blé étaient cultivés 2700 ans avant notre ère en Chine; les Égyptiens de l'ancienne Égypte connaissaient le blé et le sorgho (Moule, 1971). La taxonomie et la répartition des trois espèces (blé dur, Blé tendre et Orge) sont présentées dans le tableau n°1:

**Tableau n°1 : Taxonomie et répartition géographique des blés et de l'orge (Crete ,1965 et Khelil ,2010)**

| Famille                | Genre           | Espèces                     | Nom commun | Répartition géographique   |
|------------------------|-----------------|-----------------------------|------------|--|
| Gramineae<br>(Poaceae) | <i>Triticum</i> | <i>Triticum durum</i>       | Blé dur    | Cultivé dans toute la région méditerranéenne, dans l'Europe austro-orientale et l'Asie occidentale jusqu'à l'Inde et l'Altaï, en Amérique, en Australie et en Éthiopie |
|                        |                 | <i>Triticum aestivum</i> L. | Blé tendre | Cultivé en Europe, Afrique, Australie et en Amérique.  |
|                        | <i>Hordeum</i>  | <i>Hordeum vulgare</i> L.   | Orge       | Cultivé dans toutes les régions tempérées et subtropicales du globe.   |

### I.2.2 Importance et production

#### I.2.2.1 Dans le monde

Les céréales constituent la plus importante source d'alimentation dans le monde. Environ 70 % des terres destinées pour les cultures vivrières sont consacrées aux cultures céréalières (Riley *et al.*, 2009). Le blé, le maïs et le riz occupent la position la plus éminente avec 58 % des cultures annuelles en termes de superficie et de production

(Fischer *et al.*, 2009). Les grands pays producteurs des céréales sont présentés dans le tableau n°2.

**Tableau n°2 : Les grands pays producteurs des céréales (USDA, campagne 2010/2011)**

| Pays             | Production (Mt) | Surface Cultivée (Mha) |
|------------------|-----------------|------------------------|
| Chine            | 435,6           | 88,9                   |
| Etats-Unis       | 397,9           | 57,3                   |
| Union Européenne | 277,0           | 56,6                   |
| Inde             | 218,1           | 98,0                   |
| Russie           | 58,6            | 40,6                   |
| Brésil           | 75,0            | 19,7                   |

La Chine se classe en tête de liste des producteurs des céréales avec 435,6 Mt, suivi par les Etats-Unis avec 397,9 Mt. Cependant, l'Inde consacre une plus grande surface à cette culture mais sa production reste relativement limitée avec 218,1 Mt. La Russie et le Brésil viennent ensuite avec des productions respectives de 58,6 Mt et de 75 Mt.

### **I.2.2.2 En Algérie**

La production céréalière en Algérie occupe une place stratégique dans le système alimentaire et de l'économie nationale. Cette caractéristique est perçue d'une manière claire à travers toutes les phases de la filière. 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 3,5 million d'ha. Les superficies annuellement récoltées représentent 63% des emblavures. Elle apparaît donc comme une spéculation dominante. (Djermoun, 2009).

## **I.3 Aperçus sur la céréaliculture dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj**

La superficie totale de la céréaliculture en 2020-2021 : 72165 ha (Direction des Services Agricoles, 2021) Le tableau n°3 présente la production des céréales dans la wilaya de BBA.

**Tableau n°3: La production des céréales en BBA (qt) (Direction des Services Agricoles, 2021)**

| Année | Production (qt) |
|-------|-----------------|
| 2018  | 597889,4        |
| 2019  | 654522,8        |
| 2020  | 445821,6        |

Le nombre de variétés céréalières autorisées à la production et à la commercialisation a augmenté avec les nouvelles variétés sélectionnées et homologuées depuis 2006. Il atteint 103 variétés, parmi les variétés existantes à BBA dont : 32 variétés de blé dur (Mohamed Bel Bachir, Bou selam, Oued El bared, Waha, Simito....etc.), 26 variétés de blé tendre (HD 1220, Wifak), 23 variétés d'orge (Tichdert, Saida), 11 variétés d'avoine (Nour) et 11 variétés de triticales. Les régions les plus productives sont: Medjana, Ras El Oued et Bir Kased Ali. (**Direction des Service Agricole, 2021**).

Le rendement moyen de la wilaya de Bordj Bou Arreridj avoisine 14,33 qx/ha pour la campagne agricole de (1990-2019) contre 16.4 qx/ha pour la moyenne nationale

## **I.4 Morphologie**

### **I.4.1 Partie aérienne**

Formé par un ensemble de talles, chaque talle est composée par :

#### **I.4.1.1 la tige**

La tige est cylindrique, elle est formée d'entre-nœuds séparés par des nœuds plus ou moins saillants. Les nœuds sont des zones méristématiques à partir desquelles s'allongent les entre-nœuds. Chaque nœud est le point d'attache d'une feuille. Les entre-nœuds sont les parties de la tige situées entre les nœuds. Ils contiennent un parenchyme médullaire ou moelle. (**Belaid, 1986**)

#### **I.4.1.2 Les feuilles**

Sont alternées, ligulées et engainantes. Elles ont des nervures parallèles et sont terminées en pointe. L'inflorescence est toujours en épillets associés en inflorescence complexe, épis ou grappes d'épillets, se recouvrant étroitement les uns aux autres (**Bonjean et Picard, 1990**).

#### **I.4.1.3 L'épi**

L'épi comporte une tige pleine ou rachis coudée et étranglée à intervalles réguliers et portant alternativement à droite et à gauche un épillet. (**Clement et al. ,1971**).

#### **I.4.1.4 Le fruit**

Le fruit de toutes les céréales sont des caryopses, ou fruits secs indéhiscents dont les parois sont soudées à celle de la graine (**Belaid, 1986**)

## I.4. 2 Partie Souterraine

### I.4.2.1 Les Racines

Les racines sont de type fasciculé peu développées. Deux systèmes se forment au cours du développement : un système primaire et un système secondaire. Le premier fonctionne de la germination à la ramification de la plantule. Le second ou système coronaire apparaît au moment où la plante se ramifie (tallage) (Belaid, 1986).

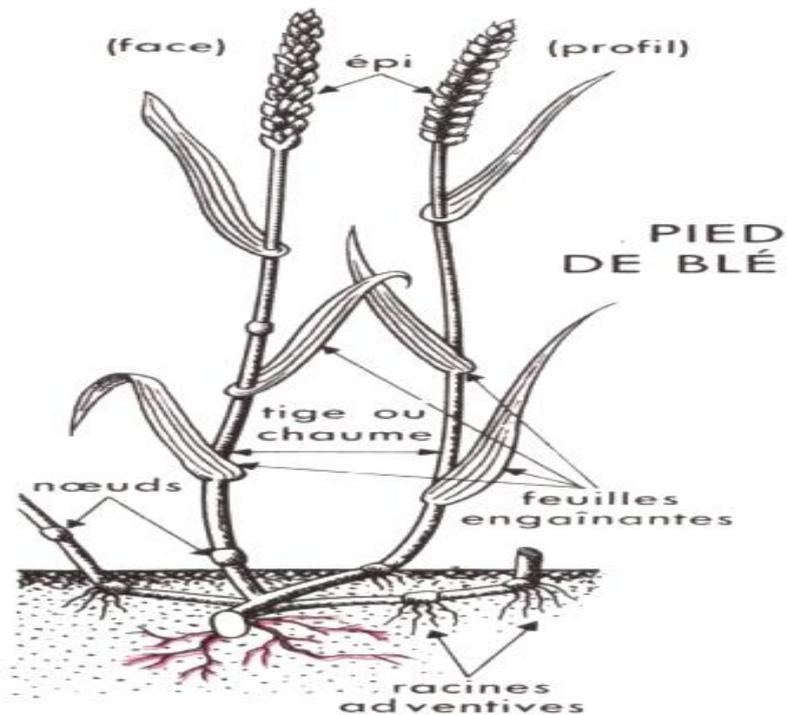


Figure 2 : Morphologie de la plante de blé (web 01)

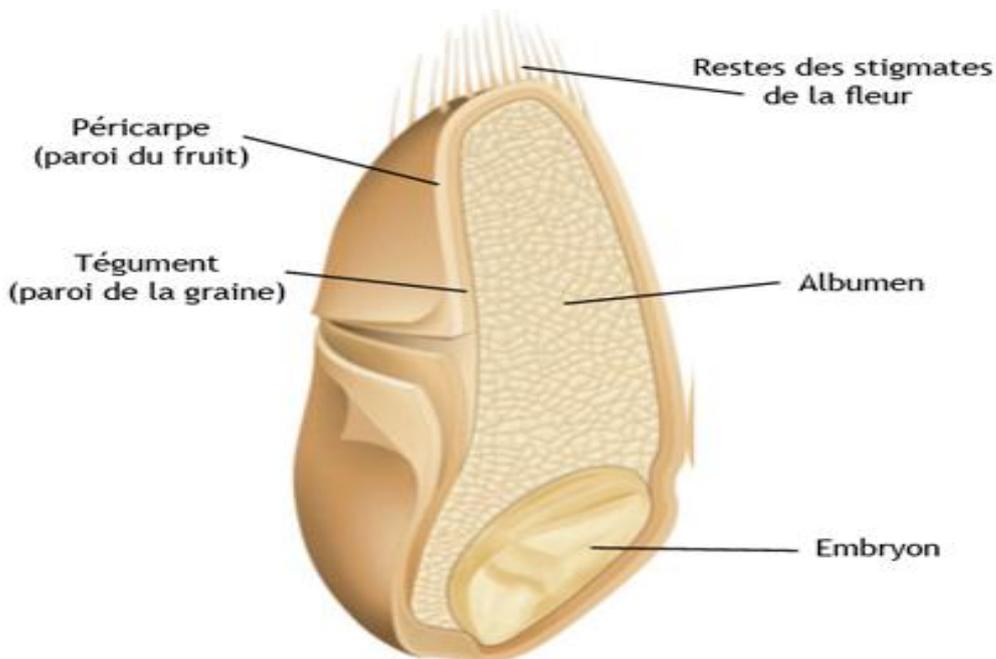


Figure 3 : Coupe longitudinale d'un grain de céréale (web 02)

I.5 Cycle végétatif

Selon Henry et Debuyserd (2000), le cycle de développement du blé peut se subdiviser en 3 périodes (fig. 04)

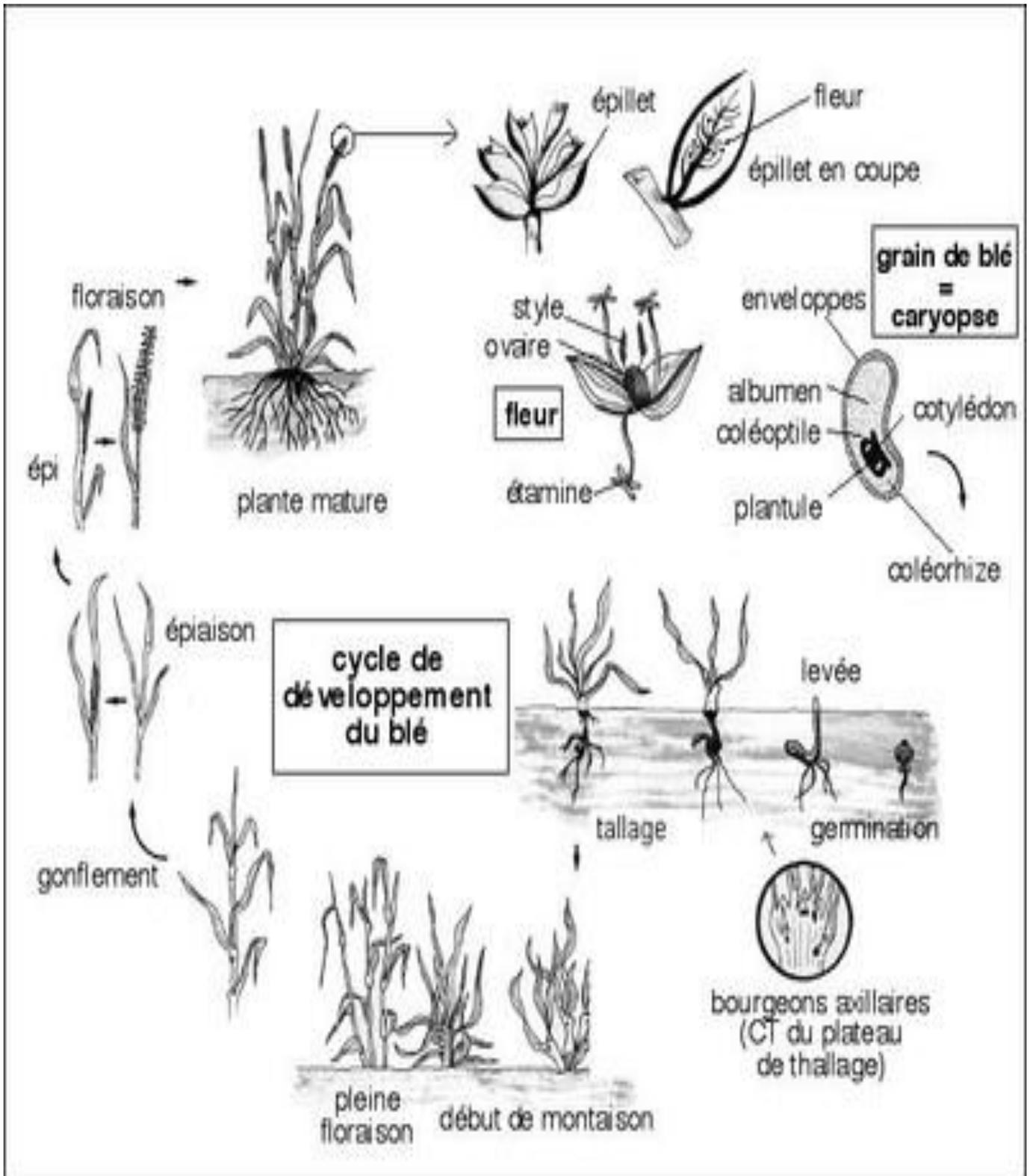


Figure 04: Cycle végétatif d'une céréale (Henry et DeBuyserd ,2000)

**I.5.1 Période végétative**

Correspond à la sortie du grain de son état de vie ralentie, elle comprend les phases suivantes :

**I.5.1.1 Phase de germination**

C'est la naissance d'une jeune plantule au dépend de la graine. Elle commence par l'imbibition de la graine qui permet la libération des enzymes et la dégradation des réserves assimilables par la graine suivie par la croissance caractérisée par l'allongement de la radicule (**Vertucci, 1989**).

**I.5.1.2 Phase semi-levée**

La germination d'une céréale se traduit par la sortie des racines séminales de la coléorhize et, à l'opposé, par la croissance d'une préfeuille, le coléoptile. Celui-ci sert de manchon protecteur et perforateur du sol pour la première feuille qui sera fonctionnelle et percera le sommet du coléoptile peu après l'apparition de ce dernier au niveau du sol (**Geslin et Jonard, 1948**)

**I.5.1.3 Phase levée - début du tallage**

Elle est caractérisée par les apparitions successives à l'extrémité de la coléoptile et les premières feuilles fonctionnelles imbriquées les unes dans les autres, partant toutes d'une même zone dite plateau du tallage. C'est la phase critique en cas d'attaque par les parasites et les ravageurs (**Vertucci, 1989**).

**I.5.2 Période reproductrice**

Cette période comprend deux phases : phase tallage herbacé et phase épiaison

**I.5.2.1 Phase Tallage herbacé – Gonflement**

Elle comprend l'initiation florale, la différenciation de l'ébauche de l'épi, la différenciation des ébauches des glumes, la montaison, la méiose et le gonflement (**Vertucci, 1989**).

**I.5.2.2 Phase Epiaison – Floraison**

Cette phase correspond à l'apparition des épis à l'extérieur et à la fécondation. La floraison consiste en l'éclatement des anthères qui libèrent le pollen ; les filets qui les portent s'allongent, ce qui entraîne à travers les glumelles entrouvertes, les sacs polliniques desséchés à l'extérieur et flottent alors tout autour de l'épi comme de petites fleurs blanches dont l'ensemble fait dire que « l'épi est fleuri » (**Vertucci, 1989**).

### **I.5. 3 Période de maturation**

La maturation s'étale sur environ 50 jours et marque la fin de la période végétative. La phase de remplissage du grain se caractérise par la multiplication cellulaire suivie par l'accumulation des réserves (amidon et protéines) dans les cellules du grain. C'est une étape déterminante pour le poids (PMG) et la teneur en protéines du grain (**Chambenoit, 1999**).

#### **I.5.3.1 Phase pâteuse**

La graine accumule fortement l'amidon dans son albumen. Tout déficit en eau entraînera un excès d'évaporation et un ralentissement de la synthèse des réserves nécessaires à la formation du grain, ce qui se traduit par la formation de grains ridés de poids inférieur à la normale (phénomène d'échaudage). (**Gate, 1995**).

#### **I.5.3.2 Phase de dessiccation :**

Elle correspond à la perte progressive de l'humidité du grain qui ne doit pas dépasser 15 % au champ (**Vertucci, 1989**).

## **I.6 Exigences de la céréaliculture**

### **I.6.1 Climatiques**

#### **I.6.1.1 La température**

En semis normal, la température est le facteur principal d'action sur la croissance. Le zéro de germination du blé est, de 0°C, la température optimale de germination se situant vers 20-22°C (**Moule, 1971**).

#### **I.6.1.2 L'eau**

L'eau est l'élément indispensable à la vie de la plante, durant tout le cycle de végétation, mais il y a deux périodes critiques d'alimentation en eau qui se situent dans les 20 jours qui précèdent l'épiaison et surtout, durant la période d'enrichissement du grain en matière sèche (manque d'eau cause le phénomène d'échaudage) (**Simon et al., 1989**). En cas d'excès d'humidité, il provoque l'asphyxie des racines qui peut entraîner le développement des germes anaérobies générateurs de pourritures (**Clement et al., 1971**). S'il y a un manque d'eau durant tout le cycle, des symptômes peuvent apparaître tels que :

- La réduction de la taille du limbe
- Le raccourcissement de la hauteur des tiges (**Gâte, 1995**).

**I.6.1.3 L'éclaircissement**

Selon Soltner (1990), une certaine durée du jour (photopériodisme) est nécessaire pour la réalisation du stade B (le stade B marque la fin tallage et le début de montaison). Il faut que la durée de l'éclaircissement soit d'environ 12 heures pour que l'épi commence à monter dans la tige. D'autre part, il convient d'éviter l'ombrage et les cultures trop denses qui vont favoriser l'apparition des maladies cryptogamiques (Simon *et al.*, 1989).

**I.6. 2 Edaphique****I.6.2.1 Le sol**

Les céréales n'ont pas dans l'ensemble d'exigences marquées concernant la nature du sol. Cependant chacune d'elles a ses préférences. Le blé atteint les rendements les plus élevés sur des sols à bon pouvoir absorbant, bien pourvus en chaux, telles les terres argilo-calcaires du bassin parisien. L'orge par contre s'accommode très bien des terres légères, peu profondes, sur sous-sol calcaire (Moule, 1971).

**I.7 Spécificités pédoclimatiques de la région Bordj Bou Arreridj****I.7.1 La sécheresse**

D'après Ali smail *et al.* (2017) en agriculture la sécheresse commence à avoir des impacts très négatifs sur la production agricole dans la région méditerranéenne. La sécheresse se traduit par une absence prolongée avec une faible distribution des précipitations, en relation avec une valeur dite normale il faut noter que les céréales sont confrontées a plusieurs types de sécheresse qui les affectent au cours de leurs cycle de développement, il s'agit de :

- La sécheresse au début de cycle végétatif et qui affecte l'installation de la culture.
  - La sécheresse du milieu de cycle végétatif et qui affecte principalement la fertilité des organes reproducteurs de plante.
  - La sécheresse de fin de cycle végétatif qui affecte la formation et le remplissage du grain
- La sécheresse est à l'origine du stress hydrique et thermique

**I.7.2 Le stress hydrique**

Le stress hydrique peut se définir comme le rapport entre la quantité d'eau nécessaire à la croissance de la plante et la quantité d'eau disponible dans son environnement, sachant que la réserve d'eau utile pour la plante est la quantité d'eau du sol accessible par son système

racinaire, La demande en eau de la plante est quand a elle déterminée par le niveau de transpiration ou évapotranspiration, ce qui inclut les pertes d'eau tant au niveau des feuilles qu'au niveau du sol. Lorsque la quantité d'eau captée par la plante est inférieure à la quantité d'eau perdue par évapotranspiration un déficit hydrique apparaît.

Les effets de ce déficit dépendent de l'âge, de l'organe considéré, de l'intensité et de la durée du stress .globalement et pour l'ensemble des plantes, le déficit hydrique engendre une diminution voire un arrêt de la croissance un flétrissement des parties aériennes et, si le stress est trop intense ou trop long, la mort de la plante, toutes les plantes ne présentent pas les mêmes stratégies face au stress (**Despinasse, 2015**).

### **I.7.3 Stress thermique**

La sensibilité des plantes aux températures extrêmes est très variable ,certaines sont exterminées ou affaiblies par des bases modérées de températures alors que d'autres parfaitement acclimatées ,sont capables de suivre au gel (des dizaines de degrés Celsius en dessous de zéro ).

Le stress provoqué par des températures élevées induit la synthèse d'un groupe de protéines particulières (**Douaer et al., 2018**).

### **I.8 Contraintes de la céréaliculture**

La fluctuation des rendements en céréales et la faible production sont attribués principalement à la contrainte hydrique puisque, comme nous l'avons signalé précédemment, La plus part des terres emblavées en céréales se situent dans les étages bioclimatiques semi- aride et aride. Le type de sol, l'itinéraire technique, les variétés cultivées sont autant de facteurs abiotiques qui concourent à cette faible récolte.

En outre, les maladies et les ravageurs constituent la contrainte biotique majeure pour la céréaliculture. Les principales maladies rencontrées en Algérie sont d'origine cryptogamique comme les rouilles, les septorioses, les pourritures racinaires, l'oïdium et la carie qui touchent notamment le blé et la jaunisse nanisante virale sur l'orge (**Bendif, 1994**).

Parmi les ravageurs, de nombreux insectes tels que les cécidomyies, les pucerons, les punaises, etc. s'attaquent aux cultures céréalières (**Boulal et al., 2007**). Les nématodes parasites des plantes sont d'une importance économique mondiale. Ces ravageurs représentent l'un des problèmes phytosanitaires les plus difficiles à démontrer, à identifier et à contrôler ils vivent dans le sol (**Stirling et al., 1998**).

Leurs dégâts sont généralement sous-estimés par les agriculteurs, mais il a été estimé que près de 10 % de la production agricole mondiale est perdue à cause des dégâts des nématodes (Whitehead, 1998).

De nombreux nématodes sont associés aux céréales, mais seuls quelques groupes sont économiquement importants tels que les nématodes à kyste de céréales *Heterodera* spp. ; Les nématodes des lésions racinaires, *Pratylenchus* spp. ; Les nématodes à galles des racines, *Meloidogyne* spp. ; le nématode des inflorescences *Anguina tritici* et le nématode des tiges, *Ditylenchus dipsaci*.

## I.9 Présentation générale du cadre d'études

### I.9.1 Description générale de la région d'étude

#### I.9.1.1 Situation

La wilaya de Bordj Bou Arreridj s'étend sur une superficie de 3 920,42 km<sup>2</sup>.

Géographiquement, elle est comprise entre les latitudes Nord 36°4'60" et les longitudes Est 4°45'0".

Située sur les hauts plateaux Est du pays, elle s'étend sur l'axe Alger-Constantine et est limitée :

- Au Nord, par la wilaya de Bejaia.
- A l'Est, par la wilaya de Sétif.
- A l'Ouest, par la wilaya de Bouira.
- Au Sud par la wilaya de M'Sila.

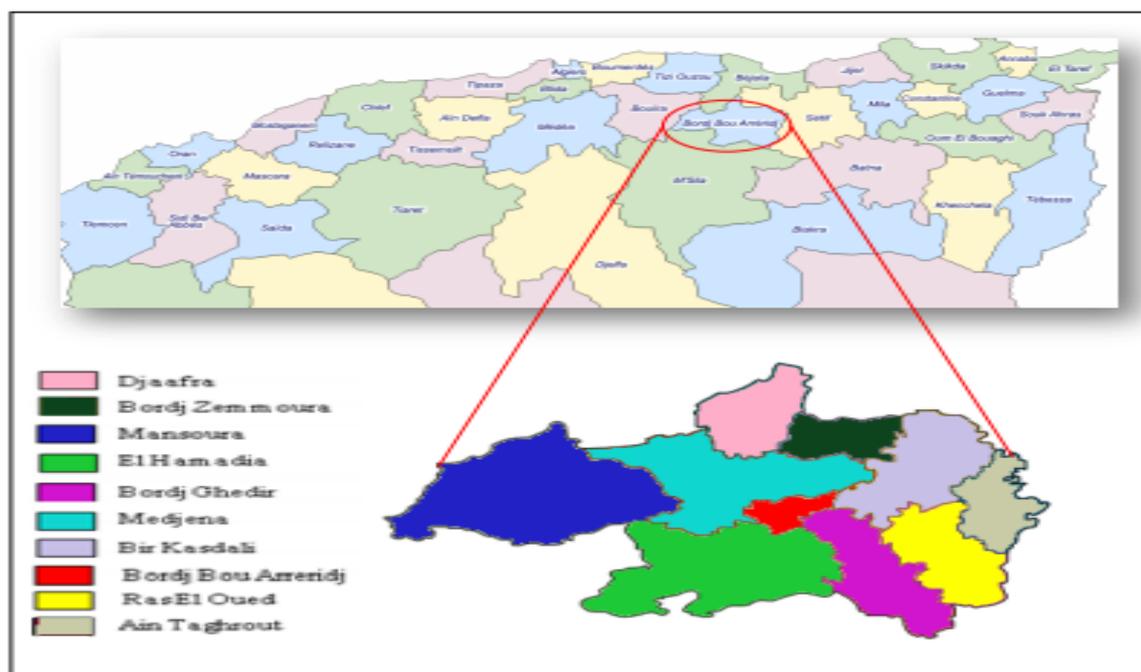


Figure 05 : Situation géographique de la wilaya de Bordj Bou Arreridj (DSA ,BBA,2017).

**I.9.1.2 Topographie**

Selon **Chemali et Merzougui, 2006**, La wilaya est constituée de trois zones géographiques qui se succèdent :

- \_ Une zone montagneuse avec au Nord, la chaîne des Bibans.
- \_ Une zone de hautes plaines qui constituent la majeure partie de la wilaya.
- \_ Une zone steppique, au sud-ouest à vocation agro-pastoral
- \_ L'altitude varie entre 302 m et 1885 m

**I.9.1.3 Hydrographie**

La Wilaya de Bordj Bou Arreridj possède de nombreuses sources d'eau, elle enregistre la présence de thermes naturels dont les eaux sont dotées des vertus curatives. La plus connue est hammam El Biban, à l'ouest qui a été rénovée et Hammam Ibaynan, au nord. Le principal cours d'eau traversent la wilaya est l'oued Bou sellam .ainsi que l'oued El Ksub dans le sud de la wilaya.

La wilaya comprend le barrage d'Ain Zada

**I.9.1.4 Pédologie**

Selon **Djaballah et Ould-Amer, 2006**, La wilaya de Bordj Bou Arreridj peut être divisée en 3 zones: zone nord, zone intermédiaires et zone sud

**I.9.1.4.1 Zone Nord**

Les sols sont caractérisés par deux classes :

- Classe des sols peu évolués
- Classe des sols calcimagnésiques

**I.9.1.4.2 Zone intermédiaires**

Elle est caractérisée par trois classes :

- Sols calcimagnésiques
- Sols à croute calcaire
- Sols peu évolués

**I.9.1.4.3 Zone Sud**

On distingue deux types de sols :

- Sols peu évolués
- Sols calcimagnésiques

**I.9.2 Le climat**

La wilaya se caractérise par un climat continentale, qui offre des températures chaudes en été et très froides en hiver .parmi les plus basses d'Algérie .la pluviométrie annuelle est de 300 à 700 mm. (DSA .BBA , 2021 )

**I.10 Les maladies des céréales**

Plusieurs pathogènes et ravageurs menacent la production de céréales, le tableau n°4 récapitule les plus dommageables.

**Tableau n°4:** Les principaux ravageurs et maladies des céréales. (Prescott *et al.*, 1987).

| Agent pathogène  | Symptômes  | Organe touché                    | Type des céréales                           | Description des dégâts  | Moyens de lutte   |
|------------------|--|----------------------------------|---|---|---|
| Maladie fongique | Piétin échaudage <i>Gaeumanomyces Graminis</i> ) | Racines<br>feuilles<br>et tige   | Blé dur<br>Et blé<br>tendre                 | - Sont variables selon le climat de l'hiver et du printemps. -Une attaque précoce généralement forte : -Réduction de la croissance (50%ou plus) du tallage, jusqu'à la mort des plantes. -Les feuilles sont réduites de taille, jaunissant par la pointe. -les racines sont étranglées et fragiles -une attaque tardive : Echaudage complet de toute la plante avec ses talles, couleur dominante blanc (paille sèche). -Une tige noire sou forme d'un manchon de 1 à 3 cm au dessous du plateau de tallage. -Zones noires de plusieurs centimètres de la racine. | -rotation des Cultures.<br>-la décomposition rapide des résidus et leur enfouissement (labour) diminuent leur potentiel.<br>- désherbage.<br>-traitement des Semences.<br>-choix de la Vergetées. |
|                  | Mildiou : ( <i>Sclerophthora macrospora</i> )    | Racines , tige, feuilles et épis | Blé, orge, avoine<br>Mais, riz<br>et sorgho | -les dégâts ne sont notables qu'en cas d'hiver pluvieux (novembre, décembre) ou d'inondations accidentelles.<br>-La croissance de la plante est réduite jusqu'au fort nanisme.<br>-dessèchement des feuilles basses ; couleur vert claire des feuilles supérieure souvent avec des stries vert-jaune. -lorsque l'épi parvient à sortir, ses déformations sont très spectaculaires.  | - amélioration du drainage de la parcelle.<br>-rotation avec des cultures autres que graminées.<br>-désherbage.   |

|   |                                       |  |  |  |   |
|---|---------------------------------------|--|--|--|---|
|   | Oïdium : (Erysiphe graminis)          | Feuille, épis et tige                                  | Le blé et l'orge   | -Le développement d'attaque est rapide même à basse température (5-10°C). -touffes blanches, cotonneuses, éparses sur toutes les feuilles, puis ponctuation noires sur ces touffes qui enfin deviennent brunes et grises.  | -traitement fongicide.<br><br>-tolérance végétale.  |
| Maladies virales  | Jaunisse nanisante de l'orge (JNO).   | Feuille  | Blé dur, blé tendre, l'orge et l'avoine.   | -Maladies irrégulières selon les années et les régions. Sa gravité dépend du nombre de pucerons. - La perte de rendement va de 5 à 20q/ha. - la taille de la plante est réduite jusqu'au nanisme (-20-50%). -jaunissement des feuilles jeunes.   | traitement insecticide Pour éliminé La transmission des virus par les pucerons. -éviter les semis trop précoces.                            |
|   | Stries chlorotique : (WCSV ou BYSMV). | Feuille et épis  | Blé dur et blé tendre  | -Le plus souvent à partir de fin avril. -au début les feuilles sont très petits tirets vert pâle à jaunes, puis alternance de stries et vertes parallèles aux nervures. Enfin, les stries se dessèchent. -les épis dégagent difficilement puis échaudent, le col de l'épi ne s'allonge pas | -faucher Les graminées de cicadelles. -éviter les semis très précoces à proximité des friches, prés. -les insecticides contre les piqueurs. |
|   | Mosaïque du blé : (VMB & VSFB)        | Feuille, racine  | Blé dur  | -Généralement en début de printemps. -la plante prend une couleur dominante vert clair puis vert-jaune à orangé. -décolorations vert pâle en tirets de la feuille. -réduite la croissance de la racine mais aspect normal.   | -limiter la propagation de champignons sur d'autres parcelles par le nettoyage des outils de travail du sol.                                |
| Maladies bactériennes (Prescott et Glume noire ( <i>Xanthomonas campestris</i> )) | Feuille et graines                    | Toutes les céréales, ainsi que de nombreuses graminées | - Les premiers symptômes offrent l'aspect de lésions ou franges chlorotiques étroites et humides. - l'épi peut être infecté et devient stérile. Dans les cas graves, la maladie entraîne la mort des feuilles et des épis. | - sels de cuivre   |   |

|                      |   |                             |                              |   |   |
|----------------------|---|-----------------------------|------------------------------|---|---|
|                      | Bacteriose des glumes :<br>( <i>Pseudomonas syringae</i> )        | Feuille, tiges et épis      | toutes les céréales a paille | -Les infections se manifestent par l'apparition de petites lésions aqueuses d'un vert sombre, virant au brun fonce ou au noir. - les glumes contaminées sont translucides.  | - utiliser les bactéries antagonistes des souches appartenant au genre Bacillus,  |
|                      | pourriture jaune de l'épi :<br>( <i>Corynebacterium tritici</i> ) | Epis.                       | le blé.                      | - La sécrétion sur les épis d'un exsudat jaune, qui en séchant devient blanc. - Epis et cols offrent l' aspect d'une masse gluante et informe - les premières feuilles sont froissées ou tordues.   |   |
| Principaux ravageurs | Limaces : ( <i>Arion hortensis</i> )                              | Feuilles , germes et grains | Céréales, graminées et maïs  | -Dans les cas graves ce taux est atteint sur toute la parcelle, qui doit retournée. -les germes sont dévorés avant leur sortie de terre, le grain est vidé. - les feuilles sont effilochées et trouées, parfois sectionnées.  | -préparation du sol : le labour enfouit les limaces en profondeur ; il permet seulement de retarder l'attaque. -la rotation. -la lutte chimique               |
|                      | Mouche jaune :<br>( <i>Opomyza florum</i> )                       | Tige, épi.                  | Blé dur.                     | - les attaques sont toujours éparées. -généralement 5 à10% de tiges sont détruit. -jaunissement des feuilles, et elle cède facilement. -on trouve sous le jeune épi un asticot blanc nacré.   | -traitement de semence -la lutte en vegetation.   |
|                      | Zabre : ( <i>zabrus tenebrioides</i> )                            | Feuilles                    | Blé                          | -les attaque graves sont fréquent et bien que liées au climat de l'année se reproduise sur les mêmes parcelles. - on observe le plus souvent des zones de parcelle disparaissent, s'agrandissant nuit après nuit. -la larve mèche et déchiquète les feuilles n'en laissant que les nervures qui forment une pelote au pied de plante. | -la rotation. - éparpiller les pailles pour limiter les abris -le labour détruit une partie des larves. - traitement de semences. - Traitement en végétation. |





*Chapitre II*

*Généralités sur les nématodes*

## II.1 Données bibliographiques sur les nématodes à kystes

### II.1.1 Historique et répartition

#### II.1.1.1 Dans le monde

Le premier nématode décrit dans la phytonématologie est *Anguina tritici*, a été découvert dans les grains du blé par **Nedham (1843)** cité par **Ritter (1972)**. Davidson (1930) in **Fisher et Hancock (1991)** affirme que l'espèce *Heterodera avenae* est largement distribuée sur les sols arables et sur les sols incultes, ce qui fait qu'elle soit probablement indigène aux îles Anglaises.

#### II.1.1.2 En Algérie

Selon **Scotto La Masses (1962)**, *H. avenae* est reconnue comme étant une espèce qui prédomine dans les régions productrices de céréales telles que Aïn Defla, Batna, Bejaïa, Birtouta, Dahmouni, Oued Smar, Sidi Hosni, Sétif et Tiaret (**Mokabli et al. , 2001, Rivoal et al. , 2001**). *H. avenae* n'a pas été détecté dans les sud, périmètres irrigués algériens près d'Adrar (**Haddadi, 1999**).

## II.2 Position systématique

Selon **Bachelier, 1978 et Reddy, 1983**:

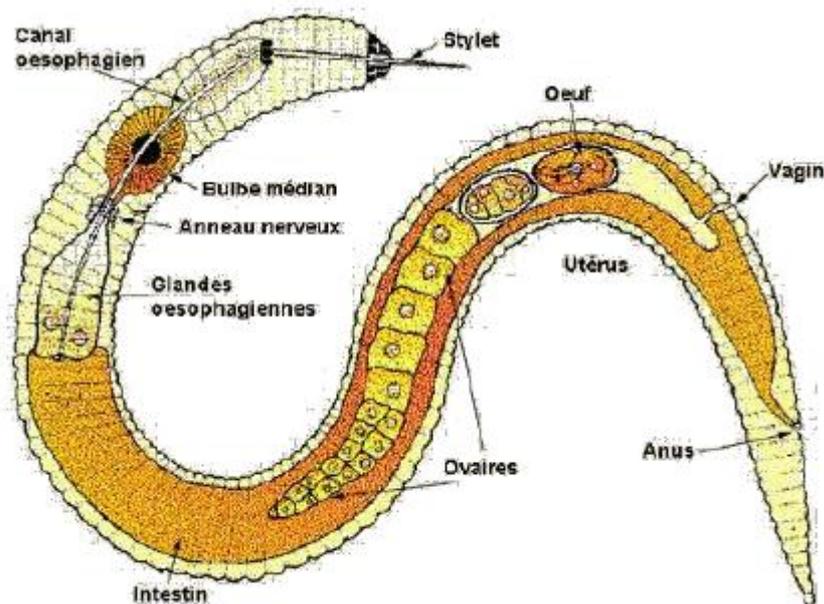
|                             |                   |
|-----------------------------|-------------------|
| <b>Règne :</b>              | Animal            |
| <b>Sous Règne :</b>         | Métazoaires       |
| <b>Embranchement:</b>       | Némathelminthes   |
| <b>Sous Embranchement :</b> | Nématodes         |
| <b>Classe :</b>             | Secernentea       |
| <b>Ordre :</b>              | Tylenchida        |
| <b>Sous Ordre :</b>         | Tylenchina        |
| <b>Super Famille :</b>      | Tylenchoidea.     |
| <b>Famille :</b>            | Heteroderidae     |
| <b>Sous Famille :</b>       | Heteroderidae     |
| <b>Genre :</b>              | <i>Heterodera</i> |

Les nématodes à kyste des céréales forment un complexe de plusieurs espèces étroitement apparentées (**Rivoal et Nicol, 2009**). Le genre *Heterodera* comprend plus de 80 espèces (**Subbotin et al. , 2010**) qui se répartissent en 5 principaux groupes et qui diffèrent par de nombreux critères (**Mulvey, 1972**). Les trois espèces les plus redoutables :

- *H. avenae* (Woll, 1924) est l'espèce la plus répandue et la plus nuisible dans le monde (Griffin, 1988 ; Greco *et al.* , 2002 et Subbotin *et al.* , 2003).
- *H. latipons* (Franklin, 1968) : Il est connu comme étant le nématode à kyste du blé et qui est à l'origine d'importants dégâts dans plusieurs pays méditerranéens (Greco *et al.* , 2002).
- *H. filipjevi* (Madzhidov, 1981) : Cette espèce infeste le blé, le seigle, le maïs et d'autres graminées sur lesquels elle peut induire d'importants dégâts (Subbotin *et al.* ,2003).

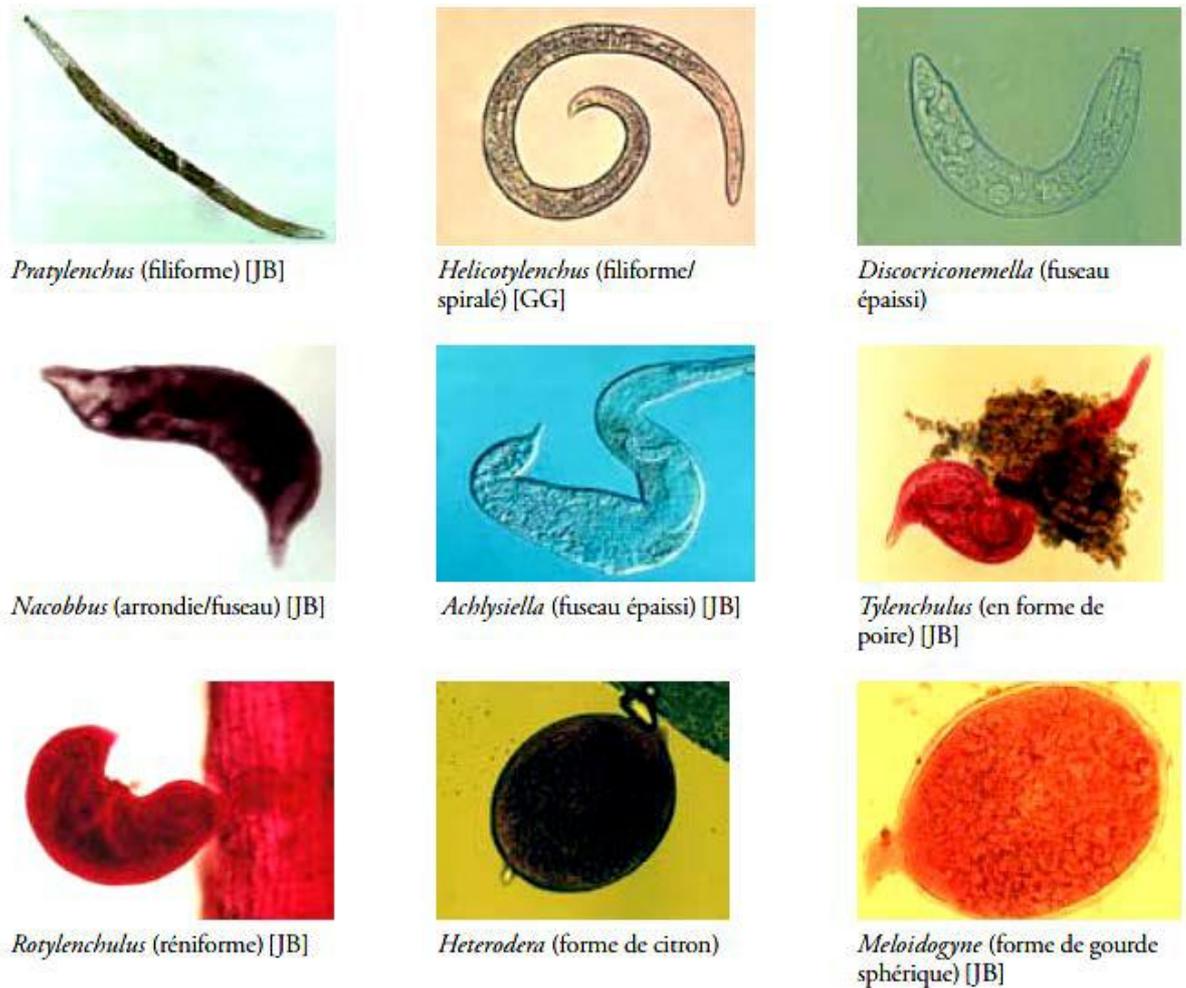
### II.3 Description morphologique

Les nématodes des plantes mesurent de 0,2 à 2 mm de longueur, avec un diamètre qui varie de 10 à 40 microns (Ritter, 1972). (fig. 6)



**Figure 6 :** Morphologie générale d'un nématode phytophage (Esser;1971)

Ils existent avec une très grande variabilité de formes et de tailles (Fig.7). Ils sont revêtus d'une cuticule épaisse, annelée superficiellement, qui recouvre une masse musculaire permettant leur déplacement dans le film d'eau qui tapisse les particules du sol, d'autre muscles spécialisées existent autour de la bouche, le long du tractus intestinal et de l'appareil reproducteur, ils sont ovipares et se reproduisent par voie sexuée. Les nématodes se nourrissent grâce à leur stylet buccal creux qui pénètre dans les cellules pour en absorber le contenu, causant des dégâts irréversibles aux racines.



**Figure 7** :Diverses formes de quelque nématode, comme observées à travers le microscope (Coyne *et al.*, 2010)

Les nématodes à kyste du genre *Heterodera* présentent un dimorphisme sexuel remarquable. La femelle d'*H. avenae* est globuleuse (Rivoal, 1973 ; Luc *et al.*,1985). Les larves du deuxième stade (L2) ainsi que les mâles sont par contre filiformes (Sanchez *et al.*,1989).

### II.3.1 Les œufs

Ils sont renfermés dans le corps de la femelle adulte transformée en kyste. Ils sont hyalins, lisse et de forme ovale (Volvas, 1985). (fig. 8)



Figure 8: Les œufs d'*Heterodera avenae* (Woutset *al.*, 1995)

### II.3.1.1 Les larves du premier stade

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

### II.3.1.2 Critères spécifiques des larves (L2) :

Elles sont filiformes, avec une tête hémisphérique (Vovlas, 1985), de longueur allant de 490 à 600  $\mu$  et un stylet avec une protubérance distale du stylet de forme ronde légèrement concave (Sturhan, 1982) (Fig.9).

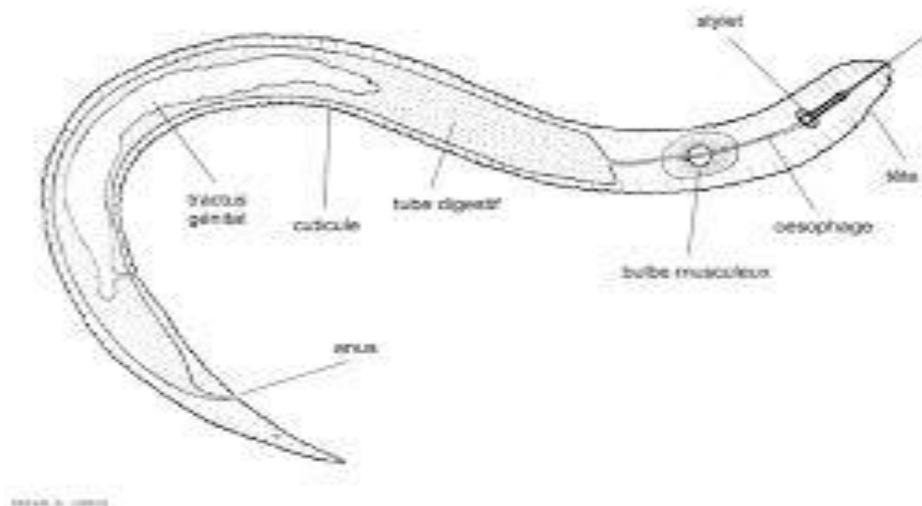


Figure 9 : Larve L2 d'*Heterodera avenae* (Razki, 1950)

II.3.1.3 Les larves du troisième stade

A ce stade les larves sont sédentaires avec une forme gonflées et avec une queue courte à la partie postérieure et un stylet buccal à la partie antérieure (Wouts, 1972) (Fig.10).

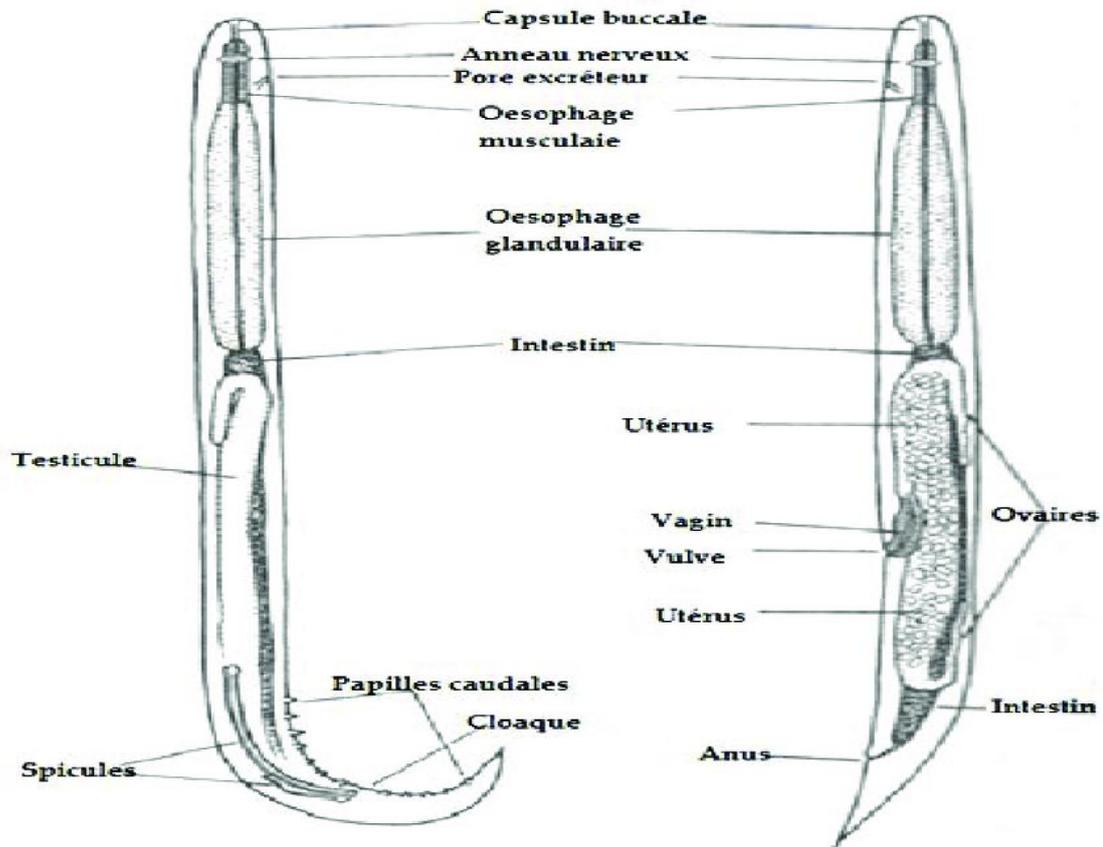


Figure 10 : Larves L3 mâle et femelle (Moravec,1994)

II.3.1.4 Les larves du quatrième stade

Elles ressemblent aux larves du troisième stade dans les caractéristiques avec un anus terminal (Wouts, 1972).

II.3.2 Critères des mâles

Ils sont Filiformes et mesure 1.5 mm (Rivoal., 1978) et possède une paire de spicules d'une longueur de 35 à 36µm (Volvas, 1985) qui jouent un rôle lors de la copulation. (Person-Dedryver, 1989)

Les mâles se nourrissent à la surface des racines pour quelques jours, pendant lesquels ils peuvent ou non féconder les femelles avant de migrer à nouveau dans le sol pour y mourir. (Coyne et al. ,2010) (Fig.11).

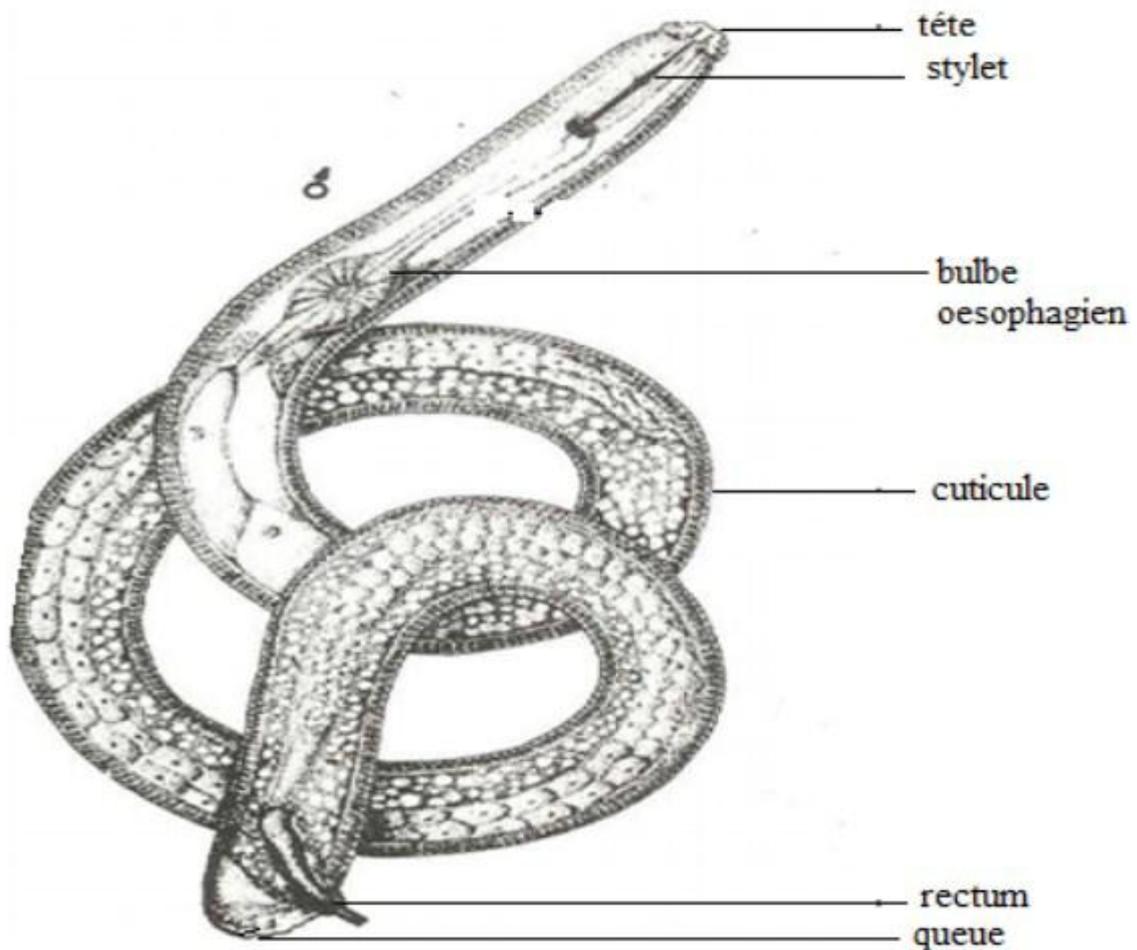


Figure 11 : Mâle d'*Heterodera* spp (Razki, 1950)

### II.3.4 Critères des femelles

Elles sont sédentaires, globuleuses, sphériques d'environ 0.5 mm de diamètre (Shepherd et al. ,1972 ; William et Siddiqui, 1972 ; Wout, 1972 ; Rivoal et al. ,1978). La femelle meurt après la fécondation et se transforme en kyste brun bourré d'œufs. (Schneider, 1965 ; Rivoal, 1973 ; De Guiran, 1983)

La femelle produit généralement un très grand nombre d'œufs, qui demeurent à l'intérieur de son corps. (Coyné et al. ,2010)

Les œufs sont hyalins, lisses et de forme ovale (Volvas, 1985). Leur longueur est de 126 micromètre et leur largeur est de 56 micromètre (Williams et Siddiqui, 1972). (Fig 12)

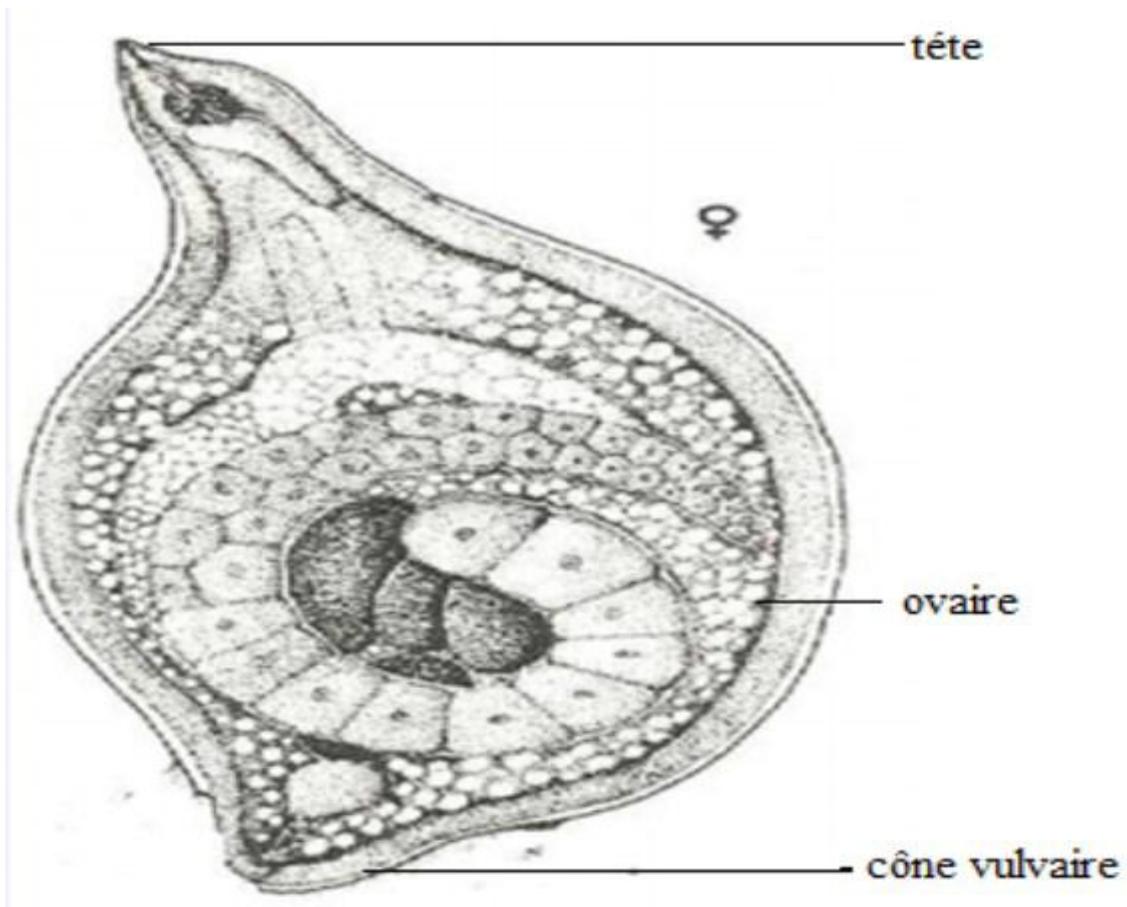


Figure 12 : Femelle d'*Heterodera. spp* (Razki ,1950)

### II.3.5 Le kyste

C'est le corps de la femelle adulte dont la cuticule subit un tannage quelques semaines après sa mort, puis durcit (Rivoal, 1973 ; De Guiran, 1983 et Nobbs, 1989). Le kyste est citriforme, de couleur brun foncé selon l'espèce. (Rivoal, 1973 ; Reddy, 1983 ; Rivoal et Sarr, 1983 ; Volvas, 1985 et Nobbs, 1989).

Il est constitué d'une tête, d'un cou et d'un cône vulvaire inclus dans son corps (Volvas, 1985). Sa taille est très variable, la cuticule est rugueuse et se présente en zigzag (Williams et Siddiq, 1972 et Volvas, 1985). Son rôle est principalement protecteur (Shepherde *et al.*, 1972). Selon Williams et Siddiqui (1972), le kyste contient en moyenne 200 à 250 oeufs.(fig 13)



Figure 13: Les kystes d'*Heterodera avenae* (Woutset al., 1995)

#### II.4 cycle de développement

Le cycle des nématodes phytoparasites est en général très simple (Reddy, 1983).

D'après (Taylor, 1968), le cycle biologique n'est pas le même chez tous les nématodes; il n'existe pas de multiplication asexuée chez les Nématodes, mais quelques espèces sont entièrement parthénogénétiques. Les larves passent par quatre mues. Le premier a lieu à l'intérieur de l'œuf d'où émergent les larves migratrices du second stade (L2). Cette éclosion est déterminée par la température (Rivoal et Cook, 1993).

Ces dernières sont mobiles et émergent du kyste par la fente vulvaire (Banyer et Fisher, 1971). Une fois libérées dans le sol, celles-ci attaquent les radicelles de la levée de la plante hôte (céréales) (Schneider, 1965) et pénètrent dans les tissus de la racine près de son extrémité et elles se fixent pour s'alimenter et s'agrandir passant par la troisième et la quatrième mue larvaire quelques jours après. Les larves subissent la dernière mue larvaire. Elles deviennent gonflées et sédentaires et complètement internes.

Ensuite, ces larves subissent trois mues pour aboutir soit à un mâle filiforme libre soit à une femelle blanche citriforme qui reste fixée à la racine. Une fois la fécondation obligatoire est effectuée, la paroi de la femelle durcit et brunit puis elle 14 meurt et se transforme en kyste (Griffin, 1988 ; Rivoal et Bourdon, 2005 et Rivoal et Nicol, 2009).

Ce dernier constitue la principale caractéristique biologique d'*Heterodera avenae*. Il est issu de la chitination du tégument de la femelle et constitue ainsi sa forme de survie (fig.14).

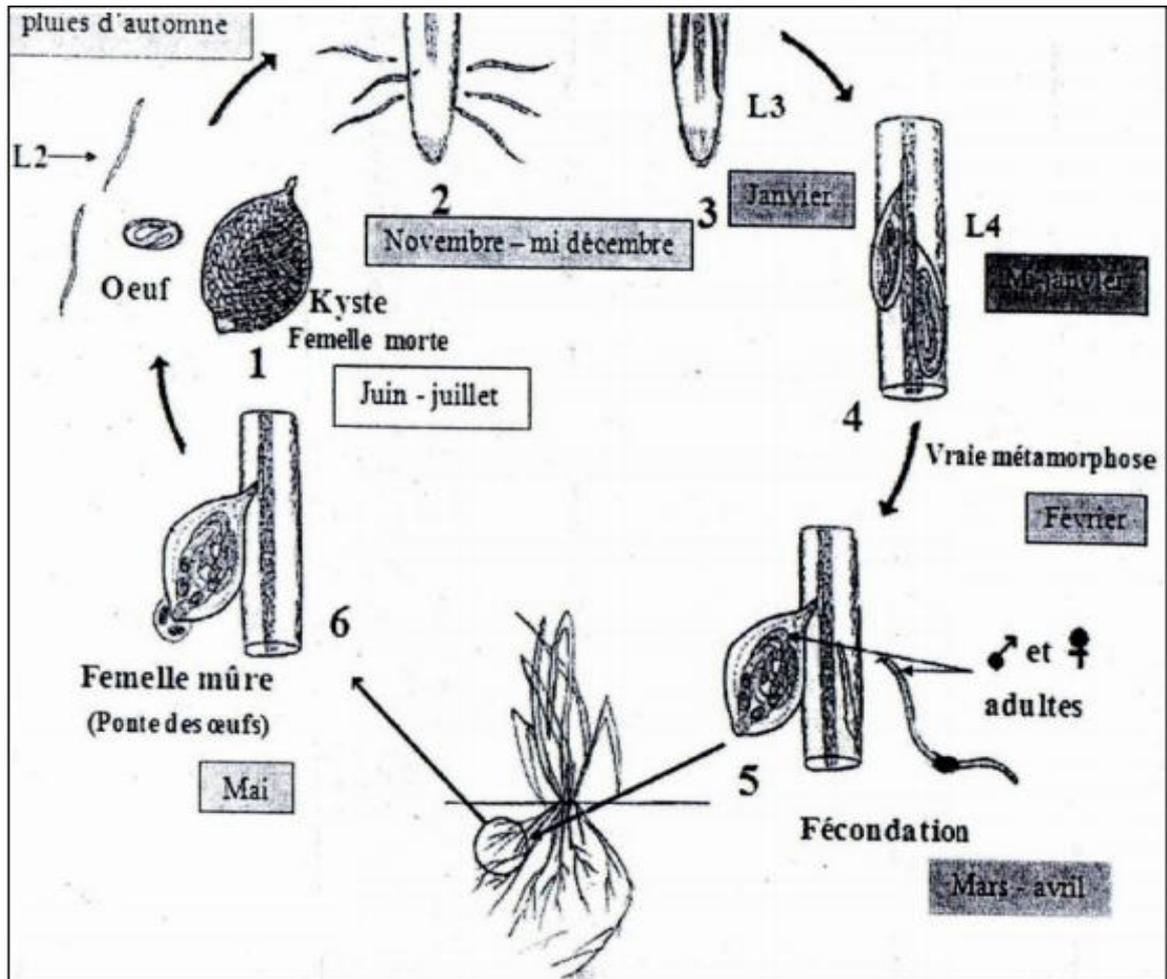


Figure 14 : Cycle de vie des nématodes à kyste des céréales illustrant l'invasion des racines par les larves infectieuses (J2) (Mitchinson, 2009)

## II.5 Facteurs influençant la densité des populations des nématodes

L'interaction entre le parasite et son hôte est un phénomène complexe, régi par de nombreux facteurs biotiques et abiotiques.

### II.5.1 Facteurs biotiques

Ce sont des facteurs liés à la plante

#### II.5.1.1 Age de la plante

D'après Ritter (1971), une plante âgée permet une contamination précoce et un développement rapide de certaines espèces de nématodes.

**II.5.1.2 La plante hôte**

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

**II.5.1.3 Les exsudats racinaires**

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

**II.5.1.4 Les pesticides**

Certains nématicides sélectifs appliqués en cultures céréalières aboutissent à la sélection d'une certaine flore qui constitue un bon hôte pour *H. avenae* (**Caubel et al. , 1980**).

**II.5.1.5 Les monocultures**

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

**II.5.1.6 La fertilisation**

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

**II.5.2 Facteurs abiotiques**

Le climat ainsi que les caractéristiques physiques et chimiques du sol peuvent influencer le développement des nématodes.

**II.5.2.1 La température**

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

**II.5.2.2 L'humidité**

Pour se déplacer dans le sol, *Heterodera avenae* a besoin d'un film d'eau (Meagher, 1970 ;Caubel *et al.*,1980). La présence d'une humidité convenable au niveau des sites d'attaque d'un nématode endoparasite favorise la pénétration des larves (Caubel *et al.* ,1980).

**II.5.2.3 Type de sol**

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

**II.5.2.4 Le pH**

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

**II.5.2.5 L'oxygène :**

L'absence d'air dans les sols inondés (Cayrol, 1975) et dans les sols lourds (Choppin De Janvry, 1971), limite le développement d'*H. avenae*.

**II.5.2.6 La matière organique**

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

**II.6 Symptômes et dégâts**

Les symptômes ne sont pas spécifiques et varient selon les espèces de céréales hôtes (Smiley et Yan, 2010).

Les symptômes peuvent apparaître dès le début du tallage.

**II.6.1 En plein champ**

Les symptômes induits par *H. avenae* se traduisent généralement par de larges plages circulaires à végétation très faible (Fig.15), constituée de plants chétifs (Rivoal et Cook, 1993 et Nicol et Rivoal, 2009). Les plants attaqués présentent un tallage réduit et deviennent rabougris et nains (Rivoal et Cook, 1993) et les épis formés sont ainsi maigres (Mor *et al.* ,1992).



**Figure 15:** Les symptômes au niveau de champ (Richard, 2016)

### **II.6.2 Sur les feuilles**

Les symptômes des plants atteints rappellent ceux d'une grave déficience en azote et en d'autres minéraux (Renčo, 2005). Les feuilles se décolorent puis deviennent jaunes sur l'orge, rouges sur l'avoine et jaunes-rougeâtres sur le blé (Griffin, 1988 ; Rivoal et Cook, 1993). (Fig 16)



**Figure 16:** Les symptômes au niveau des feuilles (Renčo, 2005)

### **II.6.3 Sur les racines**

Le système racinaire montre un aspect anormal. Chez le blé et l'orge les racines branchent excessivement aux endroits où les femelles ont établi un site d'alimentation dit syncytium, donnant un aspect buissonnant ou noué des racines (Fig 17).

Les racines envahies ne prolifèrent pas en profondeur et les plants atteints se fanent facilement (**Renčo, 2005**).



**Figure 17:** Les symptômes au niveau des racines (**Richard, 2016**)

#### **II.4 Dégâts et pertes**

Les cultures céréalières sont parasitées par de nombreux agents pathogènes et ravageurs, dont les nématodes parasites. Les pertes liées à ces derniers sont estimées à 85 milliards de dollars à travers le monde (**Ravichandra, 2008**).

**Nicol (2002)** rapporte que les pertes de rendements causées par les nématodes à kyste sont de 15 à 20% sur blé au Pakistan, de 40 à 92% sur blé et 17 à 77 % sur orge en Arabie Saoudite et de 23 à 50 % sur blé et 20% sur orge en Australie. Elles peuvent dépasser 90% dans les champs fortement infestés (**Rivoal et Cook, 1993 et Riley et al. ,2009**). *H. avenae* s'attaque aux céréales et provoque d'importantes pertes économiques dans de nombreuses régions du monde au cours de ces 40 dernières années (**Holgado et al. , 2006**).

#### **II.7 Techniques d'échantillonnages**

L'échantillonnage est effectué pendant la période estivale correspondant à la diapause du parasite. Elle débute dès la formation des kystes et leur chute dans le sol et s'étend jusqu'à l'émergence des larves en automne ou en hiver selon l'écotype.

Les prélèvements de sol sont effectués à une profondeur comprise entre 10 et 30 cm (**Hermann, 2006**) en utilisant la tarière ou la binette.

### II.7.1 Description de l'appareil de Fenwick

Il est composé d'un récipient de forme conique. En dessous, on trouve un plan incliné vers une ouverture qui sert à la vidange. La partie supérieure de ce corps dispose d'une gouttière qui oriente l'écoulement lors du débordement de l'eau. Un tamis de 250 µm reçoit cet écoulement (fig18). **Southey et al. (1959)** confirment l'efficacité de cette appareil est la qualifie de satisfaisante. Le même auteur rajoute que des pertes de kystes peuvent se produire, ce qui constitue un inconvénient majeur de cette méthode.

Les extractions des kystes sont réalisées au laboratoire de Nématologie et de Mycologie du Centre National de Contrôle et de Certification des semences et des plants (CNCC) d'El Harrach.

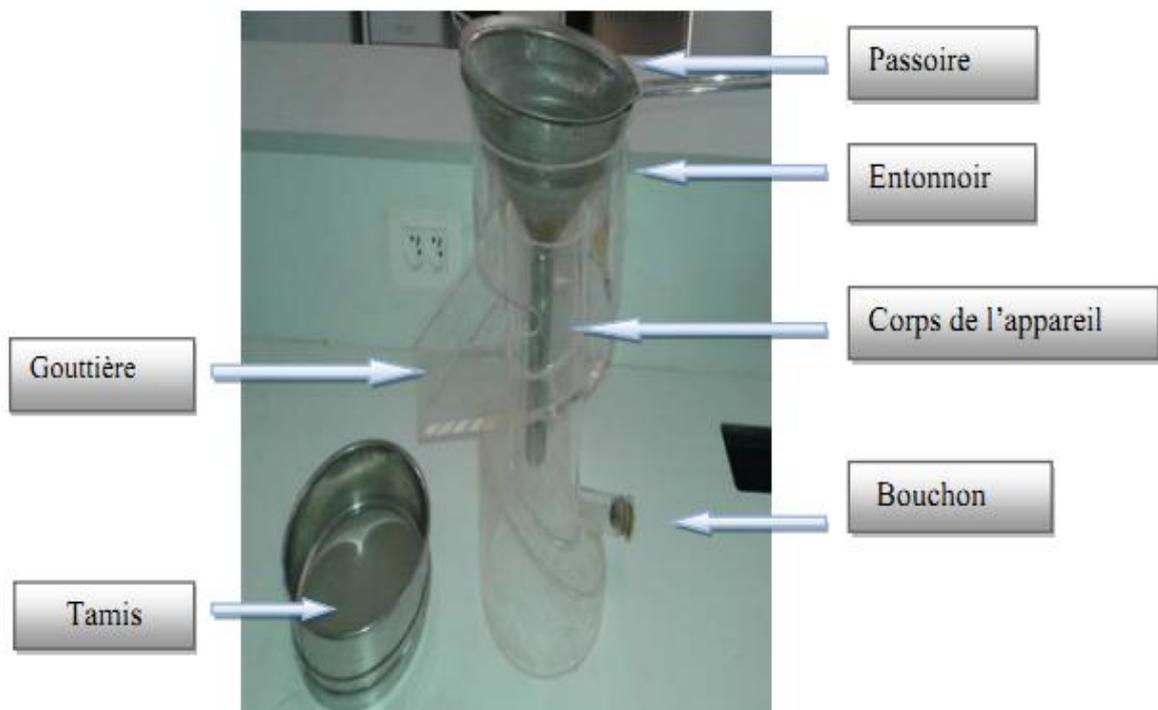


Figure18. Compartiments de l'Appareil de Fenwick (Remani, 2016)

### II.7.2 Matériel

Le matériel utilisé lors de cette présente étude est regroupé comme suit:

Le récipient de Fenwick se compose :

- Entonnoirs
- Passoire de 1mm de maille
- Erlenmeyer
- Tamis de 250 µm
- Boîtes de Pétri
- Papier filtre

**II.7.3 Principe de la technique de Fenwick**

Pour extraire les kystes d'*Heterodera* des échantillons, la méthode de Fenwick (1940) est adoptée. Le principe de technique repose sur la flottaison des Kystes (Densité des kystes par rapport à la densité de l'eau). Un kyste plein et humide possède une densité supérieure à 1,08. Par contre, un kyste sec a une densité inférieure à 1. De ce fait, les Kystes pleins et humides se précipitent (sédimentent) rapidement alors que les secs flottent en surface de l'eau. Ce qui facilite la récupération des kystes, d'où l'intérêt du séchage préalable du sol (Nakachian et Jacquemont, 1971).

L'extraction des kystes consiste à faire passer le sol séché à travers une passoire à petites mailles (1 mm) à l'intérieur du corps de l'appareil à l'aide d'un jet d'eau. Les particules fines passent alors que les grosses sont retenues. Les kystes flottant en surface de l'eau sont entraînés dans une gouttière, puis s'écoulent sur letamis de 250  $\mu$  m. Ce qui reste sur le tamis est récupéré dans des boîtes de Pétri en utilisant une pissette d'eau et des pinceaux sous loupe binoculaire (Fig19)



**Figure19:**Extraction des kystes à partir du sol.(Remani, 2016)

**II.8 Méthodes de lutte**

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

### II.8.1 Mesures préventives

La lutte contre le nématode doit commencer avant son installation dans le champ en maintenant les parcelles indemnes et propres, en prévenant la dissémination par les outils de travail et les eaux d'irrigation. Les outils de travail du sol utilisés doivent être soigneusement nettoyés avant leur usage dans d'autres parcelles non infestées.

Ces mesures ne sont pas suffisantes en elles même, mais elles constituent un complément indispensable aux moyens de lutte plus efficaces (**De Guiran, 1983**).

#### II.8.1.1 Méthodes culturales

##### II.8.1.1.1 La jachère

Elle consiste à priver le nématode de ses plantes hôtes (graminées) (**Reddy, 1986**). La jachère totale semble être un procédé très efficace (**Rivoal et Cook, 1993**).

Elle occasionne en une année, une réduction de 50 % dans certaines situations où le parasite présente une plus forte activité d'éclosion (**Rivoal et al. , 1983**).

##### II.8.1.1.2 Dates de plantation

Pour les cultures de printemps, plus la date de plantation sera précoce (jusqu'à février), plus le plant aura le temps de bien s'implanter avant le réveil des populations de nématodes. De même, pour les cultures d'automne, les cultures plantées tardivement (à partir d'octobre) seront moins attaquées que les cultures précoces (août – Septembre) (**Mazollier, 2001**).

##### II.8.1.1.3 La rotation

Selon **Chabert et al. (2012)**, la seule voie possible pour maintenir les populations de *H. avenae* en dessous d'un seuil d'apparition des dégâts est d'utiliser des rotations suffisamment longues.

Il faut toujours éviter de faire succéder les cultures très sensibles (**Prot.1984 ; Smaha, 2014**).

##### II.8.1.1.4 Les variétés résistantes

Selon **Bourdon et Rivoal (2005)** les variétés résistantes sont un atout essentiel de la lutte contre les nématodes à kystes des céréales (notamment *Heterodera avenae*).

- Pour les espèces autogames (céréales), deux niveaux de résistance sont définis. La plante a une résistance totale au nématode testé quand le nombre moyen de femelles blanches ou de kystes est strictement inférieur à 1 ; une résistance intermédiaire pour une moyenne comprise entre 1 et 3 inclus, au-delà de 3 il n'y a pas de résistance.

- Pour les espèces allogames (graminées fourragères), le système précédent est complété par un pourcentage de plantes sans nématode. « Les plantes sans nématodes sont fortement résistantes » (**Rivoal et Bourdon, 2005**)

L'usage de variétés résistantes permet de lutter efficacement contre ces pathogènes. S'il existe des variétés tolérantes *H. avenae*, comme l'Apache, variété de blé tendre ou la Babylone, variété de blé dur aucune n'est, à ce jour, en mesure de limiter la multiplication de ce nématode. (**Mokabli, et al., 2001**)

Parmi, les céréales à paille, seule Amarillo, une variété de triticales, permet de réduire les populations d'*H. Avenae*. (**Joseph et Hackin, 2013**).

#### **II.8.1.1.5 Le désherbage**

L'élimination des mauvaises herbes qui peuvent être des plantes hôtes et constituent ainsi un réservoir (**Belair, 2005**).

#### **II.8.1.1.6 La fertilisation et les amendements**

Les amendements du sol avec des composts, des fumiers bien compostés et des engrais verts, stimulent la flore microbienne des sols qui ont un effet de régression sur les populations de nématodes phytoparasites (**Belair, 2005**).

#### **II.8.2 Lutte chimique**

Dans l'éventail des moyens de lutte dont on dispose, le traitement nématicide reste l'un des moyens les plus utilisés et les plus efficaces. L'emploi de certains produits chimiques, comme le 1,2-dibromo-3-chloropropane, a contaminé le sol et les eaux souterraines et a conduit à leur bannissement du marché à l'échelle de la planète. (**Milaire, 1987 ; Belair, 2005** ).

#### **II.8.3 Lutte physique**

En général, elles sont basées sur la sensibilité des nématodes à la chaleur, au froid et à l'excès d'eau (**Reddy, 1983**). Ces méthodes sont coûteuses. Leur emploi se limite à des surfaces restreintes telles que les pépinières et les serres (**Deguiran, 1983**).

La désinfection à la vapeur : elle est injectée sous une bâche étanche recouvrant le sol pendant 1h30 à 3h (consommation : 400l de fuel / 500 m). La profondeur traitée est de dix à vingt centimètres lorsque le sol est finement préparé. (**Lizot et Mazollier., 2001**).

#### **II.8.4 Lutte biologique**

Il existe dans le sol un nombre relativement important de champignons antagonistes des nématodes. L'inconvénient de cette technique réside dans les contraintes liées à son utilisation dans la pratique (formulation, conditionnement, la multiplication et la persistance dans le sol. (**Bertrand, 2001**).

Parmi les champignons antagonistes du nématode à kyste des céréales on cite le champignon ovicide *Verticillium chlamydosporium* qui semble avoir une très large répartition géographique. (Kerry, 1982 ; Caylor, 1992).

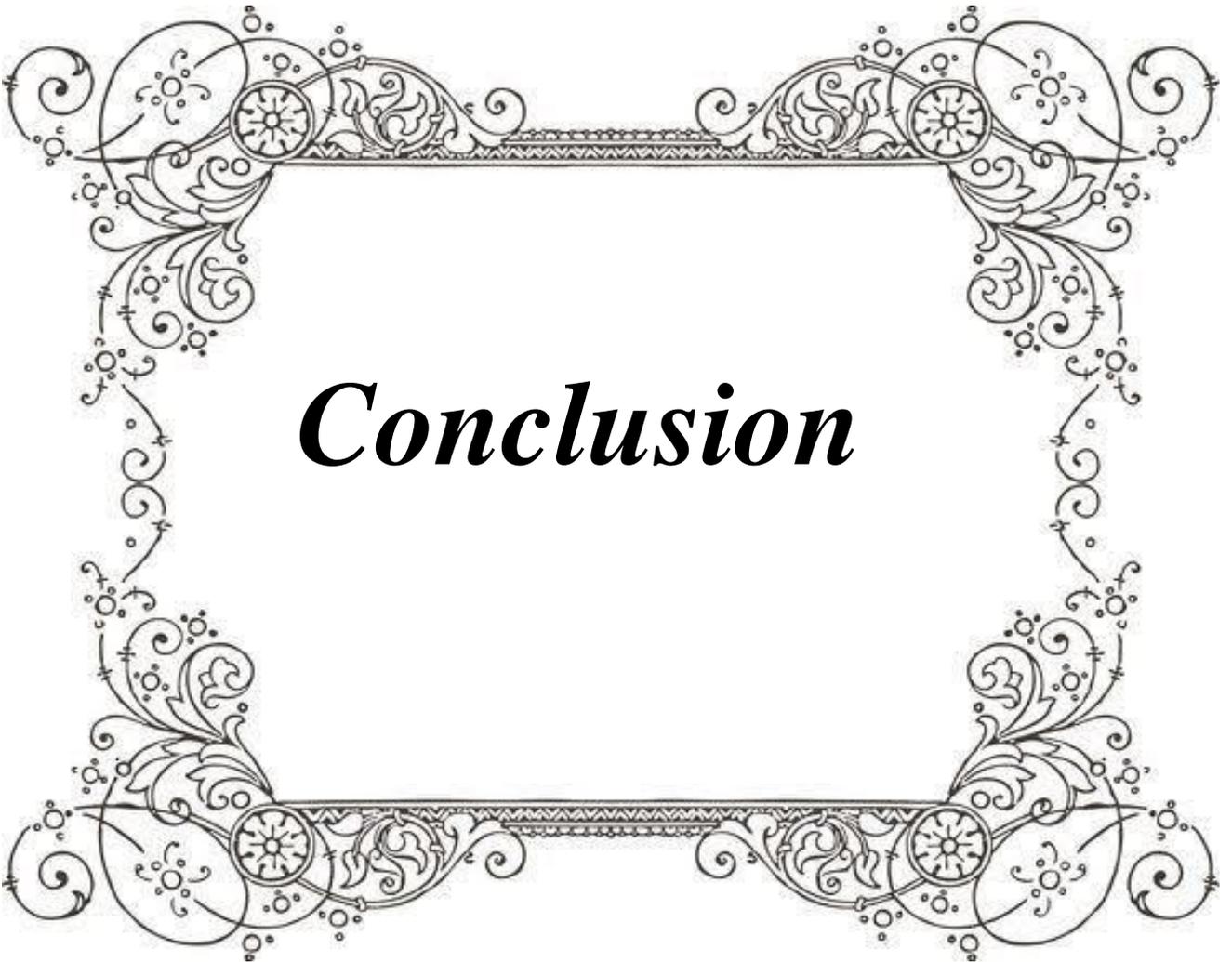
Autres champignons parasites d'*H. Avenae* sont *Nematophthora gynophila* qui infeste les femelles et inhibe la formation des kystes. Aussi *Pochonia chlamydosporia* qui parasite aussi bien les œufs immatures que les larves L1 ou L2. (Irving et Kerry, 1986).

En Algérie, ces moyens ne sont appliqués qu'à titre expérimental.

### **II.8.5 Lutte intégrée**

Elle consiste à associer divers moyens de protection tels que les variétés résistantes et hôtes médiocres, choix des périodes de semis, traitements chimiques, etc. (Rivoal, 1975).

De nombreux exemples dans le monde ont montré que les populations de nématodes à kystes des céréales peuvent être réduites efficacement par une approche intégrée incluant l'ensemble des moyens de lutte précités (Dababat *et al.*, 2011).



***Conclusion***



### Conclusion

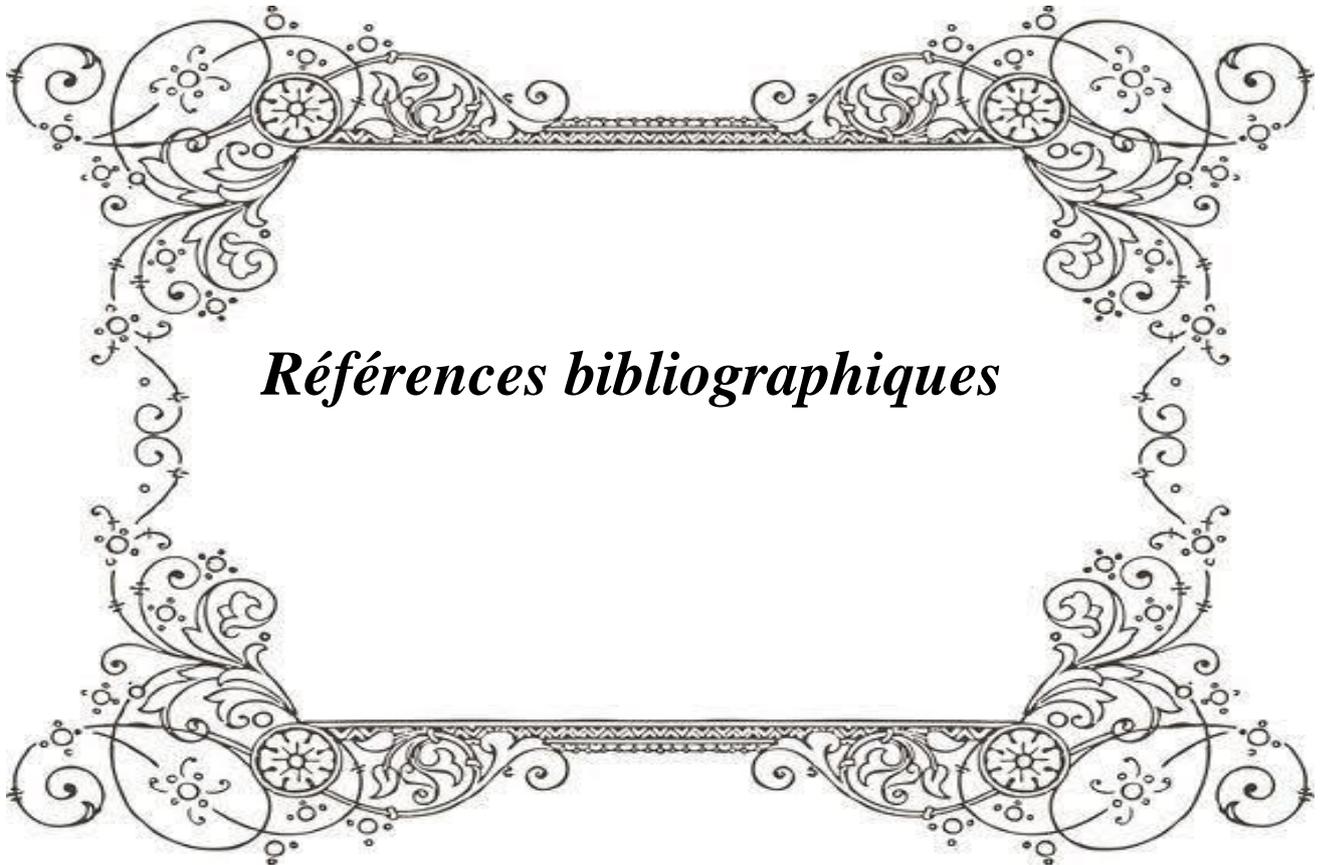
Les cultures céréalières sont les plus importantes du point de vue agronomique, socioéconomique et culturel dans le monde et en Algérie. En effet les céréales occupent la plus grande superficie agricole cultivée et représentent le premier aliment de base de la population algérienne, dont le blé dur y occupe une superficie importante, ce dernier passe par des phases phénologiques, et besoin à des exigences comme le sol, l'eau et la température.

Les nématodes parasites des plantes sont toujours présents dans les parcelles des agriculteurs, mais les dommages qu'ils occasionnent sont souvent attribués à d'autres ravageurs ou maladies ou problèmes liés à la culture. En particulier dans les pays en voie de développement, où les ressources et les facilités d'investigations sont rares, il est souvent difficile d'identifier et de quantifier le problème des nématodes.

Vu le confinement dû à la pandémie de la covid19 et l'absence de sujets similaire malgré nos multitudes recherche, donc malheureusement notre travail n'as pas été fini.

En perspectives, il serait souhaitable de compléter cette étude sur plusieurs aspects tels que:

- Etendre les prospections sur le reste des communes de la wilaya et sur plusieurs variétés pour mieux comprendre la répartition et la dynamique du ravageur.
- Etablir une carte de distribution du nématode qui montre les zones à grande infestation.
- Essai de combinaison de plusieurs méthodes de lutte afin de limiter la prolifération de ce fléau.
- Une étude biométrique des kystes et des larves de différents stades serait recommandable pour mieux caractériser l'espèce



***Références bibliographiques***



**Référence bibliographique**

1. **AFRHANI M., 2004:** Contribution à la mise en ligne d'un système d'information interactif et dynamique sur les principaux ravageurs des cultures au MAROC (cas des ravageurs associés aux agrumes). Mémoire de troisième cycle, Ecole Nationale d'Agriculture. Meknès, 115p.
2. **ALISMAIL W et al. (2007) :** Influence de la densité de semis sur la production du blé dur dans la zone semi-aride du haut chlef .thèse de mastère .univ de khmis Miliana
3. **BACHELIER G., 1978:** la faune des sols son écologie et son action *O.R.S.T.O.M.*, 400 p.,paris
4. **BANYER R. J. ET FISHER J. M., 1971:** Effet of température on hatching of eggs of heterodera avenae. *Nematologica* 17: 519-534.
5. **BELAID, D. 1986:** Aspect de la céréaliculture algérienne. Collection le cours d'agronomie office des publications universitaires. 207 p
6. **BELAIR G., 2005-** Les nématodes, ces anguillules qui font suer les plantes...par la
7. **BENDIF N., 1994:** La situation actuelle des maladies des céréales en Algérie. *I.T.G.C.,Céréaliculture*, 27: 9-12.
8. **BONJEAN et PICARD, 1990:** Les céréales à paille : origine, histoire, économie, sélection. Softword – Groupe ITM, Paris, 208p.
9. **BOULAL H., EL MOURID M., REZGUI S. et ZAGHOUAN O., 2007:** Guide pratique de la conduite des céréalesd'automne (Blé et Orge) dans le Maghreb (AlgérieMaroc et Tunisie). ITGC. INRAA. ICARDA, 176p.
10. **CAUBEL G., PERSON D.F., ET RIVOAL R, 1980:** Les nématodes dans les rotations céréalières. *Persp.agric.*, PARIS N° 36, PP 32 – 48.
11. **CAYROL G, 1993:**Le bio pesticide à l'assaut des nématodes du sol. *La recherche*, 24 :78-80.
12. **CHABERT A. (2012)** Effets des systèmes de production sur les populations de nématodes nuisibles aux grandes cultures : recherche de méthodes pratiques de diagnostic et de gestion des risques

13. **CHOPPIN DE JANVRY E., 1971:** Les Nématodes des céréales in " Les nématodes des cultures " ACTA-FNGPC, Paris, 31: 273-326.
14. **CLEMENT M., GRANCOURT, J., ET PRATS ,1971:** Les céréales. Ed, J-B Baillière, Paris, p :14-42
15. **COYNE, D.L., NICOL, J.M. ET CLAUDIUS-COLE, B., 2010:** Les nématodes des plantes: Un guide pratique des techniques de terrain et de laboratoire. Secrétariat SP-IPM, Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA), Cotonou, Benin, 131p.
16. **DABABAT A., PARITAR S., NICOLA J. AND DUVEILLER E., 2011 -** Cereal Cyst Nematodes: an unnoticed threat to global cereal production . Technical Innovation Brief. 4: 1-2.
17. **DESPINASSE Y ; (2015):** Diversité chimique et caractérisation de l'impact du stress hydrique chez les lavondes , thèse de doctorat .université jean Monnet saint\_etienne
18. **DE GUIRAN G.,1983:** Les ennemis invisibles. Les nématodes. Ed. La littorale S. A.,
19. **DJERMOUN A, 2009:** La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. *Revue Nature et Technologie*, n°1 : 45-53.
20. **DOUAER A (2018):** Contribution à l'étude de l'effet de stress hydrique sur quelques variétés de blé dur (*triticum durum* desf) thèse de mastère, univ de Khmis\_Miliana.
21. **FERTAS Khadra** **2007**  
Essais d'optimisation du fractionnement et de la période d'apport de l'azote pour la culture du blé dur ( variété waha ) en zone semi – aride irriguée
22. **FISHER J. M., 1982:** Problems with the use of resistance in wheat to the Australian pathotype of *Heterodera avenae*. EPPO Bull., 12, 417-421.
23. **FISHER, J.M. ET HANCOCK, T.W, 1991:** Population dynamics of *Heterodera avenae* Woll. In South Australia. Austr. J. Agric. Res., 42: 53-68.
24. **FISCHER R.A, BEYELEE D. ET EDMEADS G.O., 2009:** Can technology deliver on the yield challenge to 2015, paper prepared for expert meeting on " How to Feed the World in 2050". FAO, Roma, June 2009: 24 -26.
25. **GATE, P.H., 1995:** Écophysiologie du blé, Ed, Lavoisier Tech et Doc, Londre, Paris ,417p.

26. **GESLIN (H.) et JONARD (P.), 1948.** - Maturation du blé et climat. Ann. Nutrit. et Alimentation, 2, 3-6, 111-121
27. **GRECO N., VOVLAS N., TROCCOLI A. ET INSERRA R.N., 2002:**The Mediterranean cereal cyst nematode *Heterodera latipons*: a menace to cool season cereals of the United States. Nematology Circular221. Florida Department of Agriculture and Conservation Services, Division of Plant Industry.
28. **GRIFFIN G.D., 1988:**Factors affecting the biology and pathogenicity of *Heterodera schachtii* on sugar beet. Journal of Nematology,20: 396 - 404.
29. **HADDADI F, 2013:** Caractérisation des réactions de virulence pour *Heterodera avenae* populations de deux localités en Algérie. Phytoparasitica, N°41 pp. 449-456
30. **HERMANN O., 2006** - Nema-check : une nouvelle méthode d'analyse des nématodes. *Le betteravier*, 424.P 21
31. **HOLGADO R., ANDERSSON S. and MAGNUSSON C., 2006** - Management of cereal cyst nematodes *Heterodera* spp. in Norway. *Comm. Appl. Biol. Sci.* 71 (3a):7
32. **IRVING F., ET KERRY B.R., 1986** - Variation between strains of the nematophagous fungus,*Verticillium chlamyosporium* Goddard. II. Factors affecting parasitism of cyst nematode eggs. *Nematol.*, 32: 474-485
33. **JONES F.G.M., 1982:** the soil plant environment in plant nématodes. Ed. southey. London, 64-82.
34. **JOSEPH R. ET HACKIN M.,2013.***Heterodera avenae*, un nématode inféodé aux céréales à paille. ARVALIS . Institut du végétal N°3, pp.12-19.
35. **KELLIL H., 2010:** Contribution à l'étude du complexe entomologique des céréales dans la région des hautes plaines de l'Est algérien. Mémoire de magistère, université el hadj lakhdar-Batna, Algérie, 200p
36. **KERRY B.R., CRUMP D.H. and MULLEN L.A., 1982b-** Studie of the cereal cyst nematode *Heterodera sp* under continuous cereals 1975-1978. II. Fungal parasitism of nematode females and eggs. *Annals of Applied Biology.* 100 : 489-499.
37. **KERRY B.R., CRUMP D.H. and MULLEN L.A., 1982a** – Natural control of the cereal
38. cyst nematode *Heterodera sp* Woll. By soil Fungi at three sites. *Crop Protection* 1 : 99-109.
39. **LUC M. et MERNY G., 1963:** HETERODERA SACCHARZ N. SP. (NEMATODA: TYLENCHOIDEA) parasite de la canne a sucre au Congo-Brazzaville. *Nematologica* 9: 31-37.

40. **MEAGHER J. W., 1970:** Senonal fluctuations in number of larvae of the cereal cyst (*Heterodera avenae*) and *Pratylenchus minyus* and *Tylenchorhynchus brevidens* in soil. *Rev nématologica*, V.16, Leiden, 333 - 347.
41. **MILAIRE H.- G. , 1987-** les méthodes alternatives en protection des cultures cas des ravageurs phytophages. Directeur de recherche honoraire à l'INRA Cercles des Naturalistes de Belgique. P 4-15.
42. **MOKABLI A., VALETTE S. et RIVOAL R., 2001:** Différentiation de quelques espèces de nématodes à kystes des céréales et des graminées par électrophorèse sur gel d'acétate de cellulose. *Nematol. Medit.* 29:103-108.
43. **MOKABLI A., 2002:** Biologie des nématodes à kystes (*Heterodera*) des céréales en Algérie. Virulence de quelques populations à l'égard de diverses variétés et lignées de céréales. Thèse Doctorat Inst. Nati. Agro., El-Harrach, 66 p.
44. **MOR M., COHN E. and SPIEGEL Y., 1992:** Phenology pathogenicity and Pathotypes of cereal Cyst nematodes *Heterodera avenae* and *H. latipons* (Nematoda: Heteroderidae) in Israël. *Nematologica*. 38: 494–501.
45. **MOULE, C. (1971):** Céréales, Phytotechnique Spéciale. La Maison Rustique
46. **MULVEY, R. H: (1972).** Identification of *Heterodera* cysts by terminal and cone top structures. *Canadian Journal of Zoology*, 50(10), 1277-1292.
47. **NICOL J.M. and RIVOAL R., 2008 -** Global knowledge and its application for the integrated control and management of nematodes on wheat. In: Integrated management and biocontrol of vegetable and grain crop nematodes. Eds. Ciancio A., Mukerji K.G., Springer Academic Publishing: Dordrecht, Netherlands: 251- 294.
48. **NOBBS J.M., 1989:** Identification of *Heterodera* and *Globodera*. Fourth inter Training course on the identification of plant parasitic nematodes of economic importance, CAB International Institute of Parasitology. 13p.
49. **PASTRE J., 1993:** The control of insect pests in oil seed rape: deltamethrin file, 250p.
50. **PERSON-DEDRYVER F., 1989:** Les nématodes. In : Les ennemis et maladies des prairies. Ed. INRA: 173-177.
51. **PRESCOTT, J.M., P.A. BURNETT, E.E. SAARI, J.RANSOM, J. BOWMAN, W. DE MILLIANO, R.P. SINGH, G. BEKELE. 1987:** Maladies et ravageurs du blé: guide d'identification au champ. CIMMYT. Mexico, D.F., Mexico

- 52. RAVICHANDRA N.G., 2008** - *Plant Nematology*. I. K. International Publishing House. New Delhi: 693p.
- 53. REDDY P.P, 1983**: Plant nematology. Agric. Publish. Acad, India, 287p.
- 55. RENCO M., 2005** - Current occurrence and distribution of *Heterodera avenae* in the Slovak Republic. *Plant Protect. Sci.* 41:80-85.
- 56. RICHARD W., 2016**- Biology and management in Pacific Northwest wheat, barley, and oat crops. *Cereal Cyst Nematodes*. 620 :2-16
- 57. RILEY I.T., NICOL J.M. and DABABAT A.A., 2009**: Cereal cyst nematodes:Status research and outlook. Ed. CIMMYT, Ankara, Turkey, 242 p.
- 58. RITTER M., 1971**: Les nematodes et l'agriculture.In : les nematodes des cultures.Ed.A.C.T.A, Paris, pp.9-65.
- 59. RITTER, 1972**: Place et importance des nematodes dans l'agriculture, Phytoma.
- 60. RIVOAL R. ,1973**: Etude de la nuisibilité du nématode à kystes des racines de céréales (*Heterodera avenae* Woll.) en France et des causes de sa variabilité. C.R. Acad. Agric. 12, 959-970
- 61. RIVOAL R., 1978**: Biologie d' *Heterodera avenae* Wollenweber en France. 1. Différences dans les cycles d'éclosion et de développement des deux races Fr 1 et Fr 4. Rev. Nématol.,1 : 171-179.
- 62. RIVOAL R., PERSON D F., et DOUSSINAULT G., 1985**: Polymorphisme chez le nématode à kyste des céréales *Heterodera Avenae* : Conséquences sur sa nuisibilité et sur la sélection de variétés résistantes en FRANCE. Acad agric., CR, PARIS, T 71 N°7, PP. 741 - 749.
- 63. RIVOAL R. ET SARR E., 1987**: Field experiments on *Heterodera avenae* in France and implications for winter wheat performance. *Nematologica*. 33, 460-479
- 64. RIVOAL, R., RIVIERE, J. M., PENARD, P., ET SIMON, A. (1989)**: conséquences sur le développement racinaire
- 65. RIVOAL R. AND COOK R., 1993**: Nematode pests of cereals. In: Plant parasitic nematodes in temperate agriculture.Ed.Evans. K.,Trudgill D.L. and Webster J.M., CAB Int., Wallingford,UK: 259-303.

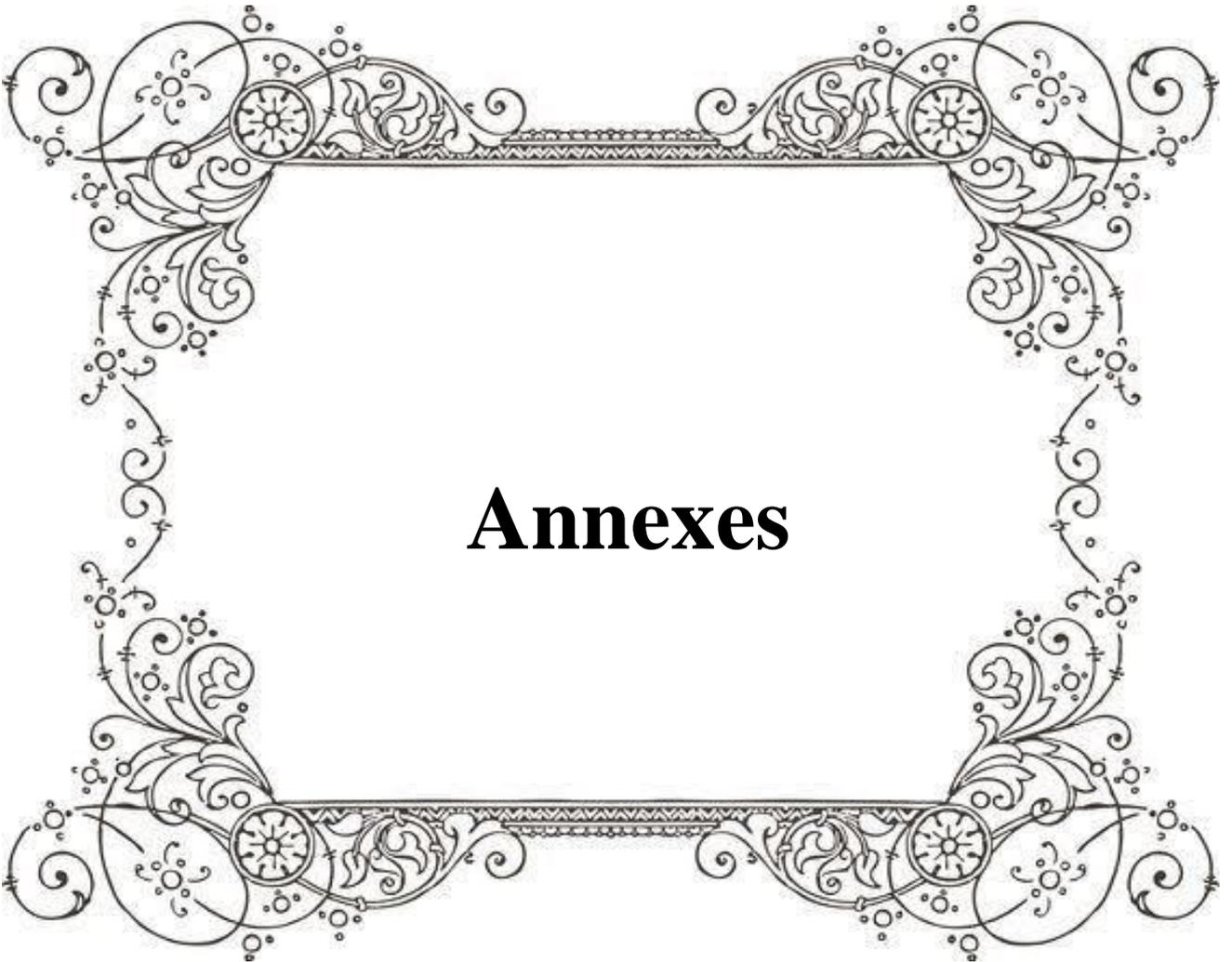
- 66. RIVOAL R. ET BOURDON P., 2005:** Sélection du ray-grass d'Italie pour la résistance au nématode à kyste des céréales (*Heterodera avenae*). Fourrages 184 : 557- 566.
- 67. RIVOAL R. and NICOL J. M., 2009:** Past research on the cereal cyst nematode complex and future needs in cereal cyst nematodes: Status research and outlook. Eds. Riley I.T., Nicol J.M. and Dababat A. A.: 3-9.
- 68. RIVOAL, R., ET NICOL, J. M. (2009):** Past research on the cereal cyst nematode complex and future needs. In Cereal cyst nematodes: status, research and outlook. Proceedings of the First Workshop of the International Cereal Cyst Nematode Initiative, Antalya, Turkey, 21-23 October 2009 (pp. 3-10). International Maize and Wheat Improvement Centre (CIMMYT)
- 69. SACRISTAN ,J.C., SACRISTAN A. , et BELLO , A., 1983-** Intéres de los recursos Filogenrtcos y de las varieda des resistente en el control de *Heterodera avenae* WOLL nématode spécifique impacto en el sector agrario .ITEA .V .exta .N°2 ,Espagne , p :333-347
- 70. SANCHEZ A. and ZANCADA C., 1987:** Characterization of *Heterodera avenae* pathotypes from Spain. Nematologica, 33: 55–60.
- 71. SCHNEIDER J., 1965:** Le nématode des racines des céréales. Phytoma,défense des Cultures, pp. 17-21
- 72. SCOTTO LA MASSE C.ET LAMBERTI F., 1975:** Aperçu sur les problèmes posées par les nématodes phytoparasite en Algérie .journal .D'étude et D'inform.Versailles .pp83-109.
- 73. SHEPHERD, A. M., CLARK, S. A., ET KEMPTON, A. (1973):** Spermatogenesis and sperm ultra structure in some cyst nematodes, *Heterodera* spp. Nematologica, 19(4), 551-560.
- 74. SIMON, H., CODACCIONI, P., ET LECOEUR, X., 1989 -** Produire des céréales à paille, Ed. Technique et Documentation, Paris.
- 75. SMAHA D., 1998 –** *Etude de la biologie du nématode à kyste des céréales Heterodera avenae Wollenweber, 1924. Essai de comportement de six variétés de blé dur vis-à-vis de deux populations de ce parasite.* Thèse Magister. Inst. nati. agro., El Harrach
- 76. SMILEY R.W. AND YAN G.P., 2010:** Oregon State University. Cereal cyst nematodes: Biology and management in Pacific Northwest wheat barley and oat

- crops. A Pacific Northwest Extension Publications, project PNW 520. Oregon State University, 9 p
- 77. SOLTNER D., 1990:** Les grandes productions végétales ; Céréales, plantes sarclées, prairies. Sciences et Technique Agricoles éd., 244p.
- 78. SOUTHEY, J. F .CHURCH, B. M., GOUGH, H. C., 1959 -** Soil sampling procedures for potato root eelworm cysts. *Plant pathology*, 8(4), 146-151.
- 79. STIRLING G.R., 1991:** Biological Control of Nematodes: ProgressProblems and Prospects. Ed.CAB International, Wallingford Oxon, 282 p.
- 80. STURHAN, D., 1982:** Distribution of cereal and grass cyst nematodes in the Federal Republic of Germany. *EPPO Bull.*, 12: 321-324
- 81. SUBBOTIN S. A., STURHAN D., RUMPENHORST H. AND MOENS M., 2003:** Molecular and morphological characterisation of the *Heterodera avenae* species complex (Tylenchida: Heteroderidae). *Nematology*, 5:515-538.
- 82. SUBBOTIN, S. A., MUNDO-OCAMPO, M., & BALDWIN, J. G. (2010):** Systematics of cyst nematodes (Nematodes: Heteroderinae), Volume 8, Part B. Brill Academic Publishers.
- 83. TAYLOR.A., 1969:** Introduction à l'étude des nématodes phytoparasites. technical. Information. Bullentin. 14 edit. C.I.P. lima. Technique agricoles), 20 éme édition, Angers, 472 p. Universitaire. Ben Aknoun. (Alger) p80
- 84. VERTUCCI C.W., 1989:** The kinetic of seeds imbibition controlling factors and relevance to seedling vigor. In: *Seed Moisture CSSA*, special publication.14: 93 - .115.
- 85. VOVLAS N., 1985:** Morphologie and histology of the cereal cyst-nematode, *Heterodera avenae* Woll, attacking wheat, oat and barley in Italy. *Rev. Nematol. Medit.*, V. 13,p. 87-96.
- 86. WHITEHEAD A.G., 1998:** *Plant Nematode Control*. New York NY USA: CAB International Publishing, Wallingford, p 384
- 87. WILLIAMS, T. D., AND SIDDIQUI, R. R. 1972:** *Heterodera avenae*. In: descriptions of plantparasitic nematodes. Commonwealth Institute of Helminthology set. N°2, clows et Sons Ltd, London, 4p

- 88. WILLIAMS, T. D., AND SIDDIQUI R., 1972:** *Heterodera avenae*. C.I. H. Descriptions of Plantparasitic Nematodes. Set 1, No. 2. Commonwealth Institute of Helminthology, 103 St. Peter's Street, St. Albans, Herts., England
- 89. WOUTS W.M., 1972:** A version of the family Heteroderidae (nematode, Tylenchoidae) *Ditylenchus dipsaci*, *Heterodera avenae* et *Pratylenchus* sp. Annales d'Amélioration The family Heteroderidae and its subfamilies. Rev. Nematologica, V. 18, Leiden, pp. 439-446.
- 90. ZABAT R, 1980:** Evolution de la production céréalière en Algérie. Thèse Ing. Sei., 323p.

### Site web

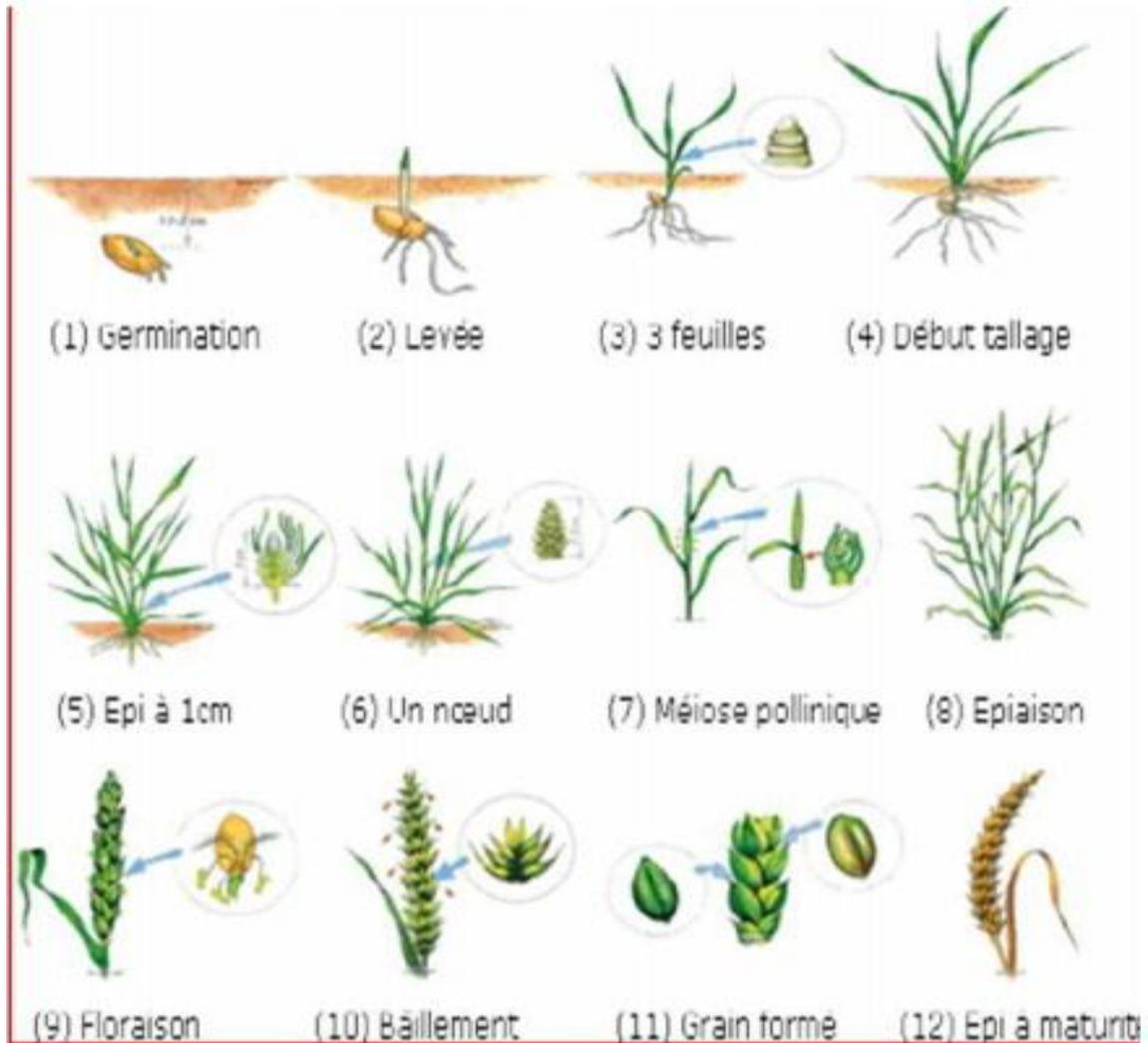
1. **Web01:**<http://informationsdocuments.com/environnement/coppermine15x/displayimage.php?pid=26950>
2. **Web 02 :** <http://botarela.fr/Poaceae/Description-detail/Graine.html> (Janvier 26)



**Annexes**

## Annexes

### Annexe 01 :



Les phases de cycle végétal du blé (SOLTNER, 2005).

**Annexe 02 :**

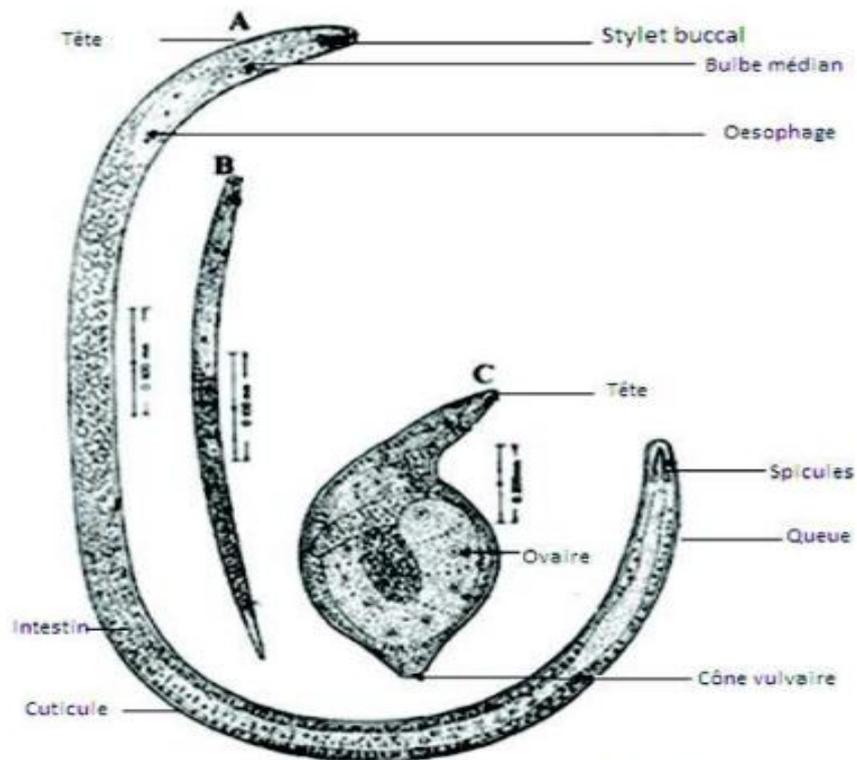


Figure N°4 : Morphologie d'*Heterodera avenae* (Taylor, 1968)

A : Mâle.

B : Larve du second stade « L2 »

C : Femelle.

**Morphologie d'*Heterodera avenae* ( Taylor 1986)**

**Annexe 03 :**



Les kystes d'*Heterodera avenae* ( Wouts et al. ,1995 )

**Annexe 04 :**



**Les œufs d'*Heterodera avenae* ( Wouts et al. ,1995 )**

**Annexe 05 :**

**Liste de quarantaine A1 Organismes nuisibles de quarantaine inexistante en Algérie, dont l'introduction est interdite.**

**Nématodes:**

|                                   |
|-----------------------------------|
| <i>Aphelenchoides besseyi</i>     |
| <i>Bursaphelenchus xylophilus</i> |
| <i>Ditylenchus dipsaci</i>        |
| <i>Heterodera glsines</i>         |
| <i>Meloydogyne chitwoodii</i>     |
| <i>Meloydogyne enterolobii</i>    |
| <i>Meloydogyne falax</i>          |
| <i>Radopholus citripholus</i>     |
| <i>Radopholus similis</i>         |
| <i>Xiphinema bricolense</i>       |
| <i>Xiphinema californicum</i>     |
| <i>Xiphinema rivesi</i>           |
| <i>Nacobbus aberrans</i>          |

**Annexe 06 :**

**Liste A2 Organismes nuisibles de quarantaine signalés en Algérie dont l'introduction est interdite:**

**Nématodes:**

|                                |
|--------------------------------|
| <i>Ditylenchus dipsaci</i>     |
| <i>Globodera pallida</i>       |
| <i>Globodera rostochiensis</i> |