



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 Mohammed El Bachir El Ibrahimy 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 Agronomique



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière: Agronomie

Spécialité: Protection des Végétaux

Intitulé:

Contribution à l'étude des nématodes à kyste du genre *Heterodera* (*Heteroderidae*) inféodés à la céréaliculture

Présenté par :

Akroum Rima & Bouchakour Imane

Soutenu le 12 / 06/ 2024 Devant le Jury:

<u>Nom & Prénom</u>	<u>Grade</u>	<u>Affiliation / institution</u>
Président: M ^{me} BAAZIZ Naima	MCB	Université de B.B.A.
Encadrant: M ^{me} LOUCIF Lynda	MCA	Université de B.B.A.
Examineur: M ^r MOUTASSEM Dahou	MCB	Université de B.B.A.

Année Universitaire 2023/2024

Dédicaces

Louange à Dieu seul,

Ce modeste travail est dédié spécialement

À ma chère maman, ma raison de vivre, en témoignage de ma reconnaissance pour sa patience, son amour et ses sacrifices.

À mon cher papa pour son amour et son dévouement.

<<< À vous, mes parents, je dis merci d'avoir fait de moi celui que je suis aujourd'hui. Aucune dédicace ne pourra exprimer mes respects, mes considérations et ma grande admiration pour vous. Puisse ce travail vous témoigne mon affection et mon profond amour>

À ma chère sœur racha , et à mes chers frères Abed Rahim et Adem, qui je le sais, ma réussite est très importante à leurs yeux, Que Dieu vous garde pour moi.

<< À vous, ma princesse et mes princes je souhaite une vie pleine de bonheur, de joie et de réussite >>>

A ma cousine Imene, merci pour ton aide et tes encouragements, je te souhaite tout le bonheur et la réussite

À ma meilleure amie amira , et meriem mes enseignants et pour ceux qui m'ont donné de l'aide un jour, que Dieu vous paye pour tous vos bienfaits.

À ma personne préférée, merci d'être toujours à mes côtés

À ma binôme imen Je vous offre mes sincères prières et mes beaux vœux pour que votre chemin soit plein de succès et de réussite dans votre vie. Je vous souhaite un avenir radieux, mon ami

Pour finir, à tous ceux que j'aime et qui m'aiment, je dédie ce mémoire

RIMA AKROUM

إهداء

الحمد لله حبا و شكرا و امتنانا على البدء و الختام

و اخر دعواهم ان الحمد لله ربي العالمين من قال انا لها نالها و ان ابت رغما عنها اتيت بها لم تكن الرحلة قصيرة و لا الطريق محفوفا بالتسهيلات لكنني قد فعلتها و تحقق ما كان بالأمس حلما فالحمد لله الذي يسر البدايات و بلغنا النهايات بفضله

اهدي تخرجي لنفسي المثابرة اولا ابتدت الرحلة بطموح و انتهت بنجاح و ها انا اليوم ارفع قبعة الفخر بكل حب اهدي ثمرة تعبي الى من احمل اسمه بكل فخر الى مصدر قوتي من حصد الاشواك عن طريقي ليمهد لي طريق العلم ابي الغالي

الى من كان دعاءها مرافقي الى ملاكي في الحياة و مصدر الحنان الى من علمتني ان الدنيا سلاح و سلاحها العلم و المعرفة الى من جعل الجنة تحت قدميها الى من سعت الى هذا النجاح معي امي الحبيبة

الى عزي و اعتزازي و رفيق الدرب و صديق الايام الى الضلع الثابت الى عوني بعد الله الى من كان الاول دوما في مساندي و تشجيعي الى سندي و مسندي ادعو الله ان تمتد بيننا الايام السعيدة ان يقيقك لي عمرا و سندا و قربا لا يعرف البعد الى الزوج و الشريك

الى من فارقت الحياة قبل ان تعيش معي فرحة حياتي الى الجدة الحنونة الى القلب الطيب الى من اشتاقت روحي لروحها الى من لازالت صورتها في ذاكرتي الى بهجة الحياة الى نواره قلبي رحمك الله برحمته الواسعة و اسكنك فسيح جنانه جدتي غاليتي

الى رفيقة الروح و وحيدة القلب الى الجميلة قلبا و قالبا الى من ساندتني دوما ادعو الله ان يوصلك الى اعلى درجات العلم و ان ينير دربك و ان يجعلني الله فخرة بك اختي و صديقتي

الى الخالة الحنونة الى الام الثانية الى من فرحت لفرحي و حزنت لحزني الى صديقتي في الحياة الى بيت اسراري ادامك الله بخير و فتح امامك ابواب الفرحة

الى عائلتي جميعا و صديق الدرب و كل من تفاخري بي و راهن على نجاحي الى ام زوجي المساندة ادامكم الله و حفضكم

الى كل من شارك و تعب و ساهم بقليل او بكثير في مشواري الدراسي الى جميع الاساتذة الى شريكة التخرج و صديقة جمعتنا بها مقاعد الجامعة الى من سأرفع معها قبعة التخرج انار الله دربك و جعلك صديقة العمر ريمة.

IMANE BOUCHAKOUR



Remerciements

Avant tout, nous remercions dieu le tout puissant de nous avoir accordé la santé, le courage et les

moyens pour suivre nos études et la volonté pour la réalisation de ce travail

Au terme de ce travail, Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude ainsi que nos

vifs remerciements les plus sincères à notre encadrant Loucif Lynda pour avoir dirigé ce

travail, et pour la confiance et l'intérêt qu'elle nous a témoigné tout au long de ce travail, ses

conseils, ses orientations ainsi que son soutien moral et scientifique nous ont permis de mener

et terminer ce travail

Nous allons remercier les membres du jury, qui ont accepté d'être associés à ce travail,

et examiner le fruit de ces mois de recherches

J'adresse mes sincères remerciements à tous ceux qui nous ont aidés à communiquer avec les agriculteurs

Nous allons aussi remercier tous les agriculteurs qui ont accepté de collaborer et de nous accueillir dans leurs propriétés.

Et pour n'oublier personne, nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de près

ou de loin à l'aboutissement de ce travail



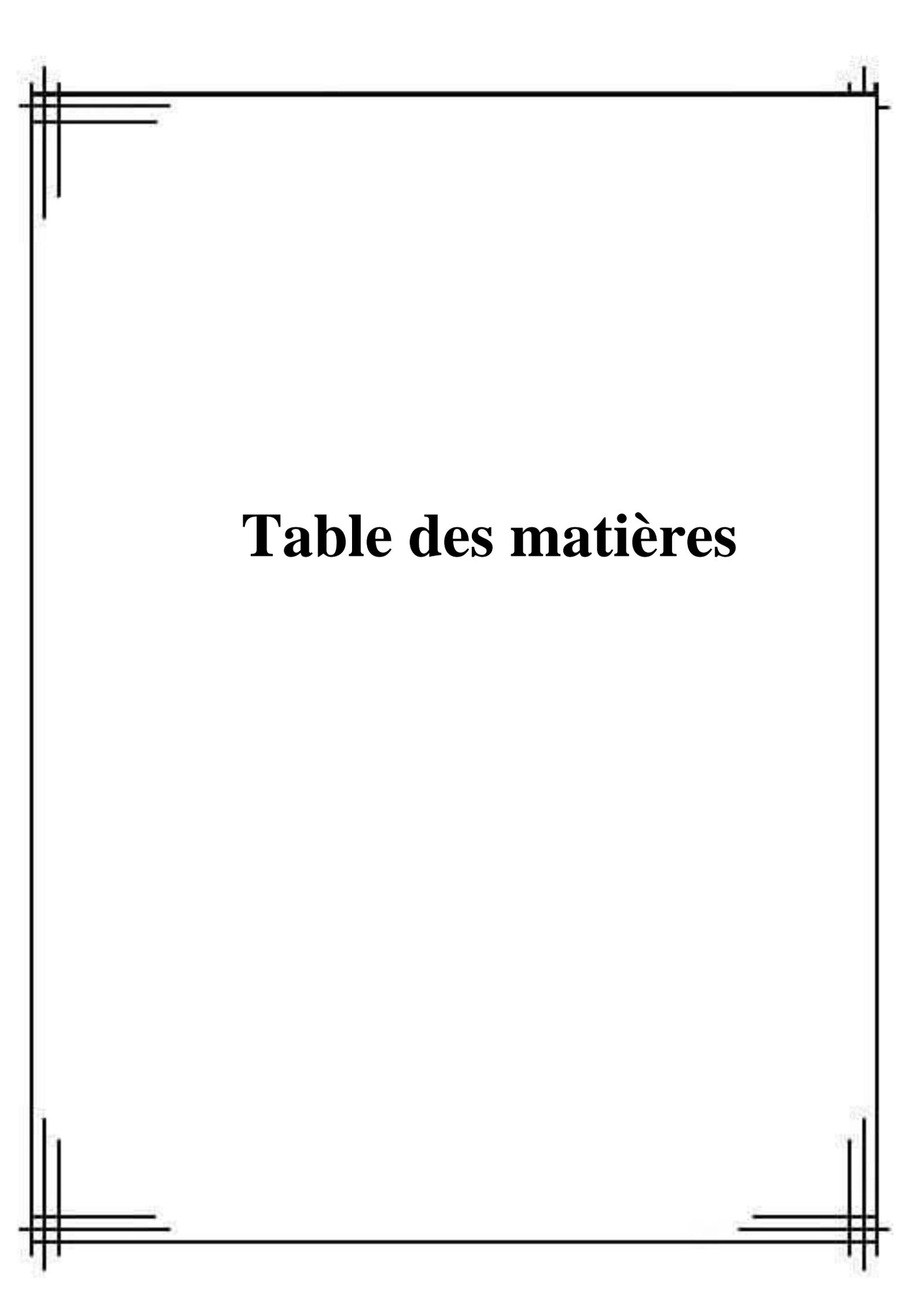
A decorative border consisting of a thin black line around the page, with corner ornaments in each of the four corners. Each ornament is made of three parallel lines forming a small cross-like shape.

Table des matières

Introduction générale.....	01
Partie I : Données bibliographiques	03
Chapitre 1 : Les céréales.....	03
1-Classification botanique	03
2- Description générale des céréales.....	03
3-Cycle de développement.....	04
3.1 La période végétative.....	04
3.2 La période reproductive.....	04
3.3 La période de maturation.....	05
4.Exigences écologiques du céréales.....	06
4.1 Eau.....	06
4.2 Sol.....	06
4.3 Température.....	07
4.4 Photopériode.....	07
5. Origine et histoire.....	07
6. Répartition géographique et importance du céréales.....	08
6.1 Dans le monde.....	08
6.2 Dans l'Algérie.....	10
Chapitre 2 : Les nématodes à kystes des céréales	12
2.1. Position systématique.....	13
3.Cycle biologique.....	13
4. Polymorphisme.....	15
4.1 Ecotype.....	15
4.1.1 L'écotypeméridional.....	15
4.1.2 L'écotypeseptentrional.....	16
4.2PATHOTYPES.....	16
5 . Répartition d'Heterodera sp.....	17
5.1. Dans le monde.....	17
5.2. En Algérie.....	17
6. Symptomatologie.....	18
6.1. Symptômes en plein champ.....	18

6.2 Symptômes sur la plante.....	19
6. 2.1. Symptômes sur la partie aérienne.....	19
6.2.2 Symptômes sur la partie radicaire.....	19
7. Méthodes de lutte.....	20
71 . Méthodes préventives.....	20
7.2. Méthodes curatives.....	21
7.2.1 Méthodes culturales.....	21
7.2.1.1. . Le désherbage.....	21
7.2.1.2 La date de semis.....	21
7.2.1.3 La jachère.....	21
7.2.1.4 . La fertilisation et les amendements.....	22
7.2.1.5 les rotations	22
7.2.1.6 Les variétés résistantes.....	23
7.2.2.Méthodes chimiques.....	23
7.2.3 Méthodes biologiques.....	24
7.2.3.1 Champignons antagonistes des nématodes à kystes des céréales.....	24
7.2.3.2 Champignons prédateurs.....	24
7.2.3.3 . Champignons parasites.....	24
7.2.3.3.1 Endoparasites obligatoires.....	25
7 .2.3.3.2 Endoparasites facultatifs.....	26
7 .2.4 Lutte intégrée.....	26
Partie II: méthodes d'étude	
1. Présentation de la région d'étude: Wilaya de Bordj Bou Arreridj.....	28
1.1 situation géographique.....	28
1.2 climat.....	29
1.3 situation de la céréaliculture dans la wilaya de Bourdj Bou Arreridj	31
2. Méthode de travail.....	32
2.1 Choix de la région d'étude	32
2.2 Élaboration d'un questionnaire d'enquête.....	34
2.3 Traitement statistique.....	34

Chapitre2 : La Fiche d'enquête utilisée dans la collecte des données..... 35

Partie III: résultats et Discussion

1. Résultats.....	38
1.1 Niveau de formation des agriculteurs.....	38
1.2 Répartition de la surface de l'exploitation.....	38
1.3 Le type de labour pratiqué par les agriculteurs.....	39
1.4 Espèces utilisées par les agriculteurs.....	40
1.5 le choix variétal.....	41
1.6 L'application de fertilisation.....	41
1.7 Le mode d'irrigation.....	42
1.8 La pratique de désherbage.....	43
1.9 La connaissance des nématodes par les agriculteurs.....	44
1.10 L'origine de semences	45
1.11 présence des maladies et ravageurs.....	45
2. Discussion.....	46
2.1 Niveau de formation des agriculteurs.....	46
2.2 La monoculture, la rotation et la jachère.....	46
2.3 Le labour.....	47
2.4 La fertilisation.....	47
2.5 La pratique d'irrigation.....	48
2.6 Origine des semences et choix variétal.....	49
2.7 Le désherbage.....	50
2.8 La connaissance des nématodes à kyste et la lutte contre les autres ennemis des céréales.....	50
Conclusion	52
Références bibliographiques.....	53
Annexes.....	63
Résumé.....	65

Liste des tableaux

Tableau N°01: Science ET Technologie Des Céréales.....03

**Tableau N°02: Evolution de la température et de la pluviométrie mensuelle
(2010-2020) dans la région de Bordj Bou Arreridj.....30**

**Tableau N°03: La superficie emblavée par les céréalicultures dans la wilaya
de Bordj Bou Arreridj entre 2018 et 2022.....31**

Liste des figures

Figure 1 : schéma de grain de blé.....	04
Figure 2 : le cycle de développement des céréales.....	06
Figure3 : Impact de la guerre mondiale sur la production et l’exportation des céréales en Ukraine.....	09
Figure4 : Règion de la production mondiale du blè.....	09
Figure5 : Production de cèrèales en volume au niveau mondia.....	10
Figure 6 : Règions de la production du cèrèales en algèrie.....	11
Figure 7 : Morphologie du nématode à kyste.....	12
Figure 8 : Cycle de développement d'H.avenae.....	15
Figure9 : Distribution du nématode à kystes H. avenae des céréales en Algérie.....	18
Figure 10 : Symptômes d'heterodera sp. observé au niveau de feuilles.....	19
Figure 11 : Symptômes d'heterodera sp. observé au niveau de racines.....	20
Figure 12 : Kyste d’Heterodera sp. parasité par un champignon.....	25
Figure 13 : Situation géographique et limites de la wilaya de Bordj Bou Arreridj	29
Figure 14 : Evolution de la production des 3 principales espèces de céréales dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj.....	32
Figure 15 : Localisation des régions d’étude dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj.....	33
Figure 16 : Photo d’exploitation céréalière à la de fin mars (commune de Medjana) (Originale, 2024)	34
Figure 17 : Diagramme représentant le niveau de formation des agriculteurs enquêtés.....	38
Figure 18 : Diagramme représentant la répartition de la surface des exploitations enquêtées	39
Figure 19 : Diagramme représentant le type de labour pratiqué.....	40
Figure 20 : Diagramme représentant les espèces utilisées par les agriculteurs.....	40
Figure 21 : Diagramme représentant les variétés de blé dur les plus utilisées par les agriculteurs.....	41
Figure 22 : Diagramme représentant le taux de l’utilisation de la fertilisation par les agriculteurs.....	42
Figure 23 : Diagramme représentant le mode d’irrigation utilisé par les agriculteurs.....	43
Figure 24 : Diagramme représentant le taux du pratique de désherbage par les agriculteurs	44

Figure25: Diagramme représentant la connaissance des Nématodes à kyste par les agriculteurs..... **45**

Liste des abréviations

FAO : l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

ITGC : INSTITUT TECHNIQUE DES GRANDES CULTURES

MBB: Mohamed Ben Bachir

NKC : Nématoïde à kyste des Céréales

NPK : Nitrogène phosphore potassium

Introduction générale

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).

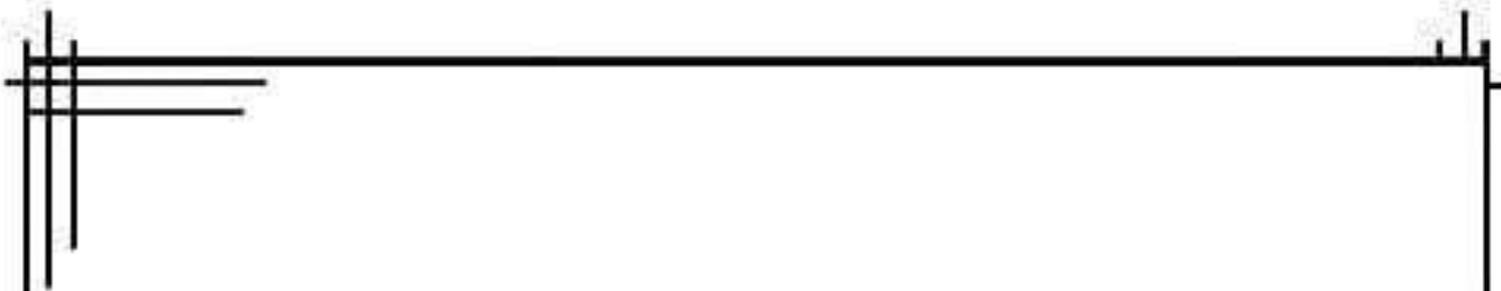
Les nématodes associés aux céréales sont nombreux mais les nématodes à kystes des céréales (NKC) *Heterodera* spp. Constituent l'un des plus importants groupes de nématodes dans le monde (Rivoal et Cook, 1993).

En Algérie, les études concernant les NKC sont entamées depuis plus de 20ans. La présence de l'espèce *Heterodera* 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 et vise à s'enquêter sur les pratiques agricoles qui peuvent avoir un impact direct sur le développement de ces nématodes à kyste des céréales

Le présent travail repose sur trois parties. La première partie est consacrée à la synthèse bibliographique, elle comprend deux chapitres : le premier est consacré aux céréales tandis que le deuxième est consacré aux nématodes à kyste des céréales.

Une seconde partie sur la démarche suivie dans l'enquête menée où nous avons essayé d'abord de présenter la région d'étude tout en caractérisant son climat et en décelant son importance à travers les données collectées sur la production des céréales dans la région d'étude. Ensuite, nous avons présenté la fiche d'enquête utilisée dans la collecte des données avec ses différents volets.

Une troisième partie qui traite les résultats et discussions. Et en fin on clôture ce travail par une conclusion .



Partie I: données bibliographiques

Partie I: Données bibliographiques

Chapitre 1: Les céréales

1-Classification botanique

tableau 1:(Science ET Technologie Des Céréales)

FAMILLE	GRAMINEAE					
SOUS-FAMILLE	Festucoideae				Panicoideae	
TRIBU	Triticeae		Aveneae	Oryzeae	Tripsaceae	
SOUS-TRIBU	Triticineae					
GENRE	Triticum	Secale	Hordeum	Avena	Oryza	Zea
ESPÈCE	T. aestivum (blé)	S. cereale (Seigle)	H. vulgare (Orge)	A. sativa (Avoine)	O. sativa (Riz)	Z.mays (Maïs)

2- Description générale des céréales :

Le terme "céréale" vient du latin "cerealis", qui signifie "grain". Les céréales font partie de la famille des graminées, des plantes annuelles qui ont souvent des tiges fines et longues, telles que le blé, le riz, le maïs, le sorgho, le millet, l'orge et le seigle. Les grains amylicés de ces plantes sont utilisés comme nourriture et sont composés d'un fruit appelé caryopse, qui contient de l'endosperme, du germe et des enveloppes (Sarwar et al., 2013). Certains membres de la famille des céréales appartiennent à la sous-famille des Festucoïdées, tels que le blé, l'orge, l'avoine et le seigle, tandis que d'autres appartiennent à la sous-famille des Panicoïdées, tels que le maïs, le riz, le sorgho et le millet. (Moule, 1997)

Les grains de céréales se composent de trois parties principales : Les enveloppes, qui est la couche externe riche en fibres, en acides gras oméga-3 et en vitamines et minéraux ; L'endosperme, qui constitue la partie principale du grain et contient principalement de l'amidon ; Le germe, la plus petite partie du grain qui contient des nutriments tels que la vitamine E, le folate, la thiamine, le phosphore et le magnésium (Sarwar et al., 2013).

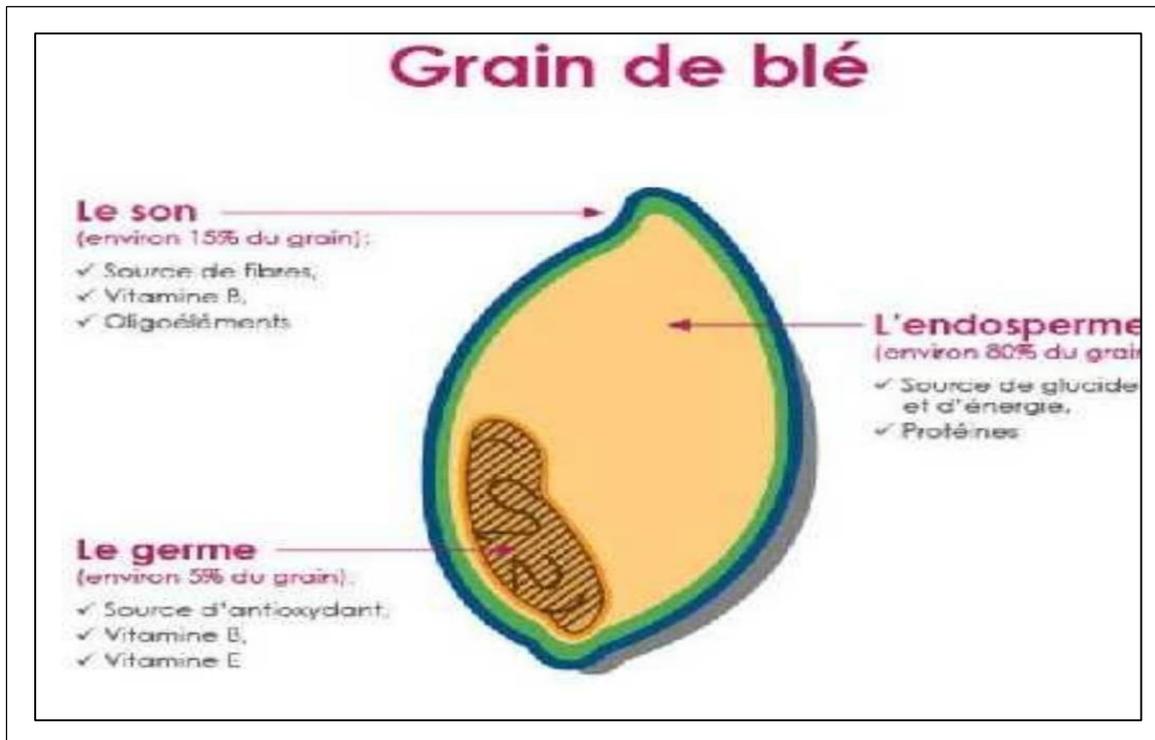


Figure 1: Schéma de grain du blé (Feillet ,2000)

3. Cycle de développement :

Le cycle de développement des céréales se compose généralement de trois périodes : la période végétative, la période reproductive et La période de maturation :

3.1 La période végétative

Commence à la germination de la graine et se termine par l'ébauche de l'épi. Cette période dure généralement de 90 à 150 jours, selon l'espèce de céréale. Le stade de levée est le stade où la première feuille émerge de la gaine protectrice (coléoptile), et la durée de la levée est le temps entre la date de semis et la date de levée. Le stade début tallage survient lorsque la plante possède trois à quatre feuilles et qu'une tige apparaît sur le maître-brin à l'aisselle de la feuille la plus âgée (Gate, 1995)

3.2 La période reproductive

S'étend du stade de plein tallage à la fécondation. Au stade de plein tallage, les plantes portent deux à trois talles et peuvent avoir un port rampant. Le stade épi à 1cm est atteint lorsque

le sommet de l'épi de la tige principale est en moyenne distant de 1cm du plateau de tallage, et à ce stade, la plante a besoin d'un apport d'engrais azoté. Le stade "1 à 2 nœuds" est atteint lorsque les premiers entre-nœuds sont visibles à la base de la tige principale. Le stade "méiose pollinique" est atteint lorsque le sommet des barbes devient visible et que la couleur de l'anthere passe du blanc vers le vert, ce qui se produit huit jours avant l'épiaison. Enfin, le stade "épiaisonfécondation" survient juste après le stade méiose pollinique, lorsque la gaine de la dernière feuille s'écarte progressivement suite à l'allongement des derniers entre-nœuds de la tige, et que le sommet de l'épi sort de la dernière gaine (Gate, 1995).

3.3 La période de maturation

Comprend deux stades importants : le gonflement du grain et la maturation du grain.

- Le stade de gonflement du grain est caractérisé par une photosynthèse intensive qui permet l'élaboration des substances de réserve telles que l'amidon et les protéines. Ces substances migrent ensuite dans l'albumen du grain qui grossit, tandis que l'embryon se forme. Il est important de noter que cette migration nécessite une circulation d'eau et que le stress hydrique peut entraîner un échaudage.
- Le stade de maturation du grain est marqué par une diminution progressive de la teneur en eau du grain. Pendant l'accumulation des réserves dans le grain, le poids d'eau de celui-ci reste constant pendant environ 15 jours, appelés le "palier hydrique". Ensuite, la teneur en eau du grain commence à diminuer et il passe du stade pâteux (45% d'eau) au stade rayable à l'ongle (20% d'humidité dans le grain) puis enfin au stade cassant (15% d'humidité dans le grain) (Moule, 1980 in Betkaet Smaili, 2006)

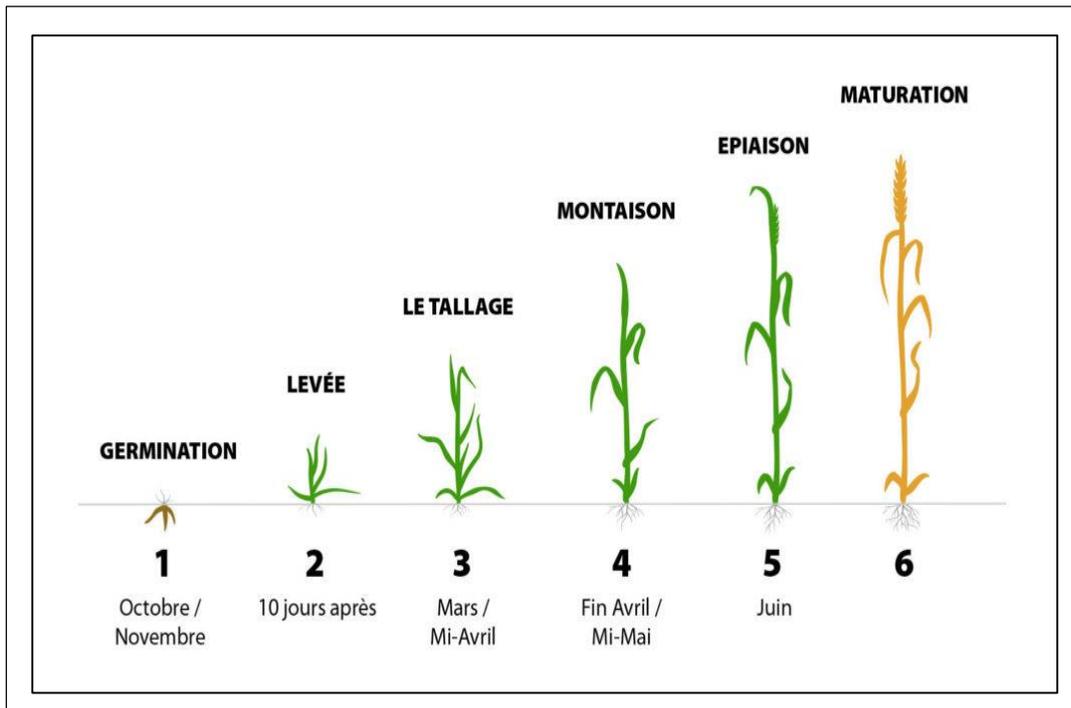


Figure 2 : Le cycle de développement des céréales (Source : Espace pain info)

4.Exigences écologiques du cèrèales:

Les cèrèales sont bien adapté aux régions à climat relativement sec, où il fait chaud le jour et frais la nuit durant la période végétative, ce qui est typique des climats méditerranéens et tempérés (Bozzini, 1988).

4.1 Eau :

Les cèrèales ont des besoins en eau d'environ 550 mm/an en moyenne, bien répartis sur le cycle de développement (Boulal et al, 2007). Pour le blé dur, les besoins en eau jusqu' à fin tallage sont relativement faibles. Une bonne alimentation en eau est particulièrement importante entre l'épiaison et la floraison et entre les stades grain laiteux et grain pâteux (Clément, 1981).

4.2 Sol :

Les cèrèales prospèrent sur une gamme assez variée de sols et l'optimum semble être des terres neutres, profondes et de texture équilibrée. Les sols riches et profonds sont à réserver aux variétés exigeantes. Par contre, les sols légers peu profonds sont réservés aux variétés

rustiques (Boulal et al., 2007). L'installation des céréales dans les terres ressuyant mal, le rend plus sensible aux maladies cryptogamiques (Bennasseur, 2003).

4.3 Température :

Le zéro de germination de blé est de 0 °C (Boulal et al., 2007). La température optimale à partir de laquelle, la croissance est considérée comme maximale pour le blé, est généralement de 20 °C (Ezzahiri, 2001). Selon la sensibilité variétale, le seuil thermique de mortalité varie entre -12 et -16 (Simon et al., 1989). En outre, le blé dur est moins sensible à la température durant sa phase végétative par rapport à sa phase reproductrice (Boulal et al., 2007).

4.4 Photopériode :

Les céréales a des besoins élevés en ensoleillement (Bennasseur, 2003). Le blé est adapté aux jours longs, il faut que la durée d'éclairement soit d'environ 12 heures pour que l'épi commence à monter dans la tige (Simon et al., 1989). Dans les conditions du Maghreb, à partir du mois de mars lorsque les jours deviennent plus longs, les plantes émettent leurs épis (Boulal et al., 2007).

5. Origine et histoire :

Les céréales sont cultivées depuis des milliers d'années et les premières cultures ont probablement été l'orge et l'engrain, cultivées au Moyen-Orient et en Asie. Au fil du temps, d'autres céréales, comme le maïs, le riz et le seigle, ont été cultivées dans d'autres parties du monde. Les preuves archéologiques suggèrent que les humains ont commencé à cultiver des céréales il y a environ 10 000 ans (Herve, 1979). La domestication, la culture et la sélection des céréales à paille ont joué un rôle crucial dans l'histoire de l'humanité, car l'homme les a apprises très tôt et a tissé des liens étroits avec elles (Bonjean et Picard, 1991).

La transition de la vie nomade à la vie sédentaire a permis aux êtres humains de cultiver des céréales, notamment le blé dur, qui a été domestiqué progressivement. Ainsi, la civilisation est passée d'une société nomade de chasseurs, cueilleurs et éleveurs à une société d'agriculteurs sédentaires (Pierre, 2000). La domestication du blé, est un élément fondateur des premières civilisations humaines dans le croissant fertile (territoires actuels de la Turquie, de la Syrie, de l'Iraq et de l'Iran (Dhanapal, 2012). L'Algérie pratique la culture des céréales depuis l'époque

des Numides, avant la domination carthaginoise et phénicienne. Sous la conquête romaine, l'Algérie était reconnue comme le grenier de Rome. Les céréales telles que le blé dur, le blé tendre, l'orge et l'avoine étaient largement cultivées dans le tell algérien, de Timgad à Tazoult. Cependant, la culture ne couvrait pas tous les sols propices en raison des différentes conditions climatiques, de sol, de relief et d'exploitations agricoles (Smadhi et al., 2015).

6. Répartition géographique et importance du céréales :

6.1 Dans le monde :

Assurer la sécurité alimentaire est un enjeu crucial pour le développement de l'être humain. Les gouvernements et les organisations non gouvernementales mettent en place des politiques et des systèmes économiques visant à lutter contre les différentes formes d'insécurité alimentaire (MADR, 2018). Le blé (Genre *Triticum*) et ses produits dérivés sont extrêmement importants dans l'alimentation humaine, et ils sont de plus en plus consommés dans le monde entier, en particulier dans les zones urbaines. C'est pourquoi le blé est la céréale la plus cultivée dans le monde. Dans les régions où sa culture n'est pas possible, les céréales sont importées, mais cela doit être équilibré par l'exportation d'autres produits pour éviter des déséquilibres dans le commerce extérieur (FAO, 2001). La guerre en Ukraine et les tensions entre la Russie et l'Occident ont perturbé la production et les exportations de céréales dans la région. Les agriculteurs ont abandonné leurs terres en raison des conflits et des troubles dans l'est de l'Ukraine, ce qui a entraîné une diminution de la production. De plus, les sanctions économiques imposées par l'Occident à la Russie ont limité la production de céréales dans les régions russes. La diminution de la production a affecté les prix des céréales sur les marchés internationaux en raison de la limitation des exportations et de la réduction des stocks mondiaux (Perthuis, 2022). Cette interruption soudaine a provoqué une hausse considérable des prix du blé, du maïs et des oléagineux, trois composantes majeures de l'indice du prix des denrées alimentaires de base de la FAO depuis 1961. En conséquence, pour la première fois en soixante ans, le coût d'accès aux denrées alimentaires de base a augmenté considérablement en termes réels. Cette inflation dans le secteur agricole est susceptible d'avoir des conséquences très graves sur la sécurité alimentaire mondiale (Perthuis, 2022)

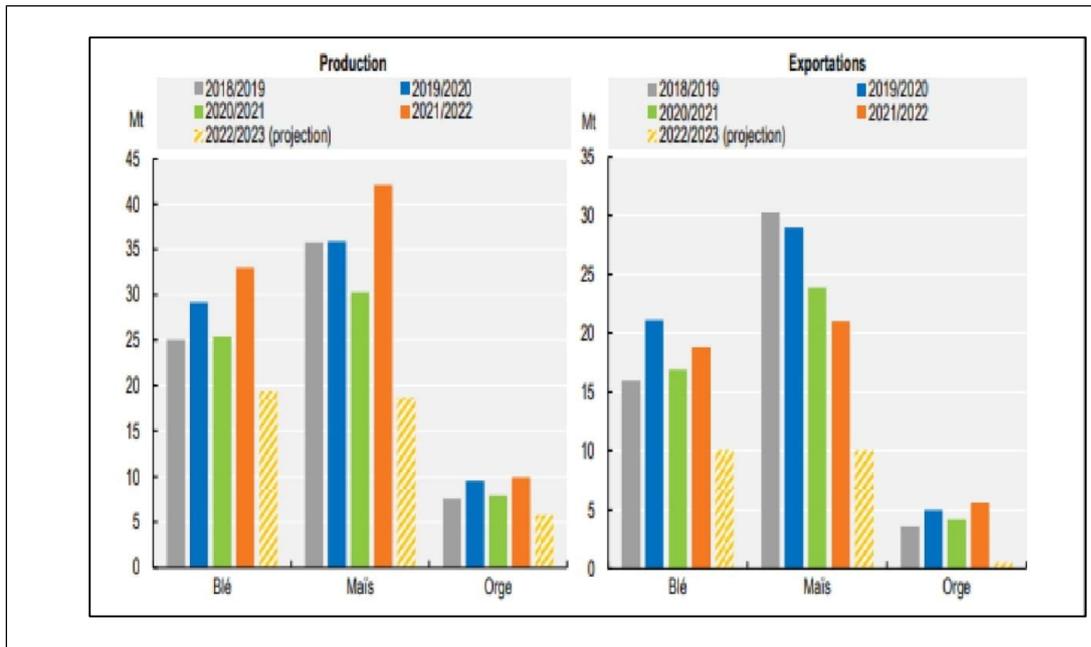


figure 3: Impact de la guerre mondiale sur la production et l'exportation des céréales en Ukraine .Source : CIC (2022)

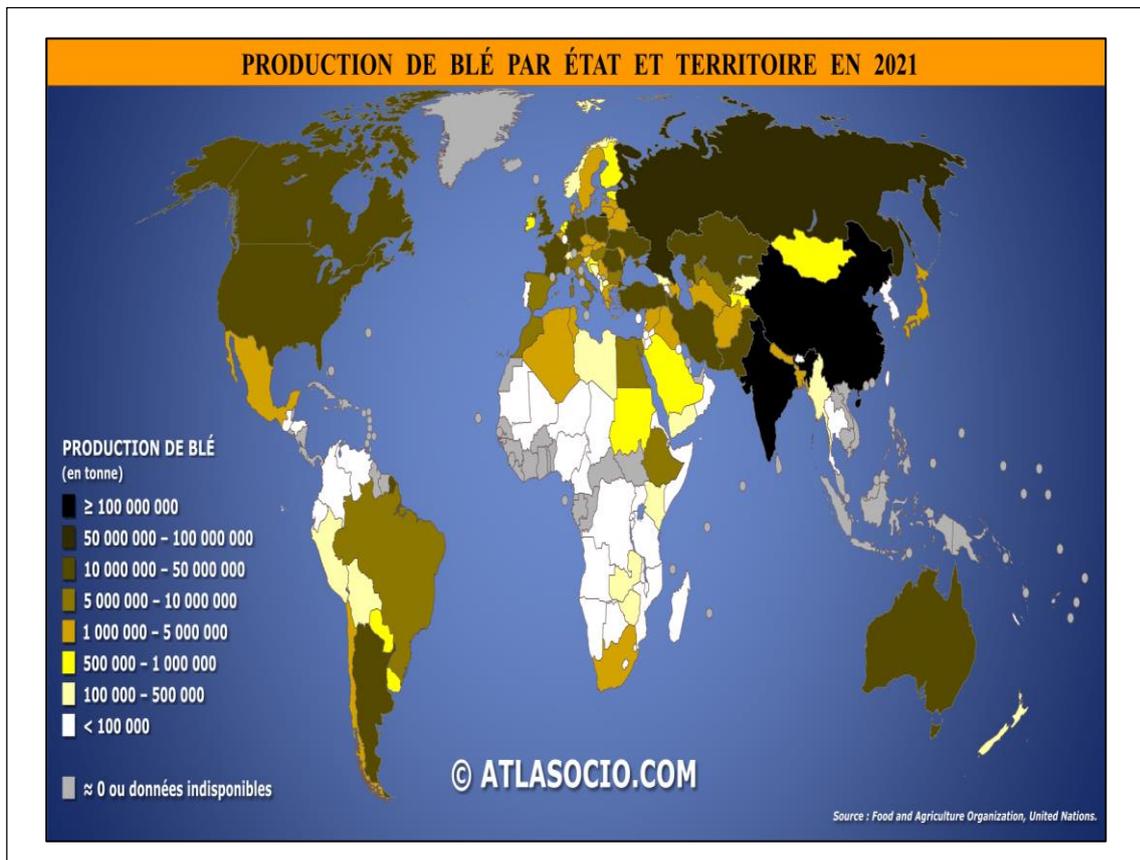


Figure 4: Règion de la production mondiale du blé (FAO 2021)

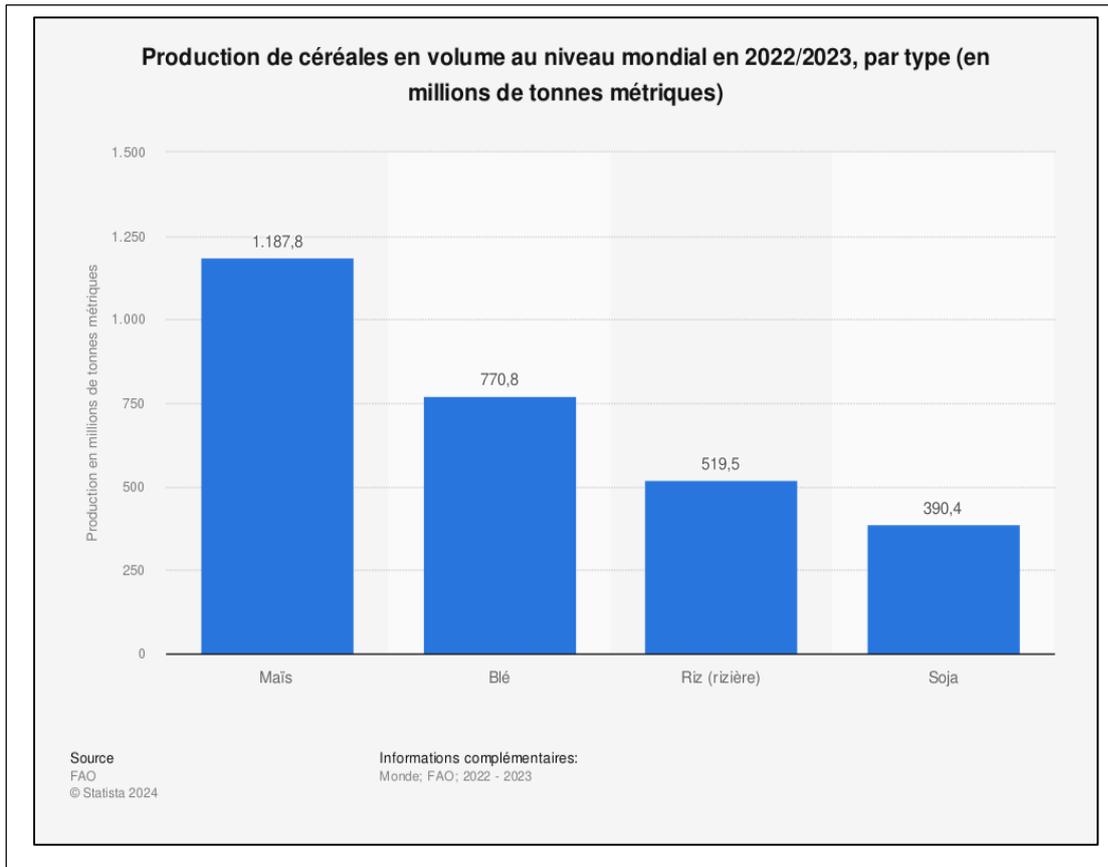


Figure5: Production de céréales en volume au niveau mondial en 2022/2023 (FAO 2023)

6.2 Dans l'Algérie

Les céréales sont une ressource essentielle pour l'alimentation en Algérie, fournissant la majorité des calories et des protéines dans le régime alimentaire national. Environ six millions d'hectares de terres sont dédiés à la culture des céréales en Algérie, dont la majorité est cultivée dans les régions des hauts plateaux telles que Sidi Bel Abbés, Tiaret, Sétif et El Eulma, malgré des conditions climatiques difficiles. Le blé est la principale céréale cultivée, suivie de l'orge et de l'avoine, bien que la superficie récoltée soit souvent inférieure à celle cultivée, même lorsque les conditions climatiques sont favorables (Aidani,2015). Entre 2010 et 2017, en moyenne 40% de la Superficie Agricole Utile a été consacrée à la culture des céréales en Algérie. Durant la décennie 2000-2009, la superficie ensemencée en céréales était de 3 200 930 hectares, dont 74% était occupée par le blé dur et l'orge, ce qui représente la majorité de la surface cultivée en céréales (MADR, 2017). La production de céréales en Algérie ne suffit pas à couvrir les besoins nationaux. Au cours des cinq dernières années, l'Algérie a importé en

moyenne plus de 12 millions de tonnes de céréales par an, tandis que la production annuelle n'était que d'environ 4,92 millions de tonnes, dont 3,3 millions de tonnes de blé. Les épisodes de sécheresse qui ont touché l'Afrique du Nord en 2021 ont également eu un impact négatif sur la production de céréales en Algérie (Ouared, 2016). L'Algérie a consommé environ 11,37 millions de tonnes de blé entre juillet 2020 et juin 2021, selon un rapport conjoint du Global Agricultural Information Network et du ministère américain de l'Agriculture. Les stocks de céréales de l'Algérie ont augmenté de 5,6 millions de tonnes en 2017 à 6,7 millions de tonnes en 2020, mais ont diminué de 6 % pour atteindre 6,3 millions de tonnes en 2021, avec une prévision de chute à 5,1 millions de tonnes en 2022, d'après la FAO (Assoko, 2022).

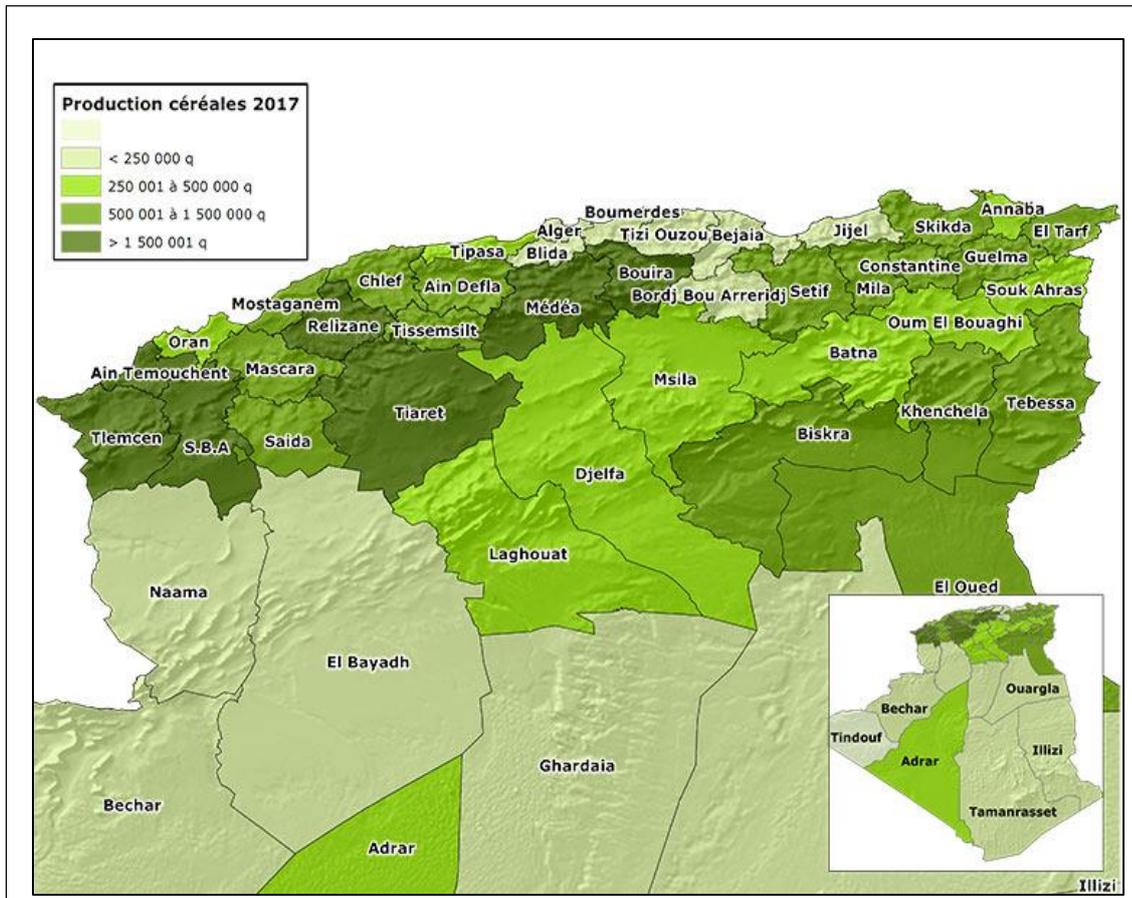


figure 6: Règions de la production du cèrèales en algèrie (MADR)

chapitre 2 : Les nématodes à kystes des céréales

Les nématodes à kystes des céréales constituent le groupe de parasites le plus étudié chez les céréales, notamment blé et d'orge (Sikora, 1987 et Cook et Noel, 2002). Ce sont des parasites sédentaires ayant une gamme d'hôtes limitée aux graminées (Stone et Hill, 1982 ; Nicol et al., 2003 ; Rivoal et al., 2003 et Dababat et al., 2011). Ils sont largement répandus dans le monde et prédominent dans les zones céréalières où ils causent d'importantes pertes de rendements (Meagher, 1977; Nicol et al., 2003 et Madani et al., 2004) ; ils sont ainsi considérés comme les principaux ravageurs affectant les céréales dans le monde (Bridge et al., 2002).

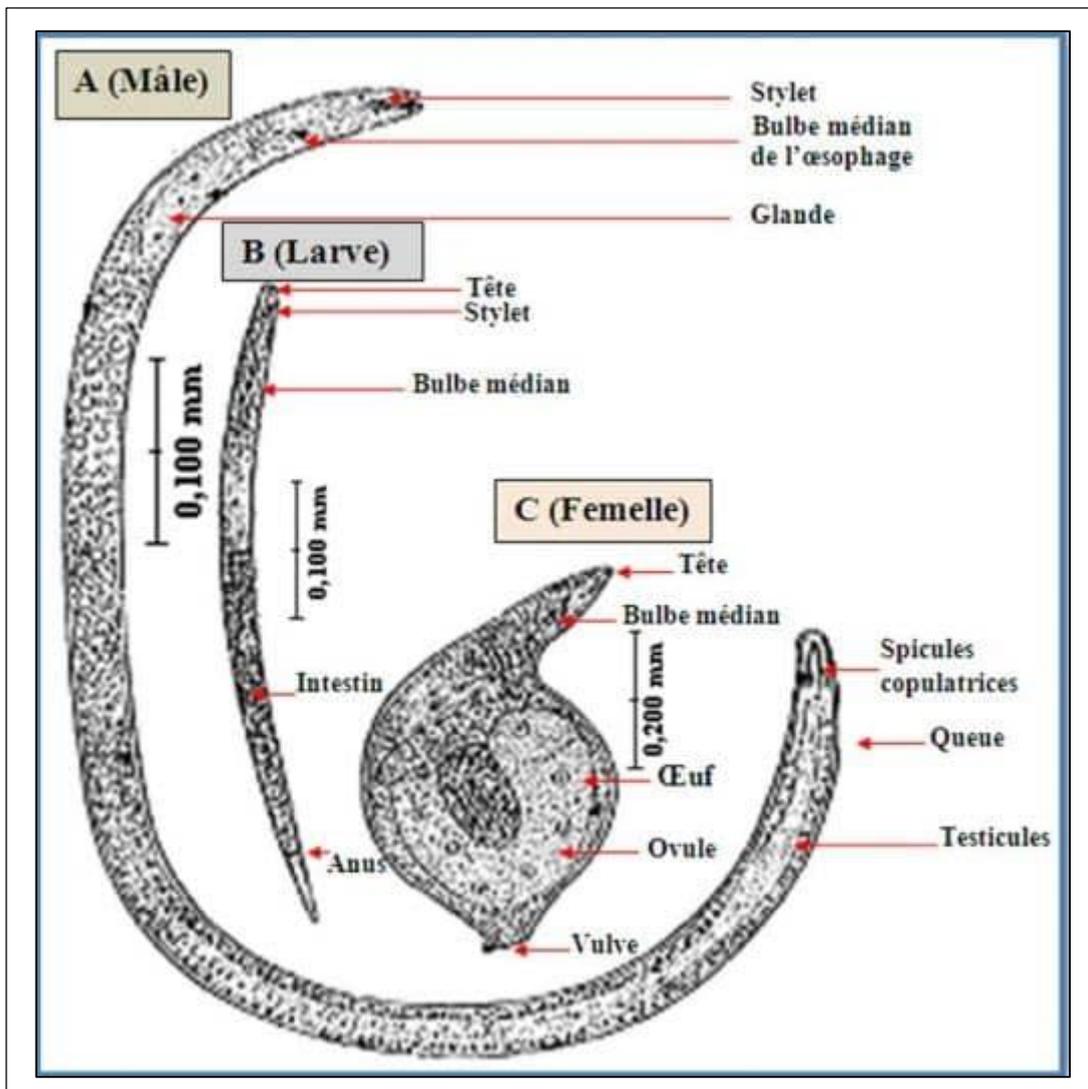


Figure7: Morphologie du nématode à kyste (TAYLOR, 1968)

.2.1. Position systématique

Le nématode de kyste des céréales (NKC) est représenté par un groupe de 12 espèces qui infestent les céréales et les graminées sauvages. La classification des nématodes est basée essentiellement sur les critères morphologiques et biométriques des kystes : forme générale, couleur, taille (Romero, 1982 ; Rivoal et Cook, 1993), surtout le cône vulvaire (Shepherd et al., 1973) et le stylet de la larve de deuxième stade (Stone, 1977; Wouts et al., 1985). Selon Stone (1977) et Reddy (1983), *Heterodera avenae* occupe la position systématique suivante :

Règne : Animal

Sous Règne : Métazoaires

Embranchement : Némathelminthes

Sous Embranchement : Nématodes

Classe : Nematoda

Sous Classe : Secernentea

Ordre : Tylenchida

Sous Ordre : Tylenchina

Super Famille : Heteroderoidea

Famille : Heteroderidae

Sous Famille : Heteroderinae

Genre : *Heterodera*

Espèce : *Heterodera avenae* (STONE, 1977 et Reddy, 1983)

3.Cycle biologique

Le cycle évolutif d'*Heterodera* des céréales comprend cinq stades larvaires séparés par quatre mues (Choppin de Janvry, 1971).

La première a lieu à l'intérieur de l'oeuf. Lorsque les conditions climatiques (humidité et température) sont favorables, les larves L2 éclosent.

Ces dernières sont mobiles et émergent du kyste par la fente vulvaire (Banyer et Fisher, 1971).

Une fois libérées dans le sol, celles-ci attaquent les radicelles dès la levée de la plante hôte (céréales) (Shneider, 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. Ces larves deviennent soit des femelles fixées par le cou et dont le corps est émergé à la surface de la racine soient des mâles filiformes libérés dans le sol (Choppin de Janvry, 1971).

Ces derniers se déplacent et fécondent les femelles (Lachenaud, 1977). Les mâles meurent après la fécondation et les femelles commencent à pondre les oeufs qui restent à l'intérieur du corps de la famille.

Après sa mort, la femelle se transforme en kyste contenant presque toujours des oeufs et quelques larves à la fois (Choppin de Janvry, 1971). En effet, les larves se trouvent en arrêt de développement sous l'effet d'une diapause et le cycle est ainsi bouclé (Rivoal et Cook, 1993).

De ce fait, ce nématode n'a qu'une seule génération par an (dure neuf mois), dont il peut être différent d'une région à une autre selon la localisation géographique des populations (Rivoal, 1982)

alors que l'éclosion du même kyste se manifeste pendant trois à quatre ans successifs (Rivoal, 1983), (Mokabli, 2002)

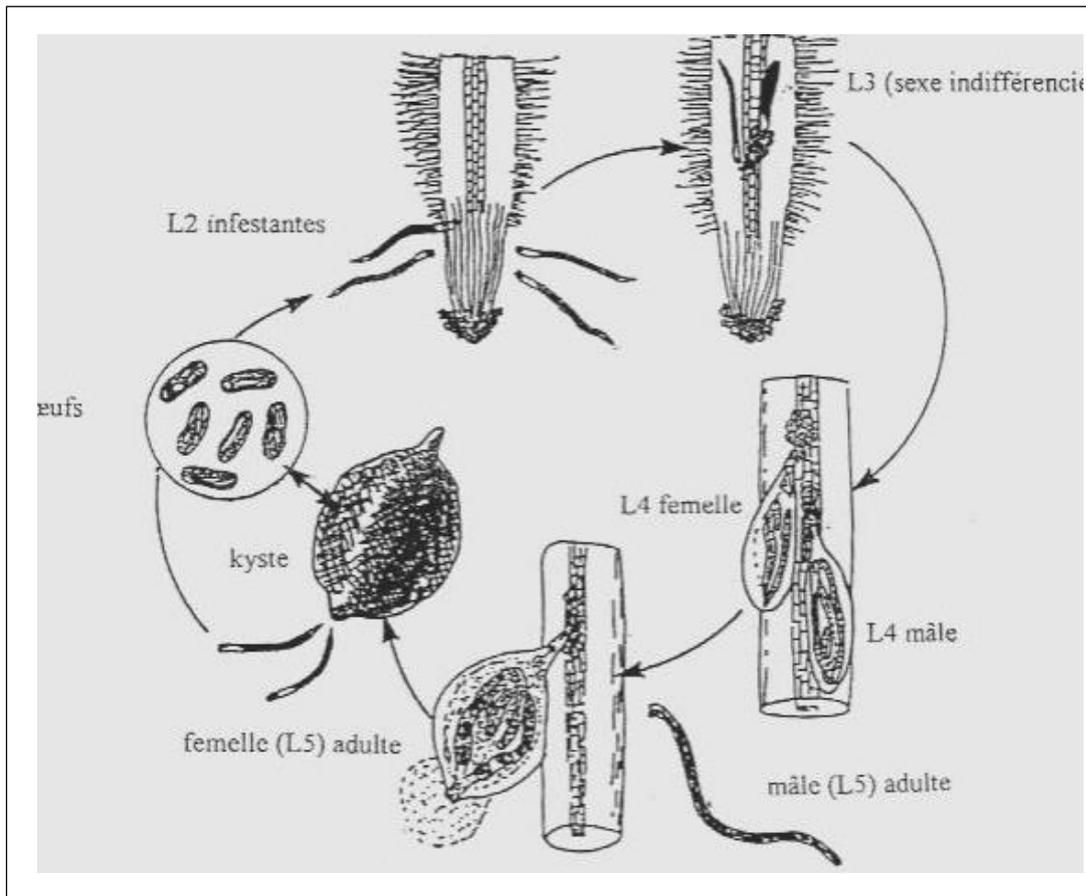


Figure 8: Cycle de développement d'*H.avenae* (Rivoal, 1987)

4. Polymorphisme :

4.1.Écotype :

D'aprèsCaubeletal.,(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'écotypeméridional

L'écotypeseptentrional

4.1.1 L'écotypeméridional :

L'écotype méridional est caractérisé par une éclosion hivernale, suivie par une diapause estivale obligatoire,qui est levée par l'abaissement de latempérature en des sous de 10°C (Rivoal,1982).Sa température optimale est de5°C.Ce mécanisme thermique provoque un

contingemment des sorties larvaires qui assure la réalisation de plusieurs cycle ssuccessifs à partir du même kyste (Rivoal, 1978).

4.1.2 L'écotypes 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 l'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)

4.2. PATHOTYPES :

Le terme « pathotype » désigne une entité biologique (population de nématodes) qui se distingue par sa capacité (ou incapacité) inhérente à se multiplier sur un génotype d'hôte donné avec un ou plusieurs gènes de résistance (Trudgill, 1986). De nombreux systèmes ont été développés pour classer les nématodes en fonction de leurs capacités parasitaires (Triantaphyllou, 1987). Le système de pathotypes des CCN est basé sur leur multiplication sur des différences d'hôtes de cultivars d'orge, d'avoine et de blé dans l'assortiment international de tests de céréales développé par Andersen et Andersen. (1982). Le test utilise 12 cultivars différentiels d'orge (*Hordeum vulgare*), six d'avoine (*Avena sativa*) et six cultivars différentiels de blé pour définir les pathotypes de *H. avenae*. Ce schéma distingue trois groupes principaux, basés sur les réactions de résistance de l'hôte des cultivars d'orge porteurs des gènes de résistance Rha1, Rha2 et Rha3. En Europe, en Afrique du Nord et en Asie, la plupart des populations de *H. avenae* appartiennent aux groupes 1 (Ha1) et 2 (Ha2) (Al-Hazmi et al., 2001 ; Cook et Noel, 2002 ; Znasni, 2003). Les pathotypes du groupe 3 se trouvent principalement en Australie, en Europe et en Afrique du Nord (Rivoal et Cook, 1993). Au Maroc, Znasni (2003) a signalé la présence de deux groupes de pathotypes (Ha1 et Ha2) essentielle pour développer une résistance lors de la sélection et appliquer des cultivars appropriés dans les programmes de gestion des nématodes (Ha2). La caractérisation des espèces et du pathotype des CCN est essentielle pour développer une résistance lors de la sélection et appliquer des cultivars appropriés dans les programmes de gestion des nématodes

5. Répartition d'*Heterodera* sp.

5.1. Dans le monde

Le nématode à kyste *Heterodera avenae* Wollenweber (1924) a été identifié pour la première fois en Allemagne en 1874 comme parasite obligatoire des graminées. Ce nématode 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. En Afrique, *Heterodera avenae* a été retrouvée en Algérie depuis 1961 par Scotto la Massese, mais sa biologie a été décrite par Mokabli et al. (2002), au Maroc par Rammah (1994), en Tunisie par Namouchi et B'chir (2004) et en Lybie par Siddiqi et Khan (1986).

5.2. En Algérie

En Algérie, ce nématode a été identifié pour la première fois par Scotto la Massese (1961), puis mis en évidence par Lamberti et al. (1975) sur orge à Birtouta et sur blé à Sidi Bel Abbes. Ce nématode a été signalé dans d'autres régions céréalières telles que Tiaret, Mascara, Telmcen, Sidi Bel Abbes, Mostaganem, Bouira, Tissemsilt, Chlef, Alger, Blida, Bordj Bouarerdj, Sétif, Tizi-ouzou, Constantine, Annaba et Bejaia (Mokabli, 2002). Sa biologie a été développée par Mokabli (2002) et Smaha et al. (2009). Sa virulence a été étudiée par Haddadi et al. (2013).

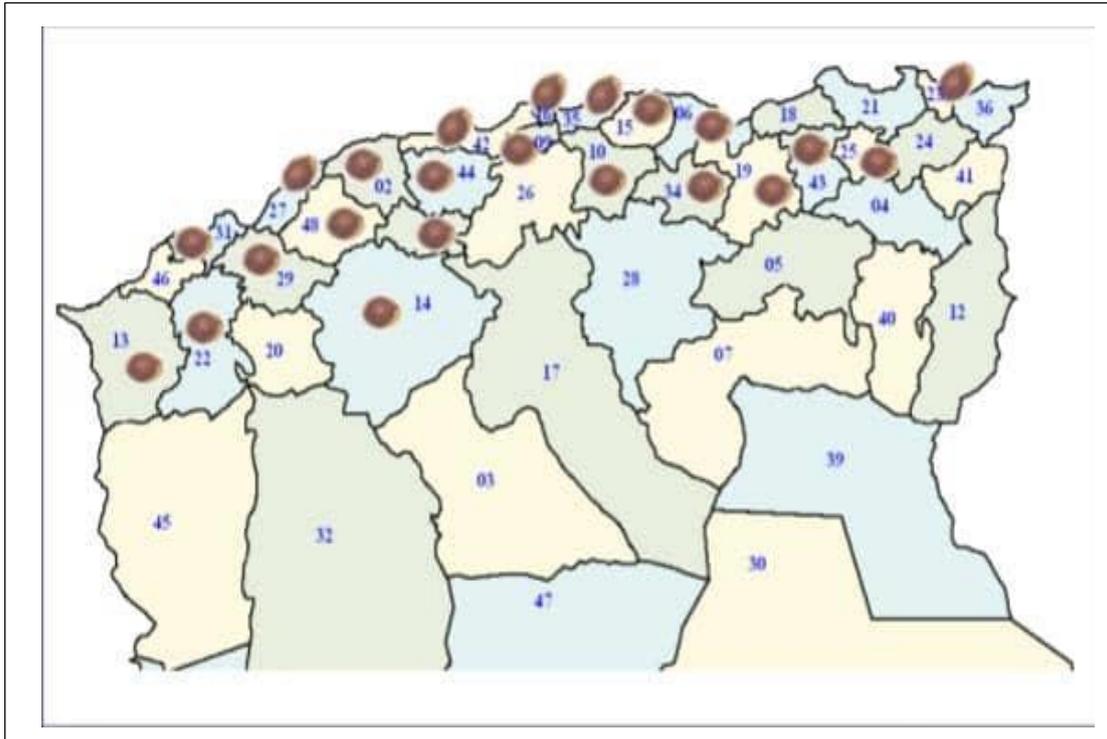


Figure 9: Distribution du nématode à kystes *H. avenae* des céréales en Algérie (FERHAOUI, 1993 ; LOUNIS, 1993; LABDELLI, 1995; MOHAMED MEZIANI, 1996; SMAHA en 1998; MOKABLI, 2002; OUANIGHI, 2004; OUDDENE, 2010)

6. Symptomatologie

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

6.1. Symptômes en plein champ

Les symptômes induits par *Heterodera* sp. se traduisent généralement par de larges plages circulaires à végétation très faible, constituée de plants chétifs (Rivoal et Cook, 1993). 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)

6.2 Symptômes sur la plante

6.2.1. Symptômes sur la partie aérienne

Les symptômes des plants atteints (figure 10) 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 jaunesrougeâtres sur le blé (Rivoal et Cook, 1993



Figure 10 : Symptômes d'*heterodera* sp. observés au niveau des feuilles (un rougissement et un jaunissement des feuilles) (anonyme 2012)

6.2.2 Symptômes sur la partie racinaire

Les racines des plantes touchées sont peu profondes, extrêmement ramifiées, composées de nombreuses radicules courtes qui partent en tous sens d'un même point appelé nœud (figure 11). À partir d'avril-mai, des petites boules blanches de la grosseur d'une tête d'épingle apparaissent au niveau des racines : ce sont les femelles qui s'accrochent. Ces boules virent au brun à maturité pour donner des kystes (forme de résistance) contenant plusieurs centaines de larves capables de survivre plus de 5 ans dans le sol (Anonyme, 2012)



Figure 11 : Symptômes d'*Heterodera* sp. observé au niveau de racines à droite la plante attaquée et à gauche la plante saines (anonyme 2012)

7. Méthodes de lutte :

La stratégie de gestion des nématodes a pour but de réduire ou de maintenir ses populations en-dessous des seuils économiques nuisibles (Holgado et al., 2006).

Ces différentes méthodes de lutte sont disponibles et visent à baisser les densités des populations de ces parasites dans le sol (Rivoal et Nicol, 2009).

7.1 . Méthodes préventives

La lutte contre les nématodes doit commencer avant son installation dans le champ, en maintenant les parcelles indemnes et propres, en prévenant la dissémination par les outils de travail et les eaux d'irrigation (Reddy, 1983 ; Baldwin et Mundo-Ocampo, 1991). Les instruments de travail du sol utilisés doivent être soigneusement nettoyés avant leur usage dans d'autres parcelles non infestées. Ces mesures ne sont pas suffisantes en elles-mêmes, mais elles constituent un complément indispensable de moyens plus efficaces (De Guiran, 1983)

72. Méthodes curatives

Ce sont essentiellement des méthodes culturales et chimiques, biologiques :

7.2.1 Méthodes culturales

La lutte culturale permet d'assainir le sol si elle est pratiquée sur plusieurs campagnes. En aucun cas, elle ne peut réduire significativement les populations sur une seule année (Anonyme, 2012)

7.2.1.1. . Le désherbage

La destruction des mauvaises herbes et des résidus de cultures céréalières précédentes est indispensable car celles-ci constituent des hôtes potentiels pouvant maintenir les densités dommageables (Rivoal et Nicol, 2009). Une telle opération doit être soignée, puisqu'elle permet de supprimer les mauvaises herbes.

7.2.1.2 La date de semis

La manipulation de la date de semis peut minimiser l'impact de la période d'éclosion majeure. Il est généralement admis que les céréales semées en automne tolèrent mieux les attaques d'*H. avenae* que celles du printemps (Sikora, 1987).

Le semis de blé d'hiver plutôt que le blé de printemps favorise le développement racinaire des plants avant l'émergence massive des larves infectieuses au printemps (Smiley et Yan, 2010). Ce constat est cependant différent dans les conditions

climatiques d'Algérie. En effet, les sorties larvaires se produisant en hiver, synchronisent avec la période de la levée des céréales ce qui constitue indéniablement un préjudice sur ces cultures (Mokabli, 2002).

7.2.1.3 La jachère

Cette méthode consiste à priver les nématodes de leurs plantes hôtes (graminées) pendant une ou plusieurs années ce qui aboutit à la diminution de la densité de leurs populations (Reddy, 1983).

7.2.1.4 . La fertilisation et les amendements

Les engrais minéraux sont connus depuis longtemps pour baisser les populations de nématodes phytoparasites. Ils représentent un outil potentiel dans les programmes de gestion des populations de nématodes (Coyne et al., 2004). Certains amendements azotés organiques et inorganiques ajoutés aux sols pour améliorer sa fertilité et augmenter les rendements des cultures, sont aussi connus pour leur effet nématicide, notamment les engrais minéraux qui libèrent l'azote d'ammoniaque ayant un effet régulateur des populations de nématodes dans le sol (Rodriguez-Kabana, 1986). L'apport de fertilisants minéraux sous forme de microéléments baisse significativement les populations d'*H. filipjevi* dans le sol et améliore le rendement des céréales (Seifi et Bide, 2013). La fertilisation du sol à l'engrais composé NPK (Nitrogène Phosphore Potassium) réduit le nombre des kystes d'*H. avenae* sur le système racinaire et augmente le poids sec des plants de blé infestés. Cet effet bénéfique devient plus important lors de l'application combinée de l'urée et du nématicide dit Fénamiphos qui augmente nettement la croissance des plants infestés (Al-Hazmi et Dawabah, 2014). Les engrais verts de certaines cultures telles que la moutarde ou le colza, sont utilisés comme biofumigants afin diminuer le nombre de certains nuisibles telluriques des plantes dont les nématodes phytoparasites. Les produits toxiques générés lors de la dégradation des tissus verts de ces cultures, sont parfois capables de réduire la densité des nématodes dans le sol (Smiley et Yan, 2010).

7.2.1.5 Les rotations

Les dommages occasionnés aux céréales par les nématodes à kystes sont plus importants lorsque les cultures sensibles sont reconduites annuellement sur la même parcelle (Smiley et Yan, 2010). Les rotations saisonnières avec des cultures non hôtes restent la méthode la plus efficace pour lutter contre ces parasites et réduire leur populations en dessous du seuil dommageable (Hidalgo-Diaz et Kerry, 2008 et Dabbabat et al., 2011) . La pratique pendant deux années successives d'une culture non hôte réduit la multiplication des nématodes et permet d'assainir le sol, d'où l'intérêt d'introduire les ray-grass résistants, qui seraient utilisés en cultures intermédiaires ou principales (Rivoal et Bourdon, 2005). Une rotation de cultures incluant le maïs, la jachère le blé et l'orge résistante peut réduire considérablement la densité de nématodes. Cependant, les pertes de rendement peuvent aussi devenir très importantes dans les rotations de 2 années incluant une céréale et une jachère mais aussi dans les rotations de 3

années composées de blé d'hiver, céréales de printemps, et une culture non hôte ou une jachère. (Smiley et Yan, 2010). Selon Smaha (2002), une rotation basée sur la culture de pois chiche après une céréale a permis de diminuer les effectifs d'*H. avenae*. Cependant, l'application de la rotation reste difficile pour des raisons économiques évidentes (Caubel et al., 1980).

72.1.6 Les variétés résistantes

Les variétés résistantes constituent un élément clé dans la stratégie d'une gestion intégrée et efficace contre les bioagresseurs ainsi que les autres agents

pathogènes qui coexistent généralement dans les mêmes sols (Smiley et al., 2009). Pour des raisons économiques et environnementales, la résistance variétale est actuellement la voie la plus intéressante pour lutter contre les nématodes à kystes des céréales. Cet intérêt a été démontré lors de la protection du blé dur en France avec l'utilisation des orges résistantes qui ont assuré l'assainissement des sols après

seulement deux années de culture (Rivoal et Bourdon, 2005). La différenciation inter et intra spécifique dans ce complexe de nématodes à kystes des céréales pour leur virulence vis-à-vis des Triticeae et leur capacité reproductive intrinsèque est discutée au même titre que l'utilisation des résistances complète et partielle dans les programmes de sélection (Bekal et al., 1997). Les lignées les plus utilisées en sélection sont « Loros » et « Aus 10894 », mais leur résistance se relève parfois inefficace contre certains pathotypes (Rivoal et al., 2001 ; Mokabli, 2002). L'utilisation des cultivars résistants nécessite une identification préalable des différentes espèces nuisibles impliquées dans les dégâts (Mokabli et al., 2001 et Akart et al., 2009). Aussi 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 précaution (Rivoal et al., 1983)

7.2.2. Méthodes chimiques

Une fois les NKC sont introduits dans un champ, leur éradication est quasiment impossible. Par conséquent, les précautions prises pour réduire leur transmission des champs infestés aux régions non infestées sont d'une importance cruciale (Smiley et Yan, 2010). L'application de fumigants nématocides avant la mise en rotation d'une culture non hôte peut réduire la densité des nématodes à kyste des céréales pour une culture de blé subséquente et de fournir ainsi une gestion efficace et économique de ces parasites (Nicol, 2002 et Smiley et Yan,

2010).Maqbool (1988) indique que l'utilisation des nématicides pour le contrôle d' *H. avenae* sur le blé a entraîné une augmentation de 50 à 75% de rendement au Pakistan. Bien qu'efficace, la lutte chimique contre *H. avenae* est rarement appliquée dans la pratique en raison du coût élevé des substances nématicides et de leurs conséquences sur l'environnement (Andersson, 1982)

7.2.3 Méthodes biologiques

Bien que la rotation culturale et l'utilisation des variétés résistantes constituent actuellement les moyens de lutte les plus adoptés contre les nématodes à kyste des céréales, la lutte biologique est une alternative à explorer avec pour candidats les antagonistes naturels de ces nématodes (Mensi et al., 2011).

La lutte biologique consiste à réduire les populations de nématodes grâce à l'action de microorganismes vivants, qui se produit naturellement ou par la manipulation de l'environnement ou l'introduction d'antagonistes (Stirling, 1991)

7.2.3.1 Champignons antagonistes des nématodes à kystes des céréales

Les champignons occupent une place importante dans la régulation des populations de nématodes dans le sol. Certains, ont montré un grand potentiel comme agents de lutte biologique (Kerry, 1988). Ces organismes microscopiques peuvent capturer, tuer et digérer les nématodes (Jonsson et Lopez-Llorca, 2001). Il existe trois groupes de champignons antagonistes (Jonsson et Lopez-Llorca, 2001).

7.2.3.2 Champignons prédateurs

Les champignons nématophages de piégeage capturent les nématodes mobiles grâce à leurs différents organes spécialisés dits pièges. Leur structure morphologique est variable selon les espèces fongiques. Certains forment des filets ou des boutons adhésifs d'autres possèdent des branches adhésives les anneaux constricteurs (Ahren et Tunlid, 2003).

7.2.3.3 . Champignons parasites

Selon Kerry et Crump, (1980) les champignons parasites infectent les nématodes en utilisant des spores adhésives (Jonsson et Lopez-Llorca, 2001) et des zoospores qui s'attachent à la surface de la femelle blanche (Casas-Flores et Herrera, 2007). Ils se

nourrissent de son contenu et le remplacent éventuellement par leurs spores de repos l'empêchant ainsi de se transformer en kyste. Certains parasitent également les œufs et les kystes grâce à leurs hyphes. Le champignon parasite d'œufs le plus fréquent est *Verticillium chlamydosporum* qui semble d'avoir une large répartition géographique (Cayrol et Kerry, 1988). Il parasite principalement les œufs, mais peut aussi parasiter les femelles (Kerry et Hirsch, 2011). Le principal parasite des femelles est le *Nematophthora gynophila* qui agit en empêchant la formation des kystes et en diminuant la fécondité (Kerry, 1988) (Jonsson et Lopez-Llorca, 2001).

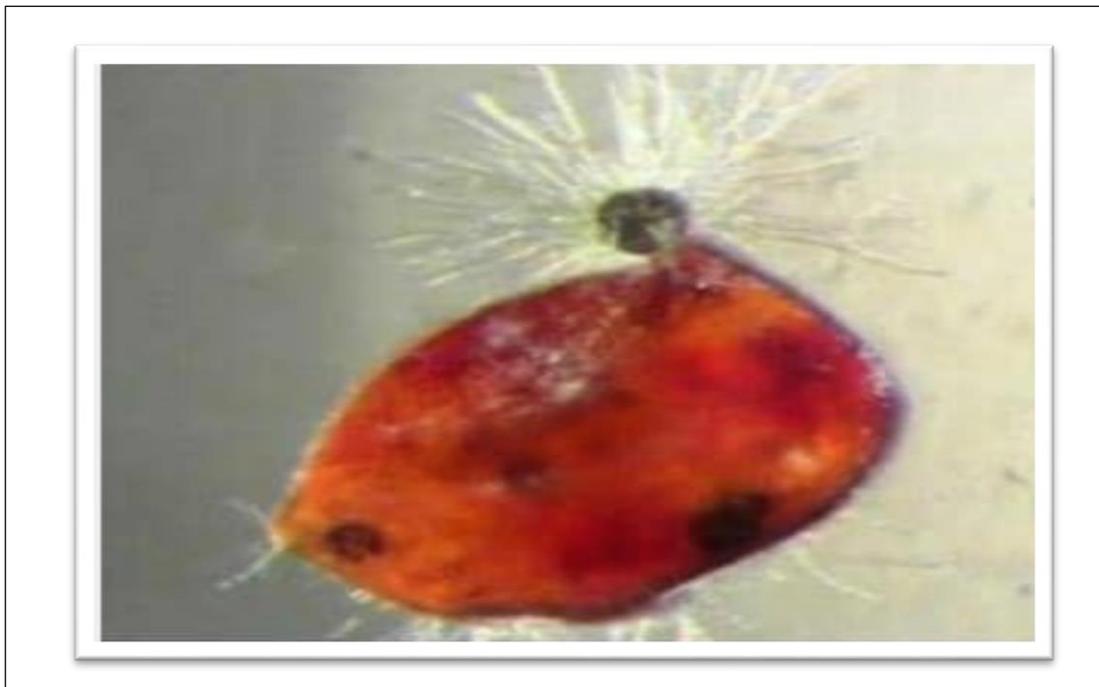


Figure 12: Kyste d'*Heterodera* sp. parasité par un champignon. (Dababat et al., 2014)

7.2.3.3.1 Endoparasites obligatoires

C'est un groupe de champignons qui ne peuvent pas proliférer dans le sol en absence des nématodes. *Nematophthora gynophila* parasite les femelles d'*H. avenae*, baisse leur reproduction (Kerry et al., 1982) et empêche la formation des kystes (Ciancio et al., 2002).

7 .2.3.3.2 Endoparasites facultatifs

Ce sont des champignons capables de proliférer dans la rhizosphère même en absence des nématodes hôtes. Leurs filaments pénètrent dans les œufs en perforant la coque puis détruisent les embryons. Ils s'attaquent aussi bien aux œufs du genre *Meloidogyne* qu'à ceux du genre *Heterodera* (Cayrol et al., 1992). Près de 150 espèces de champignons colonisent les femelles, les kystes et les œufs de 8 espèces de nématodes à kystes (Kerry, 1988). Ces derniers peuvent être infectés à différents stades de leurs cycles de vie (Dackman et Nordbring-Hertz, 1985).

Verticillium chlamydosporium est un hyphomycète qui parasite aussi bien les œufs que les femelles de la rhizosphère et provoque la réduction de leur fécondité (Kerry et al., 1982 ; Dackman et Nordbrin-Hertz, 1985). Il est considéré comme étant le principal ennemi naturel d'*Heterodera* (Sayre, 1986 et Lopez et al., 2002).

Paecilomyces lilacinus se caractérise par des filaments qui percent la coque de l'œuf grâce à des enzymes appropriées, pénètrent à l'intérieur et parasitent l'embryon (Lopez-Llorca et al., 2002).

Fusarium oxysporum et *Acremonium strictum* sont les principaux parasites des œufs d'*Heterodera schachtii* nématode à kyste de la betterave en Californie (Dackman et Nordbring-Hertz, 1985). Chez les nématodes à kyste du soja, *Heterodera glycines*, 61 espèces de champignons sont isolées et identifiées à partir de différents stades du nématode, avec une dominance de l'espèce *Fusarium solani* chez les kystes, *Fusarium oxysporum* chez les femelles blanches et *Paecilomyces lilacinus* chez les œufs (Chen et Chen, 2002). Mensi et al. (2011) ont isolé l'espèce *Pochonia chlamydosporia* et 11 autres genres fongiques tels que, *Aspergillus* sp.,

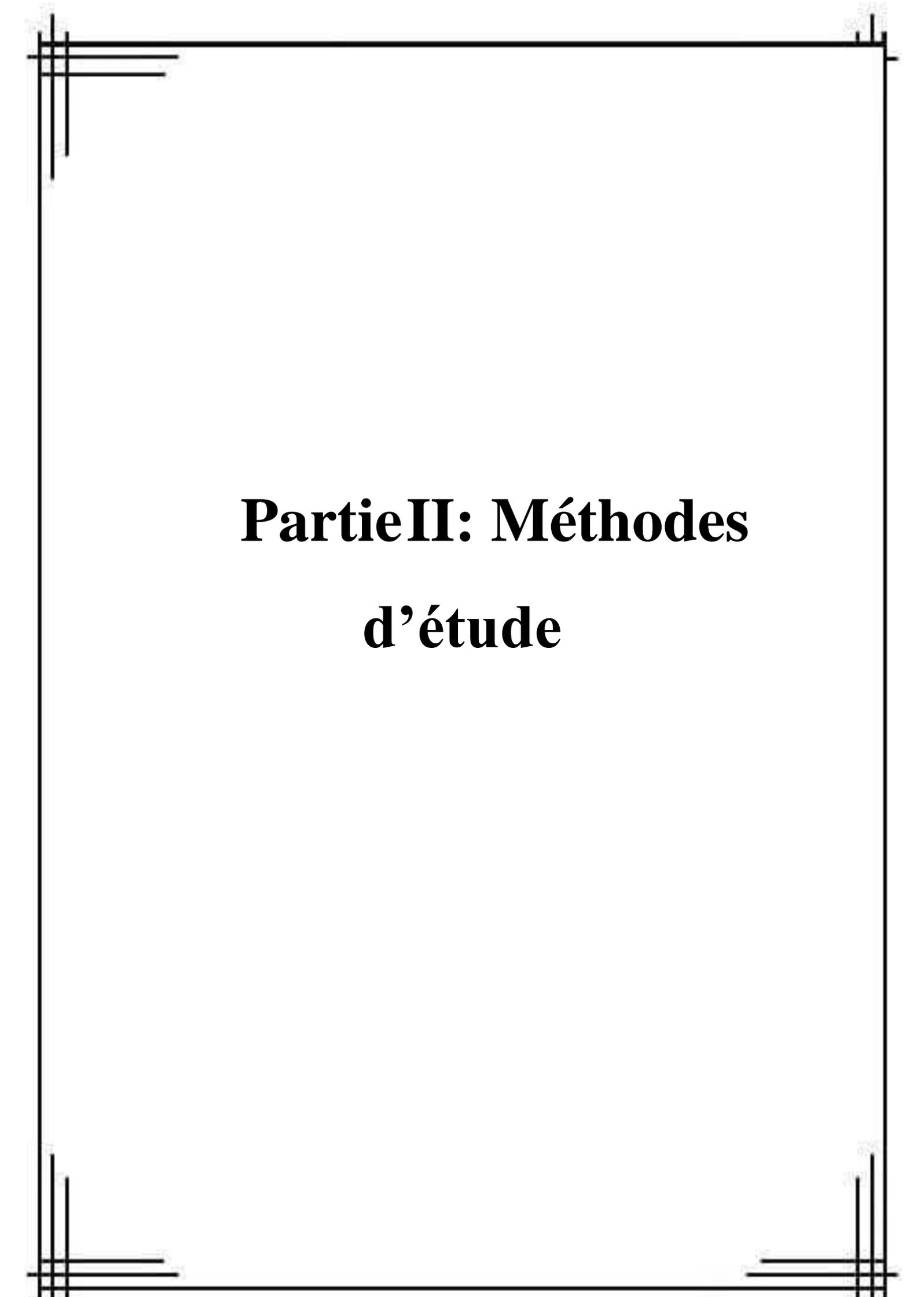
Fusarium sp., *Periconia* sp., *Rhizopus* sp. et *Alternaria* sp., qui sont associés à *H. avenae* dans différentes régions de la Tunisie.

7 .2.4 Lutte intégrée

Comme aucun moyen de lutte ne permet un contrôle adéquat et durable des populations dans le sol lorsqu'il est appliqué seul, la combinaison de plusieurs méthodes à la fois devient impérative. Les 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).

De telles méthodes permettraient de réduire ou de maintenir les densités de nématodes dans le sol en dessous des seuils de nuisibilité (Holgado et al., 2006 et Hildalgo-diaz et Kerry, 2008).



Partie II: Méthodes d'étude

Partie II: Méthodes d'étude

Chapitre1 : présentation de la région d'étude

1. Présentation de la région d'étude : Wilaya de Bordj Bou Arreridj

Nous avons effectués des questionnaires auprès des agriculteurs céréaliers au niveau de la wilaya de Bordj Bou Arreridj afin de s'enquêter sur la présence ou l'absence du nématode à kyste des céréales dans la région d'étude.

Nous avons porté notre choix sur les 3 communes de : Medjana, Bordj Bou Arreridj et El Hamadia (figure 2). C'est à cet effet que nous présentons le cadre de notre étude qui correspond à la wilaya de Bordj Bou Arreridj.

1.1 Situation géographique

La wilaya de Bordj Bou Arreridj se trouve dans les hauts plateaux de l'Est Algérien, à 230 km d'Alger et à 200 km de Constantine et sur une altitude de 906 m par rapport au niveau de la mer. Elle s'étend sur une superficie de 3 920,42 Km², et limitée (Figure 1):

- Au Nord par la wilaya de Bejaia
- À l'Est par la wilaya de Sétif
- À l'Ouest par la wilaya de Bouira
- Au sud par la wilaya de M'sila

Capitale d'El Bibane sur les hauts plateaux de l'Est du pays, la wilaya de Bordj Bou Arreridj se caractérise par une situation stratégique par sa position sur les trois importants axes routiers : l'autoroute Est-Ouest, la route nationale N°05 et la route nationale N°45. Elle ouvre une grande porte au nord, sur la wilaya de Bejaia et une autre sur le Grand Sud.

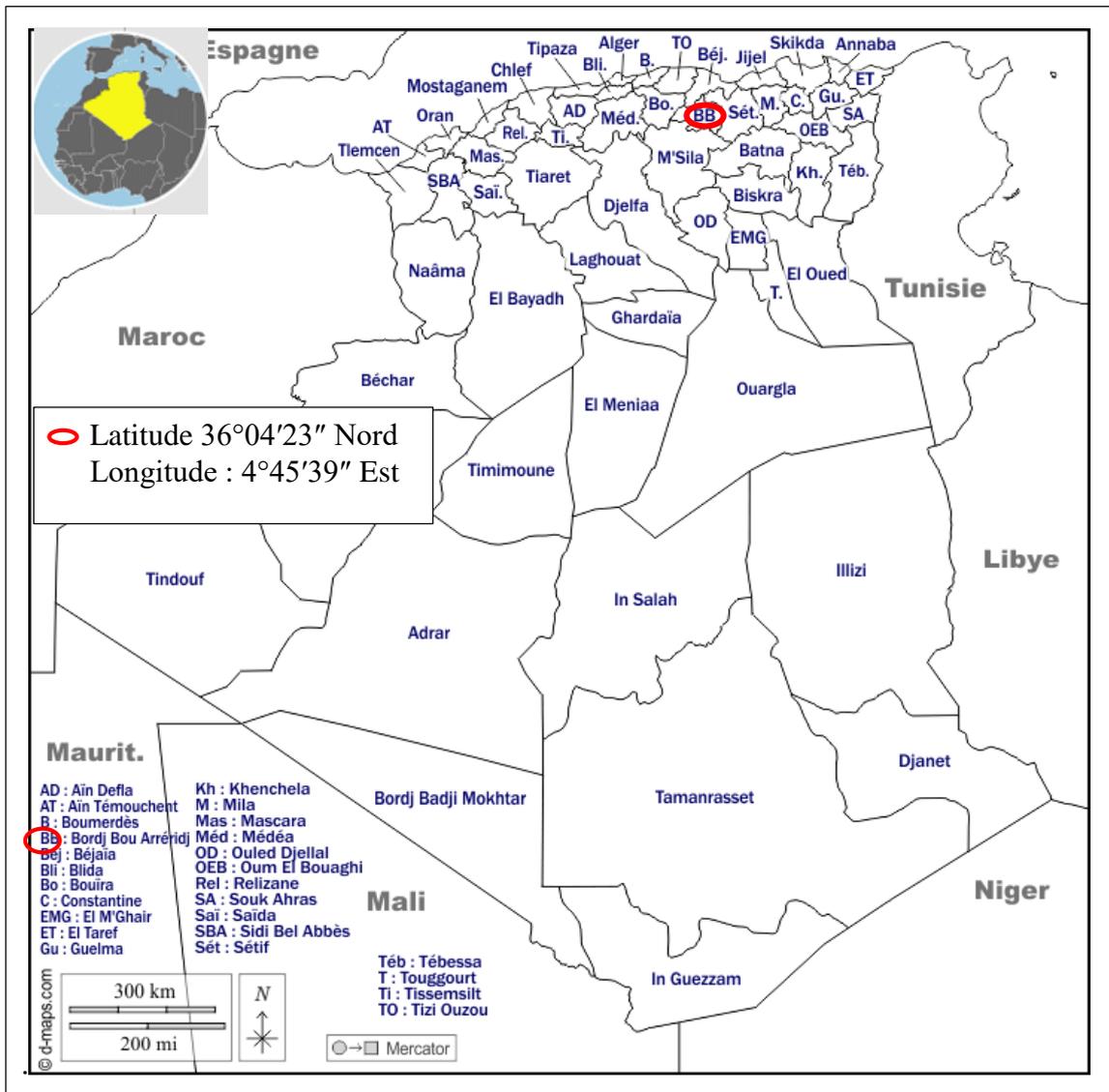


Figure 13 : Situation géographique et limites de la wilaya de Bordj Bou Arreridj

(Source : https://d-maps.com/m/africa/algeria/algerie_fr/algerie_fr22.gif)

1.2 Climat

Le climat est de type continental semi-aride aux hivers rigoureux très froid et aux étés secs et chauds. Cependant, il existe des contrastes pluviométriques liés à l'altitude entre les différentes régions de la wilaya alors que l'été connaît de hautes température allant à 40°C.

C'est au niveau des zones montagneuses que sont enregistrées les plus importantes précipitations (700 à 1 000 mm). Ailleurs, la pluviométrie est comprise entre 300 et 600 mm. (Anonyme, 2024).

La température maximale moyenne enregistrées durant la période allant de 2010 jusqu'à 2020 de la saison estivale est de l'ordre de : 33,8°C (tableau 1). Les températures minimales moyennes en hiver (décembre à février) sont d'environ 3,5°C (tableau 1), mais peuvent parfois descendre en dessous de 0°C (Baldy, 1992). Ainsi, les précipitations sont concentrées principalement en automne et en hiver, avec une moyenne annuelle d'environ 400 millimètres.

Les mois les plus pluvieux de la période qui s'étale de 2010 jusqu'à 2020 sont Septembre, Avril et Mai avec la moyenne mensuelle la plus élevée est celle enregistrée durant le mois de septembre, soit 50,2 mm. Tandis que les mois les plus secs sont juillet et août avec respectivement des moyennes mensuelles de l'ordre de 11,4 mm et 16,0 mm .

Les gelées blanches sont fréquentes sur les hautes plaines qui constituent un facteur limitant de la production agricole. Pendant le mois le plus froid la moyenne minimum est voisine de 0°C. Les vents les plus fréquents sont d'origine Nord-Ouest pendant une plus grande partie de l'année, tandis que les vents venus du Sud (Sirocco) sont signalés en été (Anonyme, 2024)

Tableau 1 : Evolution de la température et de la pluviométrie mensuelle (2010-2020) dans la région de Bordj Bou Arreridj avec :

- **T.max** : la température maximale : moyenne mensuelle de la période 2010 – 2020
- **T. mi** : la température minimale : moyenne mensuelle de la période 2010 -2020
- **Moy** : la température moyenne de la période 2010-2020
- **P** : Moyenne mensuelle des précipitations de la période 2010-2020

Mois	J	F	M	A	M	Jui	J	A	S	O	N	D	Moyenne
T.max (°C)	11,2	12,4	16,0	19,6	25,1	31,3	35,5	34,6	28,4	22,1	15,0	11,8	21,91
T.mi (°C)	2,4	2,7	5,3	7,7	11,9	16,5	20,1	19,7	15,8	12,0	6,4	5,3	10,30
Moy (°C)	6,8	7,6	10,6	13,6	18,5	23,9	27,8	27,2	22,1	17,5	11,1	7,6	16,19
P (mm)	34,1	26,3	35,7	41,6	40,9	33,2	11,4	16,0	50,2	36,4	32,4	34,4	32,71

(Source : Station météorologique de Bordj Bou Arreridj)

1.3 Situation de la céréaliculture dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj

Les céréales sont l'activité agricole la plus importante de la wilaya de Bordj Bou Arreridj, qui possède de vastes terres agricoles mais rencontre des difficultés pour développer des techniques modernes et d'irrigation. Les investissements agricoles ont été recensés et des mesures ont été prises pour augmenter le rendement agricole, mais la région est dépendante des conditions climatiques pour l'irrigation. Les autorités locales montrent un intérêt accru pour le secteur, avec des plans d'urgence et des séminaires pour promouvoir les technologies modernes et améliorer la sécurité alimentaire. Cependant, la monoculture céréalière doit être évitée en diversifiant les cultures et en améliorant les techniques agricoles (DSA, 2023). La superficie agricole totale (S.A.T) de la wilaya de Bordj Bou Arreridj couvre 245 754 ha, La superficie agricole utile (S.A.U) est de 186 600 ha soit 75,93% des terres agricoles.

Les trois principales cultures céréalières (Blé dur, Blé tendre et l'Orge) occupent une superficie totale de 70 078 ha en 2022 et qui représente plus de 34,5% de la superficie agricole utile en 2022 (Tableau 2).

Tableau 2 : La superficie emblavée par les céréalicultures dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj entre 2018 et 2022. (Insérer u tableau et écrire les valeurs)

Année	Blé dur (ha)	Blé tendre (ha)	Orge (ha)
2018	59097	6183	12120
2019	59235	5645	14395
2020	57700	5730	14300
2021	52739	4560	14336
2022	53093	5309	11676

(Source : Direction des services agricole de Bordj Bou Arreridj, 2023)

La figure 3 présente la production des trois espèces de céréales (Blé dur, Blé tendre et Orge) dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj entre 2018 et 2022. Le Blé dur vient en premier rang avec une production qui varie entre 10 000 tonnes en 2021 à 80 000 tonnes en 2019. Tandis que, la production du Blé tendre n'a pas dépassé les 10 000 tonnes durant cette période. La culture de l'Orge a atteint son maximum en 2019 avec plus de 20 000 tonnes.

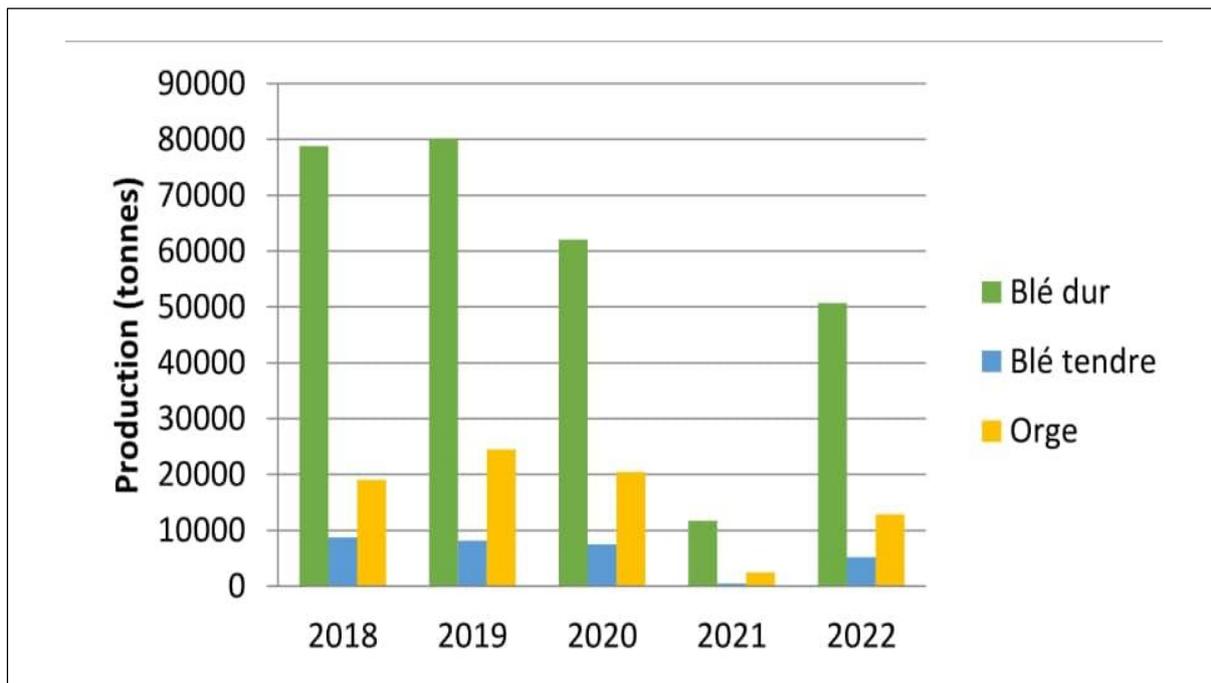


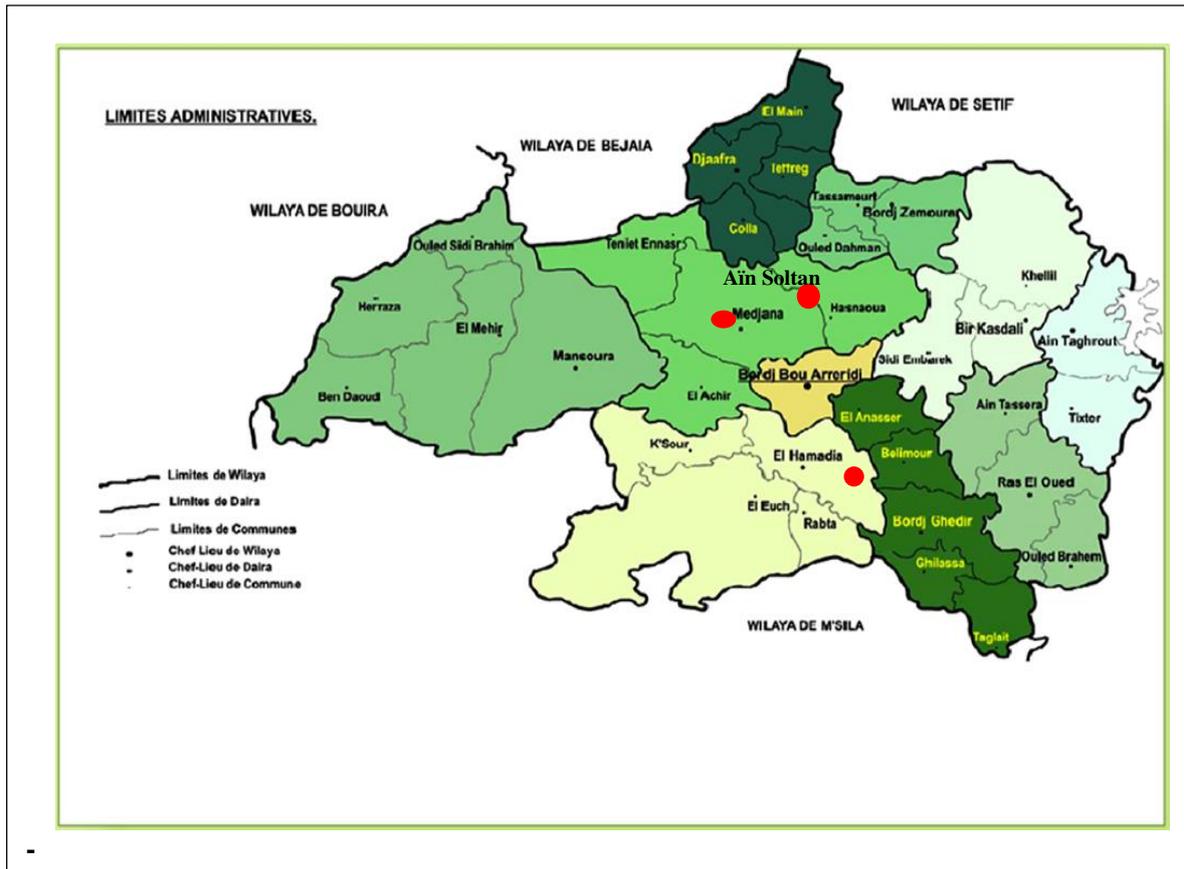
Figure 14 : Evolution de la production des 3 principales espèces de céréales dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj (en tonnes) entre 2018 et 2022.

2. Méthodes de travail

2.1 Choix de la région

La région d'étude est répartie en 3 zones comme suit (figure 2 ci-dessus) :

- La commune de Medjena (Daïra de Medjena)
- La commune d'Aïn Soltan (Daïra de Medjena)
- La commune d'El Hamadia (Daïra d'El Hamadia)



- **Figure 15:** Localisation des régions d'étude dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj
(Source : <https://interieur.gov.dz/Monographie/2022>)

Les exploitations agricoles enquêtées ont été choisies en fonction des critères suivants

:

- Zones céréalières : Les exploitations ont été sélectionnées dans des zones où la culture céréalière constitue l'activité agricole dominante.
- Disponibilité des agriculteurs : Nous avons tenu compte de la disponibilité des agriculteurs à participer à l'enquête.
- Accord des agriculteurs : Les agriculteurs sélectionnés étaient ceux qui ont donné leur accord pour participer à l'enquête.

13 agriculteurs ont été enquêtés au total, à raison de : 6 agriculteurs dans la commune d'El Hamadia, 3 agriculteurs de la commune de Medjana et 4 autres agriculteurs dans la commune d'Aïn Soltan.



Figure 16: Photo d'exploitation céréalière à la de fin mars (commune de Medjana)
(Originale, 2024)

2.2 Elaboration d'un questionnaire d'enquête

L'approche suivie a été basée sur un questionnaire adapté aux données que nous cherchons à collecter afin de recueillir le maximum d'informations (Voir annexe 1).

Les volets adoptés dans le questionnaire représentent les critères connus pour avoir impact sur la multiplication des nématodes à kyste.

2.3 Traitement statistique

Les informations recueillies pour chaque paramètre étudié dans l'enquête sont traitées statistiquement afin d'analyser les données et les discuter.

Chapitre 2 : La Fiche d'enquête utilisée dans la collecte des données

Fiche d'enquête sur les nématodes à kyste *Heterodera* des céréales

Date :

Enquête n° :

1. Identification de l'exploitation :

- ◇ Agriculteur : (nom et prénom).....
- ◇ Commune : Région
- ◇ Superficie totale de l'exploitation :

2. Niveau de technicité de l'agriculteur :

- ◇ Pas de formation
- ◇ Agriculteur qualifié
- ◇ Technicien
- ◇ Ingénieur Agronome

3. Surfaces de l'exploitation

- ◇ Surface totale :
- ◇ Surface réservée aux céréales :
.....
- ◇ Autres cultures :
.....
- ◇ Surface réservée à chaque culture :
.....
.....
.....

4. Quel type de labour pratiquez-vous?

Labour profond : Labour superficiel : Nombre de labours superficiels :

Date de labour :
.....
.

5. Céréales et variétés cultivées :

.....
.....
.....

6. L'origine des semences :

.....

7. Pratiquez-vous la jachère ?

8. Pour combien du temps ? (ou dites comment ?).....

9. Comment pratiquez-vous la fertilisation?

◇ Fertilisations minérales :

- Type : - Période de pratique :
- Type : - Période de pratique :
- Type : - Période de pratique :
- Type : - Période de pratique :

◇ Fertilisation organique :

- Type : - Période de pratique :
- Type : - Période de pratique :
- Type : - Période de pratique :

10. L'irrigation : Oui / Non

- ◇ Mode d'irrigation : - Pivot - localisé - autre :
- ◇ A Quelle fréquence irriguez- vous?

11. Pratiquez-vous le désherbage ?

- ◇ Nom du produit :
- ◇ Période de pratique de désherbage :

12. Quelles sont les maladies ou les insectes nuisibles fréquents chez-vous ?

◇ Fongiques

.....
.....

◇ Insectes ravageurs

.....

◇ Acariens.

◇ Nématodes

Autres :

13. Lutte contre ces maladies et insectes (ravageurs) ?

- ◇ Produit :
maladie/ravageur :.....
Période de pratique :
- ◇ Produit : maladie/ravageur :
- Période de pratique :
- ◇ Produit :..... maladie/ ravageur :
.....
Période de pratique :

14. Connaissez-vous les nématodes à kyste :

- ◇ Connaissez-vous les Nématodes à kystes ?

◇ Comment vous les appelez ?

.....

◇ Connaissez-vous les symptômes de ces nématodes ?

• Sur feuilles

◇ Vos agriculteurs voisins souffrent –ils de ce problème ?

12. Avez-vous réalisé une analyse nématologique : Oui Non

◇ Date d'analyse ?.....

13. Traitements utilisés contre les nématodes :

-Lutte préventive

Rotation culturale

Monoculture

Polyculture

Jachère

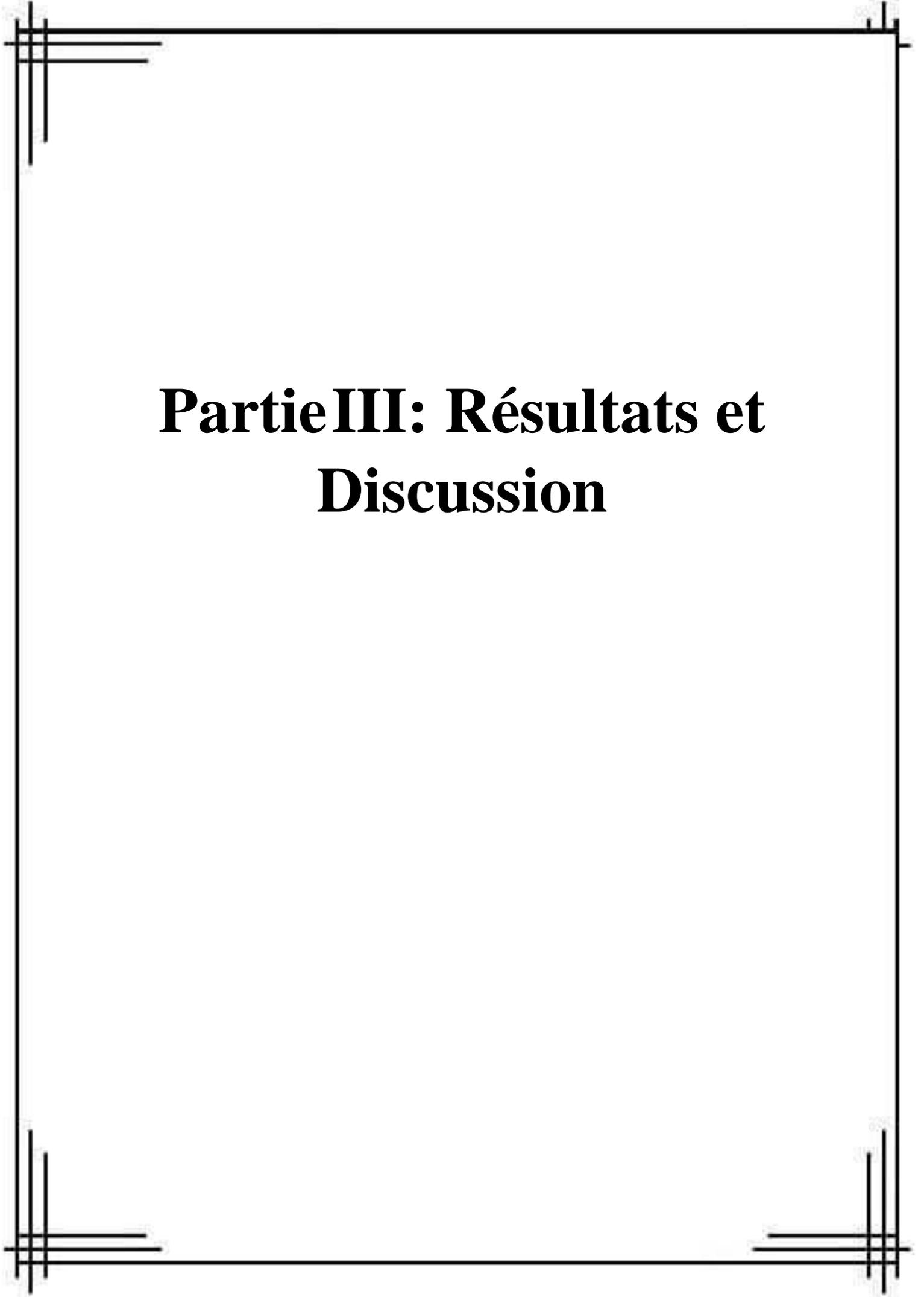
Labour d'été

◇ Désinfection du sol avant culture Oui Non

◇ Nématicide utilisé : Matière active :

.....

Dose : Mode d'application :



Partie III: Résultats et Discussion

partie III: Résultats et Discussion :

1. Résultats

1.1 Niveau de formation de des agriculteurs

Le graphique présente le niveau de technicité des agriculteurs enquêtés. Les résultats indiquent que la majorité des agriculteurs n'ont aucune formation avec un taux de 69,2 % , les agriculteurs qualifiés représentent 30,80 % ,

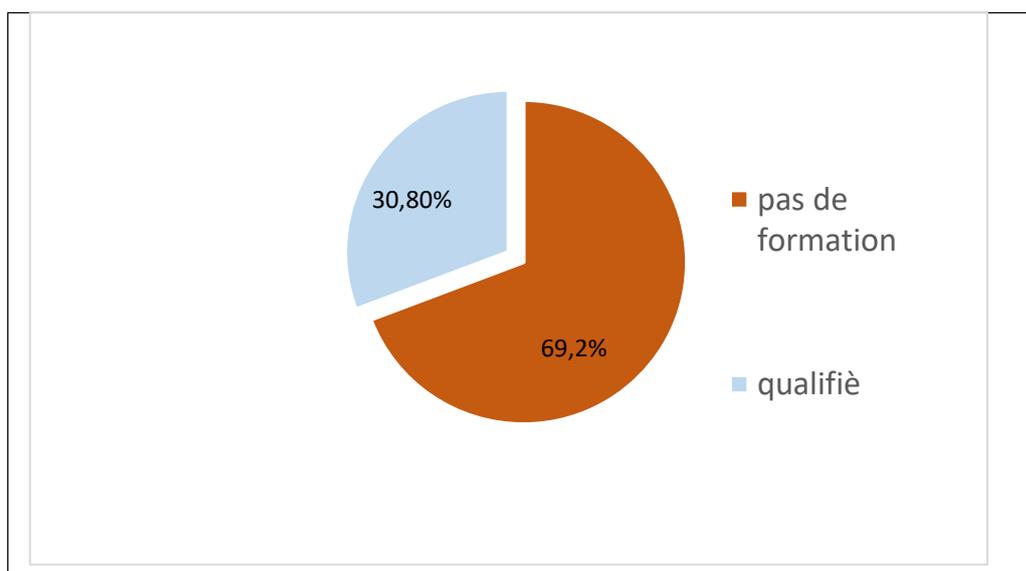


Figure17: Diagramme représentant le niveau de formation des agriculteurs enquêtés

1.2 Répartition de la surface de l'exploitation

Les exploitations enquêtées sont à vocation céréalière. D'après les résultats obtenus, 61,5 % des agriculteurs cultivent le Blé dur seulement.

D'autres cultivent deux espèces simultanément à savoir le Blé dur et l'Orge, avec un pourcentage de 15,3%. Il existe d'autres qui cultivent le Blé dur avec Blé tendre avec un pourcentage de 7,6%.

En outre, l'étude a révélé que 15,3% des agriculteurs cultivent les trois espèces en même temps : Blé dur, Blé tendre et Orge.

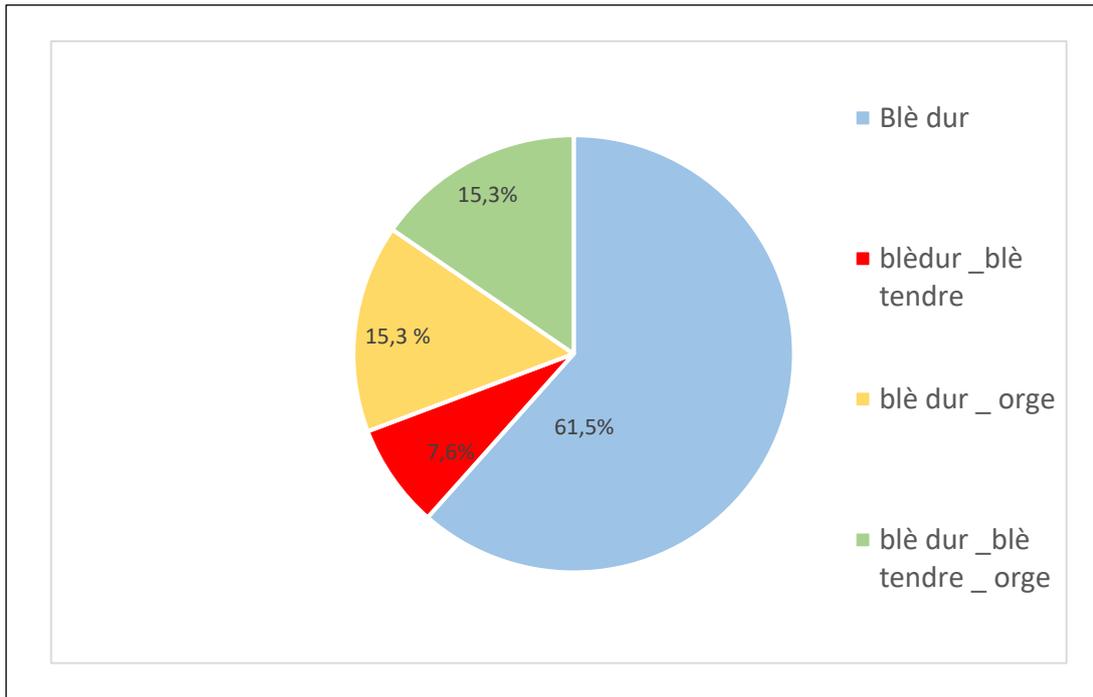


Figure 18: Diagramme représentant la répartition de la surface des exploitations enquêtées

1.3 Le type de labour pratiqué

La majorité des agriculteurs pratiquent un labour profond avec un pourcentage de 77%. Le labour superficiel est pratiqué par 23% des agriculteurs enquêtés.

D'après Les résultats obtenus, tous les agriculteurs commencent le labour en mois d'Octobre. Dans certaines années, le labour peut être pratiqué en mois de Mars.

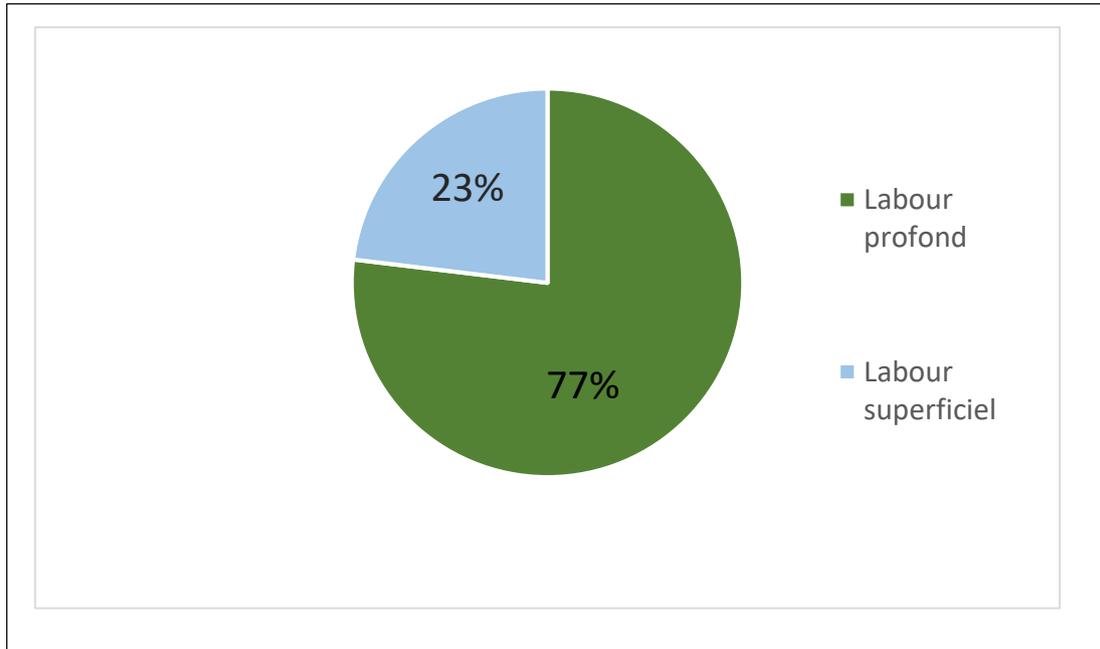


Figure19: Diagramme représentant le type de labour pratiqué

1.4 Espèces utilisées par les agriculteurs

Les résultats indiquent que le Blé dur est l'espèce la plus cultivée, représentant 67% des cultures, suivi par l'Orge avec 22% et le Blé tendre avec 11%.

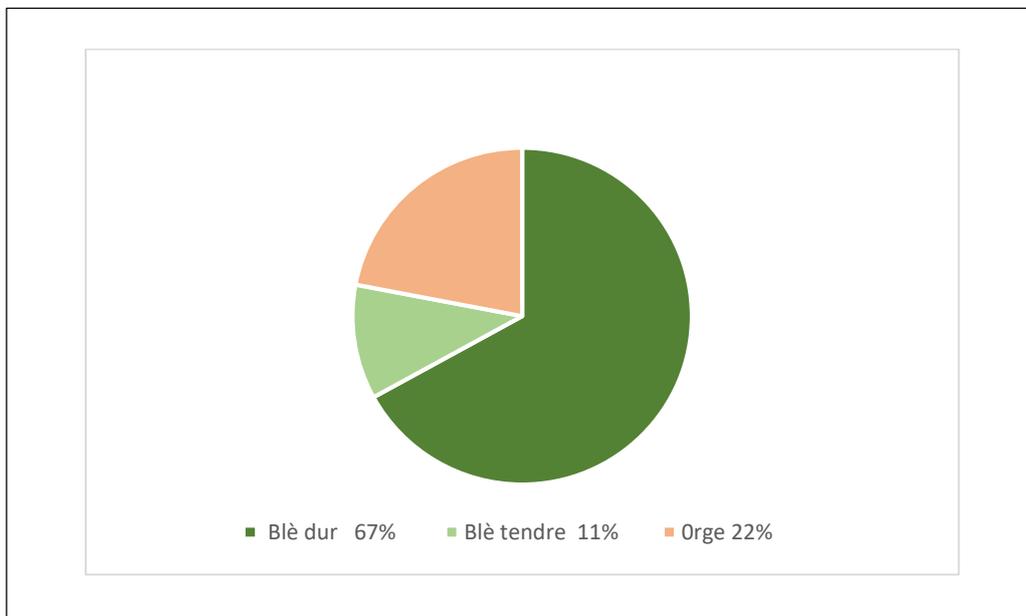


Figure 20: Diagramme représentant les espèces utilisées par les agriculteurs

1.5 Le choix variétal :

Le diagramme présente les variétés de Blé dur cultivées par les agriculteurs enquêtés. Les résultats indiquent que la variété Bousselam vient en premier rang avec un pourcentage de 61,5%, suivie par la variété Mohamed Ben Bachir et la variété Waha avec respectivement les pourcentages de 23,1 % et 15,4%.

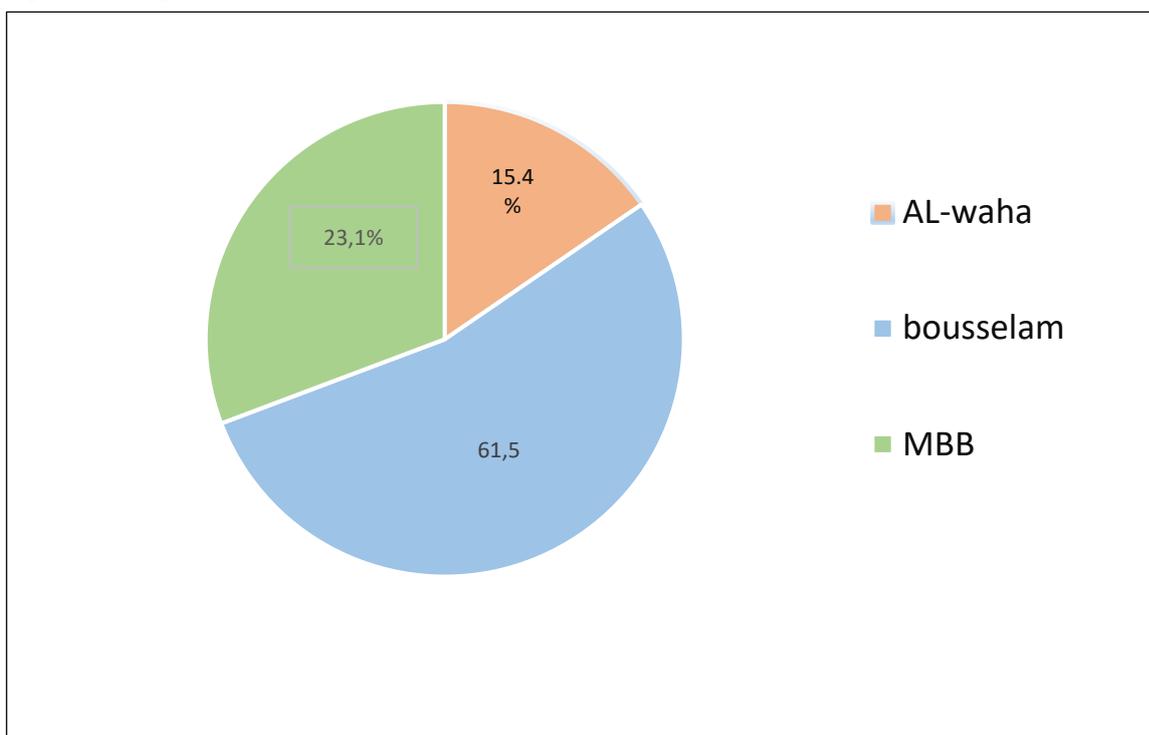


Figure 21: Diagramme représentant les variétés de Blé dur les plus cultivées par les agriculteurs enquêtés

1.6 L'application de la fertilisation

La fertilisation minérale est pratiquée par tous les agriculteurs enquêtés, mais nous n'avons recueillis aucune information sur le mode et le temps de son application ainsi que sur les marques d'engrais utilisés. Nous ne disposons d'aucune information sur l'utilisation de la fertilisation organique.



Figure 22: Diagramme représentant le taux de l'utilisation de la fertilisation par les agriculteurs

1.7 Le mode d'irrigation

L'irrigation localisée est la plus utilisée par les agriculteurs par un pourcentage de 53,8 %. Cependant, 30,7% des agriculteurs préfèrent l'irrigation par pivot et 30,7 utilisent d'autres modes d'irrigation.

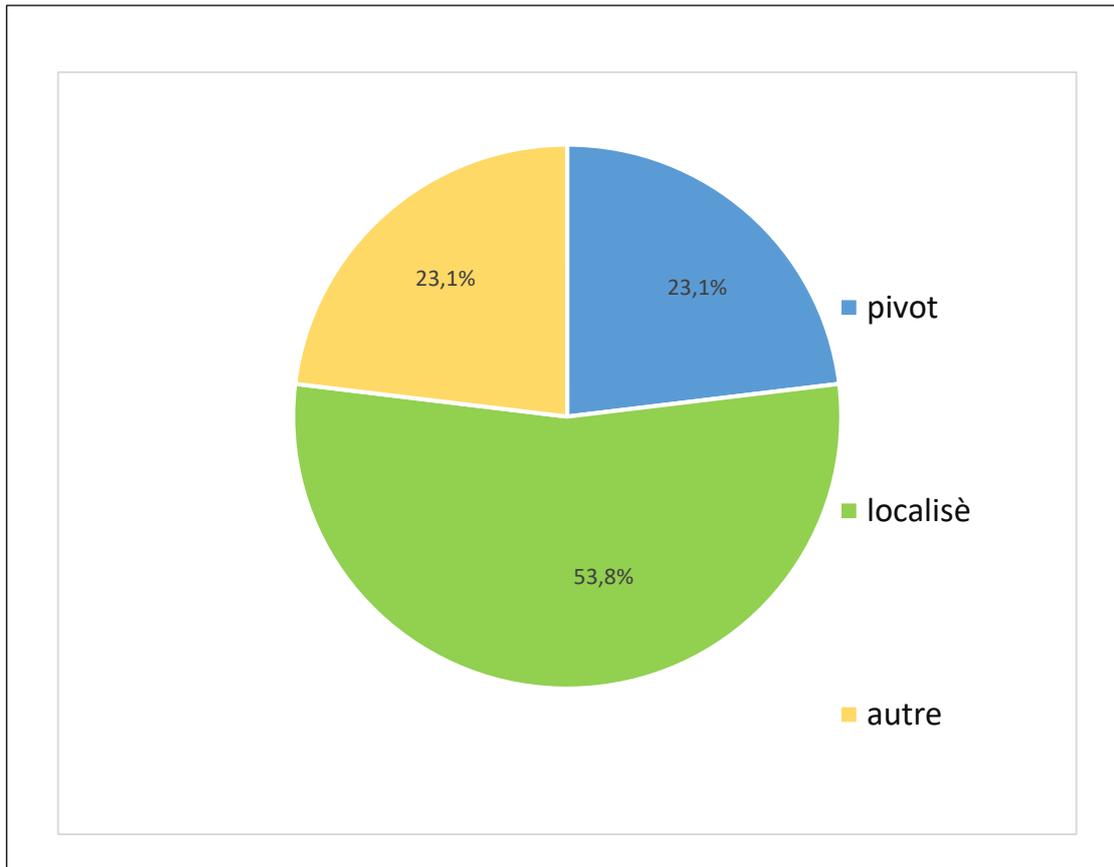


Figure23: Diagramme représentant le mode d'irrigation utilisé par les agriculteurs

1.8 La pratique de désherbage

100% des agriculteurs enquêtés pratiquent le désherbage chimique. D'après le questionnaire, le désherbage est appliqué au stade plantule de la mauvaise herbe.

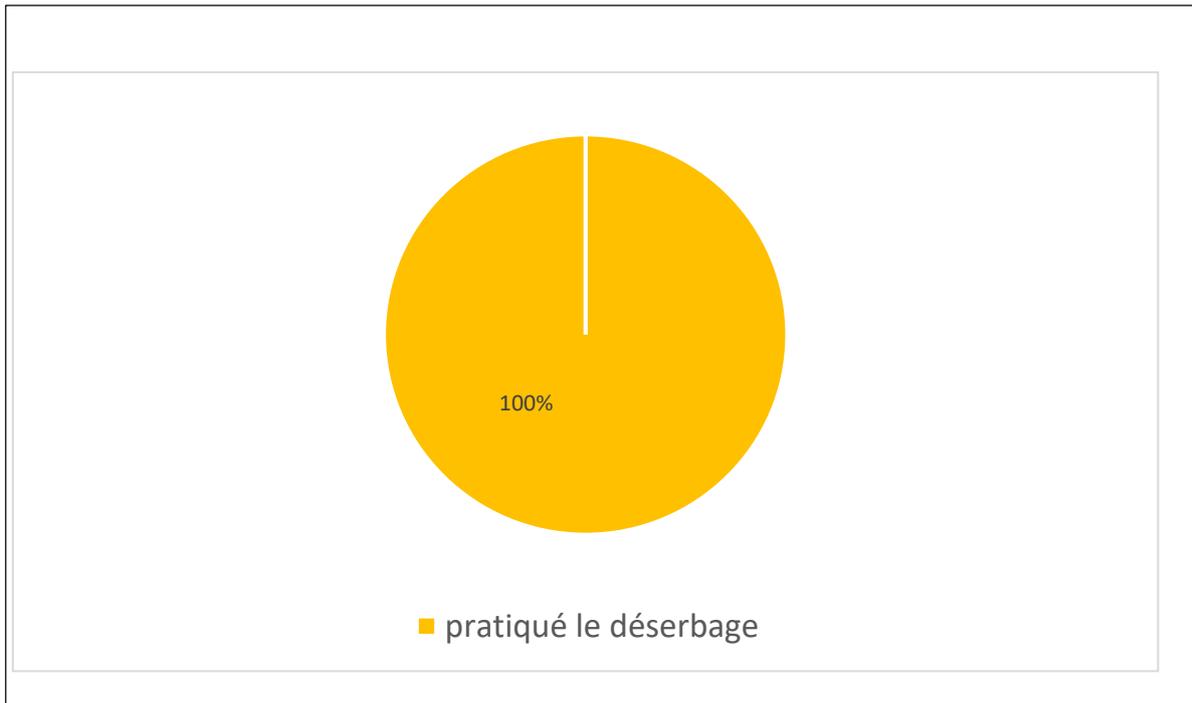


Figure 24 : Diagramme représentant le taux du pratique de désherbage chimique par les agriculteurs

1.9 La connaissance des nématodes à kyste des céréales

Les agriculteurs qui ne connaissent pas les nématodes représentent 84,7%. Tandis que, les agriculteurs qui connaissent les nématodes *Heterodera* et leurs symptômes représentent 15,3%. Il s'agit de l'agriculteur qui a une formation d'ingénieur agronome.

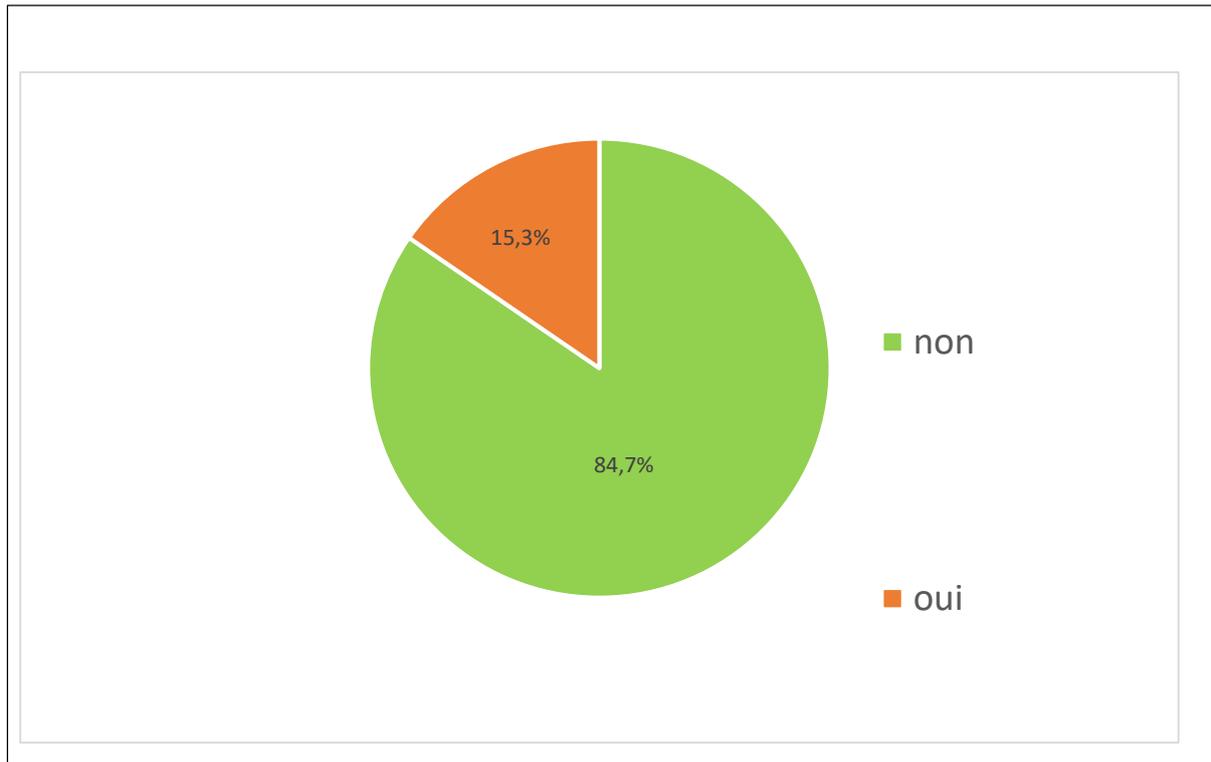


Figure 25: Diagramme représentant la connaissance des nématodes par les agriculteurs

1.10 L'origine des semences

Nous n'avons pas pu collecter des données concernant l'origine des semences utilisées par les agriculteurs enquêtés, s'il s'agit de leurs propres semences, ou qu'elles proviennent de l'état ou d'autres agriculteurs voisins.

1.11 Présence des maladies et ravageurs

Les agriculteurs enquêtés ne possèdent pas des données concernant l'historique des maladies et des ravageurs nuisibles fréquents chez eux.

2. Discussion

2.1 Niveau de formation des agriculteurs

Le manque de formation chez la plupart des agriculteurs justifie leur méconnaissance des nématodes à kyste des céréales dont les symptômes sont confondus avec d'autres maladies et stress abiotiques. Ce qui explique les mauvaises pratiques par les agriculteurs qui favorisent la multiplication des nématodes.

Selon Assia et *al.* (2019), les nématodes à kyste *Heterodera spp.* sont des parasites qui constituent une vraie menace sur la céréaliculture, surtout là où ils sont inconnus des agriculteurs. La connaissance approfondie des taux d'infestations des parcelles céréalières et l'étude de la distribution du complexe *Heterodera avenae* sont nécessaires à une bonne gestion phytosanitaire.

2.2 La monoculture, la rotation et la jachère

Puisque la superficie cultivée est entièrement constituée de céréales, les agriculteurs seront confrontés aux problèmes d'augmentation du pourcentage de larve L2 dans le sol (Shneider, 1965), ce qui conduit à leur développement en kystes. Le manque de la pratique de la rotation des cultures et de la jachère conduit aussi à l'augmentation des populations dans le sol.

Pour des raisons de sauvegarde environnementale et de coût, il n'existe plus de protection par des traitements nématicides. La seule voie possible pour maintenir les populations d' *H. avenae* en dessous d'un seuil d'apparition des dégâts est d'utiliser des rotations suffisamment longues et comprenant des plantes non-hôtes et ou des variétés résistantes (Chabert et *al.* 2012).

Une rotation de cultures incluant le maïs, la jachère le blé et l'orge résistante peut réduire considérablement la densité de nématodes. Cependant, les pertes de rendement peuvent aussi devenir très importantes dans les rotations de 2 années incluant une céréale et une jachère mais aussi dans les rotations de 3 années composées de blé d'hiver, céréales de printemps, et une culture non hôte ou une jachère. (Smiley et Yan, 2010). Selon Smaha (2002), une rotation basée sur la culture de pois chiche après une céréale a permis de diminuer les effectifs d' *H. avenae*. Cependant, l'application de la rotation reste difficile pour des raisons économiques évidentes (Caubel et *al.*, 1980).

La rotation des cultures peut aider à diminuer les populations de nématodes dans les champs, mais les résultats varient selon les espèces de nématodes. Le nématode des lésions racinaires a plusieurs hôtes, la rotation des cultures pose donc des défis. Les nématodes à kyste de la pomme de terre ont peu d'hôtes (pommes de terre, tomates, aubergines, espèces de solanacées sauvages), la rotation des cultures avec des cultures qui ne sont pas hôtes comme les céréales et les fourrages représentent une approche pratique pour diminuer les populations dans le sol (Anonyme, 2021).

L'étude de Villenave et *al.* (2022) a montré qu'une rotation de cultures induit une diminution de l'abondance absolue des nématodes phytophages de 47 %.

La pratique de la jachère consiste à priver les nématodes de leurs plantes hôtes (graminées) pendant une ou plusieurs années ce qui aboutit à la diminution de la densité de leurs populations (Reddy, 1983).

Dans le cas du sol de jachère, les attaques de nématodes provoquent la réaction de stimulation du développement racinaire, mais ces racines ne sont pas détruites car la diversité spécifique du peuplement nématologique atténuerait son effet pathogène. Dans ce cas, la croissance de la plante est stimulée dans la mesure où elle dispose d'un système racinaire plus développé. Cependant, le temps de jachère nécessaire pour obtenir ce peuplement de nématodes non pathogènes est extrêmement long: plus de 15 ans, une période d'immobilisation totalement incompatible avec les besoins actuels des populations en produits agricoles (Bois et *al.*, 2000).

2.3 Le labour

Le labour pendant les périodes sèches permet de détruire les densités de nématodes grâce à leur exposition à la chaleur (TAYLOR, 1968) Donc la pratique de labour très important pour diminué le taux des nemathode a kyste sur les parcelles

2.4 La fertilisation

Les engrais minéraux sont connus depuis longtemps pour baisser les populations de nématodes phytoparasites. Ils représentent un outil potentiel dans les programmes de gestion des populations de nématodes (Coyne et *al.*, 2004). Certains amendements azotés organiques et inorganiques ajoutés aux sols pour améliorer sa fertilité et augmenter les rendements des cultures, sont aussi connus pour leur effet nématicide, notamment les engrais minéraux qui libèrent l'azote d'ammoniaque ayant un effet régulateur des populations de nématodes dans le

sol (Rodriguez-Kabana, 1986). L'étude de Bois et *al.* (2000) sur les nématodes phytoparasites du sol et des racines sous quatre niveaux de fertilisation minérale en culture de niébé a montré que l'utilisation de la fumure minérale a fait baisser la pression des nématodes sur les cultures.

L'apport de fertilisants minéraux sous forme de microéléments baisse significativement les populations d'*H. filipjevi* dans le sol et améliore le rendement des céréales (Seifi et Bide, 2013). La fertilisation du sol à l'engrais composé NPK (Nitrogène Phosphore Potassium) réduit le nombre des kystes d'*H. avenae* sur le système racinaire et augmente le poids sec des plants de blé infestés. Cet effet bénéfique devient plus important lors de l'application combinée de l'urée et du nématicide dit Fénamiphos qui augmente nettement la croissance des plants infestés (Al-Hazmi et Dawabah, 2014).

Les engrais verts de certaines cultures telles que la moutarde ou le colza, sont utilisés comme biofumigants afin de diminuer le nombre de certains nuisibles telluriques des plantes dont les nématodes phytoparasites. Les produits toxiques générés lors de la dégradation des tissus verts de ces cultures, sont parfois capables de réduire la densité des nématodes dans le sol (Smiley et Yan, 2010)

2.5 La pratique d'irrigation

terme « irrigation » a été défini comme : l'application d'eau complémentaire à celle fournie directement par les précipitations naturelles pour la production agricole L'irrigation est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux cultivés pour en augmenter la production, et permettre leur développement normal en cas de déficit d'eau induit par un déficit pluviométrique, un drainage excessif ou une baisse de nappe, en particulier dans les zones arides. Et On peut distinguer plusieurs techniques d'irrigation (univ-bba .dz)

l'irrigation localisée permet de laisser dans certains cas les adventices entre les rangs: elles y sont moins nombreuses qu'en irrigation par pivot et concurrencent moins directement la culture. Elle permet également de diminuer dans certains cas les phénomènes de ruissellement et d'érosion.

La plupart des agriculteurs utilisent l'irrigation locale, ce qui réduit la transmission des nématodes par l'eau, ce qui contribue davantage à réduire la gravité des complexes de nématodes que l'irrigation par pivot.

2.6 Origine des semences et choix variétal

La qualité des semences et le choix variétal peuvent diminuer l'impact des nématodes sur les plantes. Des semences saines et certifiées assurent une bonne récolte et contribuent indirectement à diminuer les dégâts causés par les nématodes. D'un côté, l'origine des semences renseigne sur l'origine d'une contamination par les nématodes à kyste et permet d'éviter la contamination d'autres régions.

D'un autre côté, les nématodes phytoparasites accélère l'effet négatif du stress hydrique sur les plantes, très fréquent sous les conditions climatiques de la région étudiée de Bordj Bou Arreridj caractérisée par la déficience et l'irrégularité des précipitations. En se nourrissant des racines, les nématodes réduisent l'absorption d'eau et de nutriments par la plante, réduisant ainsi sa tolérance à des stress tels que la sécheresse (Singh et *al.*, 2015).

Pour des raisons économiques et environnementales, la résistance variétale est actuellement la voie la plus intéressante pour lutter contre les nématodes à kystes des céréales. Cet intérêt a été démontré lors de la protection du blé dur en France avec l'utilisation des orges résistantes qui ont assuré l'assainissement des sols après seulement deux années de culture (Rivoal et Bourdon, 2005). L'utilisation des cultivars résistants nécessite une identification préalable des différentes espèces nuisibles impliquées dans les dégâts (Mokabli et *al.*, 2001 et Akart et *al.*, 2009). Aussi 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 précaution (Rivoal et *al.*, 1983)

L'utilisation de la variété dominante Bousselam semble être un mauvais choix pour lutter contre les nématodes des céréales. Mehalaine (2016), dans son expérience au laboratoire sur la virulence d'*Heterodera avenae* sur 04 variétés de Blé dur à savoir : Chen's, Bousselam, Oued znati et Vitron, a trouvé que les composantes de rendement des 4 variétés ont été affectées suite à une comparaison avec les plants témoins. L'étude a révélé l'effet négatif de ce parasite sur les premiers stades de la croissance de la plante du Blé dur, en diminuant le nombre des épis et la largeur et la longueur des plants infestés chez les 4 variétés. Les résultats obtenus ont montré aussi que sous les conditions naturelles Vitron est la variété la plus résistante tandis qu'Oued Znati est la plus sensible. Donc la variété Bousselam s'avère un hôte favorable à la multiplication du nématode à kyste des céréales *Heterodera avenae*.

En plus, l'étude de Labdelli et *al.* (2017) sur le comportement des variétés céréalières vis-à-vis d' *Heterodera avenae*: Ofanto, Waha et Vitron pour le Blé dur, Anza et HD1220 pour le Blé tendre et Saida et Acsad pour l'Orge a montré que toutes ces variétés sont un hôte favorable au développement du nématode *Heterodera avenae*. Donc toutes les céréales testées sont classées par l'échelle établis par Valocka de fortement sensible à très fortement sensible.

2.6 Le désherbage

Le désherbage mécanique ou chimique diminue l'effet compétitif des mauvaises herbes vis-à-vis de la plante cultivée et détruit les espèces de graminées qui peuvent être un hôte potentiel pour les nématodes à kyste. Plus l'application est précoce, plus l'efficacité du désherbage est élevée. Il est recommandé de détruire les mauvaises herbes lorsqu'elles sont au stade plantule (ITGC, 2015). Les nématodes à kystes des céréales constituent le groupe de parasites le plus étudié chez les céréales, notamment le Blé et l'Orge (Sikora, 1987 et Cook et Noel, 2002). Ce sont des parasites sédentaires ayant une gamme d'hôtes limitée aux graminées (Stone et Hill, 1982 ; Nicol et *al.*, 2003 ; Rivoal et *al.*, 2003 et Dababat et *al.*, 2011). La destruction des mauvaises herbes et des résidus de cultures céréalières précédentes est indispensable car celles-ci constituent des hôtes potentiels pouvant maintenir les densités dommageables (Rivoal et Nicol, 2009).

2.7 La connaissance des nématodes à kyste et la lutte contre les autres ennemis des céréales

La méconnaissance des nématodes à kyste et des autres ravageurs et maladies les plus fréquents chez les céréales par les agriculteurs constituent un frein pour tout développement de la première spéculation agricole dans les trois zones étudiées. De nombreux auteurs ont montré l'importance d' *Heterodera avenae* qui est largement distribué dans le monde et cause des dégâts aux différentes céréales à paille ainsi qu'au maïs (Rajvanshi et Sharma, 2007). En Algérie, les études de Lounis (1992), Ferhaoui (1993), Labdelli (1995), Meziani (1996), Haddadi (1997), Smaha (1998), Mokabli et *al.* (2001), Mokabli (2002), Ouniaghi (2004), Hamroun (2006), Ouddene (2010), Belfadel (2011) et plus récemment Smadhi et *al.* (2015) ont montré l'existence de l'espèce *H. avenae* dans la plupart des régions prospectées y compris dans la wilaya de Bordj Bou arreridj. Les rendements produits par les agriculteurs de la wilaya

peuvent être expliqués par l'ignorance des agriculteurs et l'absence de données au niveau des administrations spécialisées.

Il est très important d'ajouter que le parasitisme de ces nématodes peut être un point d'infection par autres maladies cryptogamiques des céréales ce qui complique la situation sanitaire de ces derniers.

conclusion

L'enquête menée sur les nématodes du genre *Heterodera* dans la région de Bordj Bou Arreridj nous a permis de déceler l'ignorance totale des agriculteurs de la région de ce nématode ainsi de connaître les causes susceptibles d'être responsable de sa propagation. En effet, nous avons décelé que :

- La majorité des agriculteurs n'ont pas acquis aucune formation agricole
- La plupart des agriculteurs ne pratiquent pas la rotation agricole.
- L'irrigation par aspersion (pivot) est appliquée dans 30,7% des parcelles enquêtées
- La variété Bousselam est la variété la plus utilisée par les agriculteurs avec un taux de 53.8%, et considérée comme une variété sensible au nématode à kyste du genre *Heterodera*.
- La totalité des exploitants enquêtés ne réalisent pas les analyses nématologiques.

Conséquemment, cette étude, nous a permis de déterminer les causes majeures qui participent au développement des nématodes *Heterodera* et leur dissémination à savoir l'absence ou l'inefficacité de la vulgarisation agricole, le manque de formation chez les agriculteurs et le mode de conduite de la culture qui est le plus souvent inadéquat.

Or, il est intéressant que les différents établissements d'enseignement, les directions de services agricoles, les instituts techniques comme l'INPV organisent des journées techniques au profit des agriculteurs afin de les sensibiliser sur ce problème qui risque de prendre de l'ampleur à l'avenir.

Il est indispensable de faire des rotations longues plus de 5 ans et de choisir de variétés résistantes à ces parasites et penser à d'autre mode d'irrigation tel que l'irrigation de goutte à goutte pour augmenter la production.

Il est judicieux de multiplier les prospections dans les différentes communes de cette wilaya afin de récolter les informations nécessaires sur ces parasites et leur distribution géographique. Ainsi, des échantillonnages du sol et des analyses nématologiques sont nécessaires pour approfondir notre étude et concevoir la stratégie de lutte la plus adéquate.

En conclusion, ces données pourraient constituer des éléments de base pour mieux protéger et prévenir la culture de céréale contre ces parasites de quarantaine dans notre région et sur tout le territoire national.

Références Bibliographique:

- **Al-Hazmi A. S., Al-Yahya F. A. , and Abdul-Razig A. T.1999:** Damage and Reproduction Potentials of *Heterodera avenae* on Wheat under Outdoor Conditions Supplement to the Journal of Nematology, 1999, 31(4S):662–666.
- **Al-Hazmi A.S., et Dawabah, 2014:** Effect of urea and certain NPK fertilizers on the cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*) on wheat. Saudi J Biol Sci. 2014 Apr;21(2):191-6.
- **Ammar. M ., 2014 :** Organisation de la chaîne logistique dans la filière céréale en Algérie. Etat des lieux et perspectives. mémoire de fin d'étude. pp11.
- **Anonyme 2022 :** Forum de Pertuis sur la céréaliculture. Disponible sur futuribles: <https://theconversation.com/les-impacts-de-laguerre-en-ukraine-sur-les-marches-agricoles-et-la-securite-alimentaire-178628>
- **Anonyme (A) 2024:** Djazagro : Le salon professionnel de la production agroalimentaire. Edition, 2024.
- **Anonyme (B) 2024:** Direction du Tourisme et de l'Industrie Traditionnelle, Bordj Bou Arreridj (مؤهلات الولاية) : fichier Word disponible sur le site de la direction (<https://bordj-bou-arreridj.mta.gov.dz>)
- **Anonyme 2012 :** Reconnaître au champ Les nématodes (*Heterodera avenae* et *Pratylenchus* spp.) PERSPECTIVES AGRICOLES - N° 395. 51p.
- **Anonyme 2021:** Le nématicide VelumMD dans le cadre d'un programme de lutte intégrée contre le nématode dans les pommes de terre. Disponible sur : <https://www.cropscience.bayer.ca/fr-ca/articles/2021/velum-prime-usage-in-potatoes-best-practices>
- **Bois J.F., Cadet P., Plenchette C.H et Dupannois R., 2000.** Impact des nématodes phytoparasites de la zone soudano-sahélienne du Sénégal sur la croissance du mil en conditions contrôlées. Étud. Gestion Sols, 7(4), 271-278.
- **CAUBEL G., PERSSON F. et RIVOAL R., 1980 :** Les nématodes dans les rotations céréalières. Persp. agric ., (36) : 31-48.
- **Dababat A.A, Paryar S., Nicol J., et Duveiller E., (2011) :** cereal cyst nematode. CGIAR SP : Technical Innovation.

- **HOLGADO R., ANDERSSON S. and MAGNUSSON C., 2006**: Management of cereal cyst nematodes *Heterodera* spp. in Norway. Comm. Appl. Biol. Sci. 71 (3a):7
- **Labdelli, F. M. Adamou-Djerbaoui, K. Oulbachir, Allel A. 2017** : behavior of cereal's varieties in the presence of heterodera avenae woll (heteroderidae, tylenchida) cyst nematode in tiaret area (algeria). J Fundam Appl Sci. 2017, 9(3), 1378-1394.
- **MADR 2019**: Statistique agricole : SUPERFICIES ET PRODUCTIONS, série B. disponible sur: <https://madr.gov.dz/wp-content/uploads/2022/04/SERIE-B-2019.pdf>
- **Meagher J.W. 1970**: Seasonal fluctuations in numbers of larvae of the cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*) and of *Pratylenchus minyus* and *Tylenchorhynchus brevidens* in soil. Nematologica, 16: 333-347.
- **Mehalaine K., 2016** : Bio-écologie d'*Heterodera avenae* inféodé aux céréales dans les régions de Souk Ahras, Guelma et Tebessa. Tests de virulence d'*Heterodera avenae* sur 04 variétés de blé dur. Mémoire de master. Ecole Nationale Supérieure Agronomique El Harrach-Alger.
- **MOKABLI A., 2002**. Biologie des nématodes à Kystes (*Heterodera*) des céréales en Algérie. Virulence de quelques populations à l'égard de diverses variétés et lignées de céréales. Thèse Doct., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 63 p.
- **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. Rev. Nematol. Medit., 29, pp. 103-108.
- **OUDDENE A., 2010** : Etude de l'état d'infestation de quelques parcelles par *Heterodera avenae* à Tiaret et du pouvoir de multiplication d'une population de ce nématode sur deux variétés de blé dur .Mémoire ing. Ecol. Nat. Sup. Agro. El- Harrach. 125 p.
- **Rajvanshi I. et Sharma G.L., 2007**: Eco-friendly management of phytonemtododes. First Edition: Oxford Book Company. Jaipur, India: 306 p.
- **Rammah, A., 1994**: Cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*) in Morocco. Arab and Near East Plant Protection Newsletter 19:40
- **REDDY P. P., 1983**: Plant nématology. Agric. Publish. Acad., India, 287p.287p.

- **RIVOAL R. et COOK, R., 1993.** : Nematode pests of cereals. In K. Evans, D. L. Trudgill and J. M. Webster (Eds.), Plant parasitic nematodes in temperate agriculture (pp. 259-303). U.K.: CAB International.
- **RIVOAL R. et SARR E., 1983.** : Considération sur l'emploi éventuel de nématodes endotherapiques ou à l'action de contact, appliqués à faibles doses pour lutter contre le nématode à Kyste des céréales *Heterodera avenae*, en France. Rev. Phytatrie- Phytopharm, (32), pp. 177-186.
- **Rivoal, R. et Bourdon P.** - Sélection du ray-grass d'Italie pour la résistance au nématode à kystes des céréales (*Heterodera avenae*). Fourrages. , 2005, 184: 557-566.
- **SCHNEIDER J., 1965.** Le nématode des racines des céréales. Phytoma, défense des cultures, pp. 17-21.
- **Seifi S et Bide A. K., 2013:** Effect of mineral fertilizers on cereal cyst nematode *Heterodera filipjevi* population and evaluation of wheat. World Applied Programming. Volume: 3. Issue 4 Pages: 137-141.
- **SHEPHERD A. M., CLARK S. A. et KEMPTON A., 1973.** Spermatogenesis and sperm ultrastructure in some cyst-nematodes *Heterodera spp.* Nematologica, V.19, Leiden, pp. 551-560.
- **Singh a, Bijendra Singh b, et Singh A.P. 2015:** Nematodes: A Threat to Sustainability of Agriculture. Procedia Environmental Sciences. Volume 29, 2015, Pages 215-216
- **Smadhi D, Zella L., Semiani M, Chabane A, & Fedjer Z. (2015)** : Evolution des cultures céréalières (1876-2011) en Algérie et perspective. 26.v
- **SMAHA D., 1998.** Etude de la biologie du nématode à kyste des céréales *Heterodera avenae* Wollenweber, 1924. Essai de comportement de 6 variétés de blé dur vis-à-vis de deux populations de ce parasite. Thèse Magister, Inst. Nat. Agro., El Harrach, 170 p. status research and outlook. Ed. CIMMYT, Ankara, Turkey, 242 p.
- **Smiley R.W., et Yan G., 2010:** Cereal cyst nematodes : biology and management in Pacific Northwest wheat, barley, and oat crops. Edition: [Corvallis, Or.] : Oregon State University, Extension Service ; [Pullman, Wash.] : Washington State University Extension ; [Moscow, Idaho] : University of Idaho Extension ; [Washington, D.C.] : U.S. Dept. of Agriculture
- **STONE A. R. et HILL A. J., 1982:** Some problems posed by the *Heterodera avenae* complex. EPPO Bulletin, 12: 317-320.

- **STONE A.R. 1977**: Reccent developpements and some problems in the taxonomy of Heterodera. Rev. Nematologica. V. 23, Leiden, pp. 273-288
- **TAYLOR A.L., 1968** : Introduction à la recherche sur les nematodes
- **Trudgill, J. M. Webster**, :Plant Parasitic Nematodes in Temperate Agriculture. Wallingford, UK: CAB International)
- **WOUTS W.M., 1998**: . Phylogenetic classification of the family Heteroderidae (Nematoda, Tylenchida.). Systematic parasitology. V. 7, Pays-Bas, pp.295-328.
- (Source : Espace pain info)**
- Aidani H . (2015)** : Effet des attaques de Capucin des grains sur les céréales stockées (Estimation sur la perte pondérale et le pouvoir germinatif cas de blé dur dans la région de Telmcen). 82.
- AKAR T., CALISKAN M., NICOL J.M., URANBEY S., SAHIN E Y.,AZAR S.,WILLIAM M. and BRAUN H.J., 2009** - Molecular characterization of Cereal Cyst Nematode diagnostic markers Cre1 and Cre3 in some winter wheat germplasm and their potential use against Heterodera filipjevi. Field Crops Research, 114: 320–323
- AL HAZMI A.S. and DAWABAH A.A.M., 2014** - Effect of urea and certain NPKfertilizers on the cereal cyst nematode (Heterodera avenae) on wheat. Saudi journal of biological science, 21 (2) 191-196
- Anderson, S., 1982**. Population dynamique and control of (Heterodera avenae). Nematode: note d'information N°. ACTA: 62p
- ANONYME, 2012**- Reconnaître au champ Les nématodes (Heterodera avenae et Pratylenchus spp.) PERSPECTIVES AGRICOLES - N° 395. 51p
- Assoko T, & Joel. (2022)**. L'Algérie veut compter sur son stock de sécurité.
- BANYER R. J. et FISCHER J.M., 1971**. Effect of temperature on hatching of eggs of heterodera avenae. Nematologica, 17 : 519-534.
- BEKAL S., GAUTHIER J. P. and RIVOAL R., 1997**- Genetic diversity among a complex of cereal cyst nematodes inferred from RFLP analysis of the ribosomal internal transcribed spacer region. Genome 40:479–486
- Bennasseur A. 2003** : Référentiel pour la conduite technique de la culture de blé dur (Triticum durum Desf.) : 24-38.

- Bonjean A, & Picard E . (1991).** Les céréales à paille - origine, histoire, économie, sélection .
- Boulal H., El Mourid M., Rezgui S., Zeghouane O. 2007 :** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Edition: ITGC, INRA Algérie et ICARDA : 176 p.
- Bozzini A. 1988:** Origin, distribution and production of durum wheat in the world. In Fabriani G.& Lintas C. (Ed). Durum: Chemistry and Technology. AACC (Minnesota). Etats-Unis : 1-16.
- BRIDGE J., COOKE R. and STARR J., 2002 -** Plant Resistance to parasitic nematodes. Ed. CAB International, Wallington, UK., 247p.
- Caubel et al., 1980),** alors qu'en Angleterre les diminutions de production peuvent atteindre 30 à 40% (Reddy, 1983). Selon Smiley et al. (1994), les pertes sont de 50% de la production aux Etats Unis, de 40 à 50% au Maroc (Rammah, 1994), 40 à 92% en Arabie saoudite (Ibrahim et al., 1999)
- CAUBEL G., PERSON D.F., et RIVOAL R. ,1980-** Les nématodes dans les rotations céréalières. Persp. agric., PARIS N° 36, PP 32 – 48.
- CHOPPIN DE JANVRY E., 1971.** Les nématodes des céréales. In: Les nématodes des cultures. Ed. A.C.T.A., Paris, pp. 273-291.
- CIC .(2022)**
- Clément J.M. 1981:** Dictionnaire Larousse Agricole. Librairie Larousse. ISBN 2-03- 514301-2: 1207p.
- COOK R. and NOEL G.R. 2002 -** Cyst nematodes: Globodera and Heterodera species. In: Plant resistance to parasitic nematodes. Ed. Starr J.L. Cook R. and Bridge J., CAB Int. Wallingford UK: 71-105
- COYNE D.L., NICOL J. M. et COLE B.C., 2004 -** Les nématodes des plantes: Un guide pratique des techniques de terrain et de laboratoire. Benin: 131-348.
- DABABAT AA, PARIYAR S, NICOL J, DUVEILLER E., 2011-**Cereal cyst nematode: an unnoticed threat to global cereal production. CGIAR SP-IPM Technical Innovation Brief 11
- DE GUIRAN G., 1983.** Les ennemis invisibles. Les nématodes. Ed. La littorale S. A., Béziers, 42P

Dhanapal, A. P. (2012). Evolutionary relationship of wheat Protein disulphide isomerase gene promoter sequence based on phylogenetic analysis. *American Journal of plant sciences*, 3(3).

-Ezzahiri B. 2001: Les maladies du blé : Identification, facteurs de développement et méthodes de lutte. *Bulletin de transfert et technologique en agriculture* N° 77: 4 pages

-FAO . (2021)

-FAO .(2023)

-FAO, 2001 : Céréales Situation de l'offre et de la demande.

-FAO. (2001)

Feillet P. 2000: Le grain de blé, composition et utilisation, INRA éditions : 308 p.

Gate P. (1995). Ecophysiologie du blé. Technique et documentation. Paris: Lavoisier.

-HADDADI F., MOKABLI A. et SMILEY R., 2013- Characterization of virulence reaction for *Heterodera avenae* population from two localities in Algeria. *Phytoparasitica*, vol. 41 Issue 4, pp 449-456.

-hatching of *Heterodera avenae* in Algeria. Proceeding of the first workshop of the

-Herve Y . (1979). Introduction à l'amélioration des Plantes. Rennes: Ecole nationale supérieure agronomique de Rennes.

HIDALGO-DIAZ L. and KERRY B. R., 2008 - Integration of biological control with other methods of nematode management. In: *Integrated Management and Biocontrol of Vegetable and Grain Crops*. Eds. Ciancio A. & Mukerji K. G., Springer Dordrecht The Netherlands: 29-49

-in temperate semi arid regions. Eds. Saxena M.C., Sikora R.A., Srivastava J.P., ICARDA, Syria: 46-48

-international cyst nematode initiative, 21-23 October 2009, Antalya, Turkey, 130-133

Kerry, B.R. 1988. Fungal parasites of cyst nematodes. *Agric. Ecosyst. Environ.* 24 : 293- 305

LACHENAUD P., 1977. Observations comparatives, in vitro du développement de 2 races d'*Heterodera avenae* sur plusieurs hôtes et à différentes températures. Mémoire de fin d'étude (DEA), INRA, Paris Grignon, 37p

-MADR. (2018)

-MADR.(2017)

-MEAGHER J.W., 1977 - Word dissemination of the cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*) and its potential as pathogen of wheat. *Journal of Nematology*. 9 (1) : 9 -13.

-MENSI I., KALLEL S. et NAMOUCHI KACHOURI N. 2011 Recherches sur des antagonistes naturels d'*Heterodera avenae* dans diverses conditions de cultures de blé dur, « *Triticum durum* », en Tunisie. *Nematol. medit.* (2011), 39: 141-149

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

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

-MOKABLI A., VALETTE S., GAUTIER J.R. et RIVOAL R., 2001. Influence of temperature on the hatch of *Heterodera avenae* Woll. populations from Algeria. *Nematology*, 3 (2), 171-178.

-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: 494–501.
RENCO M., 2005 - Current occurrence and distribution of *Heterodera avenae* in the Slovak Republic. *Plant Protect. Sci.* 41:80-85

-Moule C. (1997). Céréale. Dans Moule C, **CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES CÉRÉALES** Tome 1 (pp. 5-6). Paris: La maison Rustique.

-Moule C. (1997). Céréale. Dans Moule C, **CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES CÉRÉALES** Tome 1 (pp. 5-6). Paris: La maison Rustique.

-NICOL J.M., 2002 - Important nematode pests of cereals. In: *Bread wheat: Improvement and production*. Ed. Curtis B.C., Rajaram S., and Macpherson G., Plant

Ouared Rachida . (2016). Etude de la variabilité de doses d'apports d'azote aux stades :tallage et début floraison sur deux variétés de blé dur (Bousselam ,Simeto) dans les conditions agro-pédologiques de la région de Tiaret .
Moustaghenem

- Perthuis, C. d. (2022).** Récupéré sur futuribles:
<https://theconversation.com/les-impacts-de-laguerre-en-ukraine-sur-les-marches-agricoles-et-la-securite-alimentaire-178628>
- Pierre, F. (2000).** Le grain de blé composition et utilisation. paris: INRA.
Production and Protection Series, No.30. FAO, Roma: 345-366 95- NICOL J
- RAMMAH A., 1994-** Cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*) in Morocco. Arab and Near East Plant Protection Newsletter, 19:40.
- REDDY P. P., 1983.** Plant nématology. Agric. Publish. Acad., India, 287p.287p.
- 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
- 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.
- RIVOAL R. COOK, R., 1993.** Nematode pests of cereals. In K. Evans, D. L. Trudgill and J. M. Webster (Eds.), Plant parasitic nematodes in temperate agriculture (pp. 259-303).U. K.: CAB Internationa
- RIVOAL R. et BOURDON P., 2005 -** Sélection du ray-grass d'Italie pour larésistance au nématode à kyste des céréales (*Heterodera avenae*). Fourrages 184 : 557- 566
- RODRIGUEZ-KABANA R., 1986 -** Organic and inorganic nitrogen amendments to soil as nematode suppressants. Journal of Nematology. 18: 129-135
- ROMERO D., 1982.** Nuevos datos sobore la morfologica de *Heterodera avenae* en Espana. Rev. Nematol. Medit., N°18, pp.145-1
- ROMERO D., 1982.** Nuevos datos sobore la morfologica de *Heterodera avenae* en Espana. Rev. Nematol. Medit., N°18, pp. 145-149
- Sarwar et al . (2013).** The importance of cereals (Poaceae: Gramineae) nutrition in human health. Cereals and Oilseeds, 4, 32-35.
doi:10.5897/JCO12.023
- Science ET Technologie Des Céréales**

- SEIFI S. and BIDE A.K., 2013** - Effect of Mineral Fertilizers on Cereal Cyst Nematode *Heterodera filipjevi* Population and Evaluation of Wheat. *World Applied Programming*, 3 (4):137-141
- SHEPHERD A. M., CLARK S. A. et KEMPTON A., 1973**. Spermatogenesis and sperm ultrastructure in some cyst-nematodes *Heterodera* spp. *Nematologica*, V.19, Leiden, pp. 551-560.
- SIDDIQI A. et KHAN M.W., 1986**- Nematodes causing damage to wheat crops Libya. *International Nematologie Network- Newsletter* 3:23.
- SIKORA R. A., 1987** - Plant parasitic nematodes of wheat and barley in temperate -semi-arid region comparative analysis. In "Nematodes parasitic to cereal and legumes in temperate semi-arid regions. "Aleppo, pp. 46-68
- SIKORA R. A., 1987** - Plant parasitic nematodes of wheat and barley in temperate -semi-arid region comparative analysis. In "Nematodes parasitic to cereal and legumes in temperate semi-arid regions. "Aleppo, pp. 46-68
- SIKORA R. A., 1987** - Plant parasitic nematodes of wheat and barley in temperate semi-arid region – a comparative analysis. In: *Nematodes parasitic to cereal and legumes*
- Simon H., Codaccioni P., Lecœur X. 1989**: Produire des céréales à paille. Tec & Doc Lavoisier Ed., Paris: 333p.
- Smadhi D, Zella L., Semiani M, Chabane A, & Fedjer Z. (2015)**. Evolution des cultures céréalières (1876-2011) en Algérie et perspective. 26.
- SMAHA D., HARMOUN O. et MOKABLI A., 2009**- Soil temperature and
- 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
- 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
- STONE A. R. and HILL A. J., 1982**- Some problems posed by the *Heterodera avenae* complex. *Bulletin OEPP*, 12:317–320

-**STONE A.R. 1977.** Recent developpements and some problems in the taxonomy of Heterodera. Rev. Nematologica. V. 23, Leiden, pp. 273-288. Storms.Indian 1. Nematol., 18: 94-98

-**STRILING G.R., 1991.** Biological control of plant parasitic nematodes: progress, problems and prospects. CAB International, Wallingford, UK, 282 pp

-**univ-bba .dz** : <http://univ-bba.dz>

-**WHITEHEAD A.G., 1998.** Plant nematode control. (CAB International: Wallingford, UK). 384 p

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

Paramètres étudiés		Zones		
		Medjana	hammadia	Ain soltane
Niveau de technicité de l'agriculteur	Pas de formation	0	4	5
	Agriculteur qualifié	3	0	0
	Technicien	0	0	0
	Ingénieur agronome	0	1	0
Superficie de l'exploitation	Superficie	46 h	28 h	«30 h
Type de labour	Profond	3	5	3
	Superficiel	0	0	2
L'origine des semences	bousselam	3	2	3
	El waha	0	2	0
	MBB	0	1	2
La pratique du jachère	oui	3	0	5
	Non	0	5	0
La fertilisation	Oui	3	5	5
	non	0	0	0
La pratique du désherbage	Oui	3	5	5
	Non	0	0	0
Les maladies ou les insectes nuisibles fréquents	Aucune information			
La lutte contre les maladies et les insectes	Aucune information			

Connaissance des nématodes	oui	0	2	0
	Non	3	3	5
Traitement utilisé contre les nématodes	Aucune information			

Résumé:

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer la présence ou l'absence de nématode a kyste du genre *Heterodera* sur les parcelles de céréales. Ainsi, notre travail consiste à mener une enquête auprès des agriculteurs de la région de Bordj Bou Arreridj, en utilisant un questionnaire pour collecter des informations pertinentes. Les résultats obtenus révèlent que tous les agriculteurs ne connaissent pas ce nématode

المخلص:

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تقييم وجود أو عدم وجود الديدان الخيطية من جنس *Heterodera* على قطع الأراضي المخصصة للحبوب، وبالتالي، يتكون عملنا من إجراء مسح بين المزارعين في منطقة برج بوعريريج، باستخدام استبيان لجمع المعلومات ذات الصلة. وتكشف النتائج التي تم الحصول عليها أنه ليس كل المزارعين على علم بهذه الديدان الخيطية.

Abstract :

The main objective of this study is to evaluate the presence or absence of cyst nematode of the *Heterodera* genus on cereal plots. Thus, our work consists of conducting a survey among farmers in the region of Bordj Bou Arreridj, using a questionnaire to collect relevant information. The results obtained reveal that not all farmers are aware of this nematodes.