

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCE
DEPARTEMENT D'AGRONOMIE



DOMAINE : SNV
FILIERE : AGRONOMIE
OPTION : SCIENCE DU SOL ET
ENVIRONNEMENT

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Par : BENYETTOU Imane et MOHADI Ghania

Intitulé

Etude préliminaire de l'infestation par le
nématode à kyste des céréales dans la région
de M'sila. Cas des stations d'Oued Ksob et
Nouara.

Soutenu devant le jury compose de:

MADANI DJ.	Université de M'sila	MAA	Président
MERAH F.	Université de M'sila	MAA	Rapporteur
TELLACHE S.	Université de M'sila	MAA	Co-rapporteur
LALLOUCHE B.	Université de M'sila	MCB	Examinatrice

Année universitaire : 2019 /2020

Dédicace

Au nom d'ALLAH qui nous a accordé la santé, le courage, la patience et la volonté de faire ce travail.

À mon cher père, Nadir, qui a su m'encourager et me soutenir.

À ma chère maman, Dalila est aimante et encourageante depuis lors.

Grâce à qui j'ai pu atteindre ce niveau, qui a toujours été à mes côtés pour me soutenir dans les moments les plus difficiles, pour me conseiller, que Dieu leur donne longue vie et une bonne santé.

À mon frère : Hamza.

À ma sœurs : Hanane, Nabila, Salima, Afaf, Basma et Dounia, et la femme de mon frère Theldja.

Et Enfants: Houssam, Youssra, Bouchra, Ikrame, Khalil, Amin, Rassim Wassim, Chiraze, Anfal, Fatma zahra, Zwaoui, Abd elsamad, Hana.

A ma cher amie et binôme : Mohadi Ghania.

À toute la famille : Benyettou.

A tous mes enseignants.

A tous mes amis et mes collègues.

Un merci spécial à celui qui m'a apporté tout son soutien, Amin.

IMANE

Dédicace

Au nom d'ALLAH Je dédie ce modeste mémoire à mes parents la lumière de ma vie:

FATIMA et SALEM

Ce modeste travail soit le plus beau cadeau que je peux leur offrir après tant d'attente et de patience, Dieu prolonge leur vie et les préserve.

A mes frères : Omar, Ammar.

A mes sœurs: Saadia, Djamila, Amra, Mbarka, Afaf.

Et Enfants: Fatima zahra, Khaoula, Am, Abd elhay, Abd ellah, Aya, Mouataz belallah, Abd elali, Yaakoub, Abd elraouf, Abd elrahim.

A ma cher amie et binôme : Benyettou Imane.

A tous mes enseignants.

A tous mes amis et mes collègues.

GHANIA

Remerciements :

Nous tenons à remercier notre dieu, le tout puissant, de nous avoir donné la sante et la volonté pour compléter ce modeste travail.

*Nous tenons à remercier notre promoteur, Madame **MERAH Fatiha**, pour sa disponibilité, son orientation et son soutien moral tout au long de notre travail.*

Nos profondes gratitudes vont aux membres du jury de l'honneur qu'ils nous ont fait d'évaluer ce travail de fin d'études.

Tous nos infinis remerciements vont à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation durant notre cursus universitaire.

Nos remerciements les plus chaleureux vont à nos chers parents pour leurs encouragements, leur patience et leur grand soutien durant toutes ces années d'études.

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

ملخص :

أظهرت الاستطلاعات التي أجريت من طرف حيران ورحموني 2017 في عدد من المحطات بمنطقة المسيلة وهي الخمايس والسلمان وأولاد ماضي وأخرى بسطيف وهي ITGC وعين تريك أن 60% من القطع الأرضية المستصلحة مصابة بالديدان الخيطية ذات الأكياس الخاصة بالحبوب *Heterodera sp.* بمعدلات إصابة متغيرة تتراوح من 161.66 كيس / كجم من التربة في الخمايس إلى 1 كيس / كجم من التربة في ITGC بسطيف.

لكن نتائج حملاوي وسعيدة لعام 2019 سجلت معدل إصابة 75% بنسب متفاوتة تتراوح من 0 كيس / كجم من التربة في محطة أولاد عدي لقبالة إلى 25.66 كيس / كجم تربة بمحطة نوارا.

كشفت الدراسة الشكلية للأكياس عن وجود عدة أنواع تنتمي إلى مجموعة *Heterodera avenae* وهي *H. latipons* و *H.*

Filipjevi و *H. hordecalis* و *Heterodera bifenestra* موزعة على مناطق الدراسة الأربعة إما في خليط أو معزولة وهذا

يتعلق بعمل Hirane و Rahmouni 2017. بينما يكشف عمل حملاوي وسعيد، 2019 عن وجود الأنواع التالية *Heterodera*

bifenestra و *Heterodera filipjevi* بواد القصب ونوارا و *Cactodera* في منطقة واد القصب و *Heterodera crucifera* في محطة نوارا.

هذا العمل يجب الاستمرار فيه وهذه النتائج يجب تأكيدها في السنوات القادمة.

كلمات مفاتيح: الديدان الخيطية ذات الأكياس *Heterodera* التربة، الحبوب

Summary : The surveys carried out by Hirane and Rahmouni (2017) in a few stations in the M'sila region, namely Khmaisse, Selmane and Oulade Madi and others in the Sétif region which are ITGC and Ain Trick, showed that 60% plots are infested with the cereal cyst nematode *Heterodera sp.* with variable infestation rates ranging from 161.66 cysts / kg of soil in the Khmaisse station to 1 cyst / Kg of soil in the ITGC station of Sétif.

However the results of Hamlaoui and Saïde, 2019 reported an infestation rate of 75% with variable rates going from 0 cysts / kg of soil in the station of Ouled Adi Lagbala to 25.66 Cysts / Kg of soil in the station of Nouara. .

The morphometric study of the cysts revealed the existence of several species belonging to the *Heterodera avenae* group, namely *H. latipons*; *H. filipjevi*; *H. bifenestra*; *H. hordecalis*, distributed over the four study regions either in mixture or isolated, this concerns the work of Hirane and Rahmouni, 2017. While the work of Hamlaoui and Saïde, 2019 reveals the presence of the following species *Heterodera bifenestra*; *Heterodera filipjevi* in the station of Oued Ksob, Nouara and M'tarfa; *Cactodera* located in the region of Oued Ksob and *Heterodera crucifera* in the station of Nouara. This work and these results should be continued and confirmed in the years to come.

Keywords: Cyst nematodes, Soil, *Heterodera*, cereals

Résumé : Les prospections de Hirane et Rahmouni, 2017, menées dans quelques stations de la région de M'sila à savoir khmaisse, Selmane et Oulade Madi et d'autres dans la région de Sétif qui sont ITGC et Ain Trick ont montré que 60% des parcelles sont infestées par le nématode à kystes des céréales *Heterodera sp.* avec des taux d'infestation variables allant de 161,66 kystes / kg de sol dans la station de Khmaisse à 1kyste/ Kg de sol dans la station de l'ITGC de Sétif. Cependant les résultats de Hamlaoui et Saïde, 2019 ont signalé un taux d'infestation de 75% avec des taux variables passant de 0 kystes / kg de sol dans la station de Ouled Adi Lagbala à 25.66 Kystes/ Kg de sol dans la station de Nouara.

L'étude morphométrique des kystes a révélé l'existence de plusieurs espèces appartenant au groupe *Heterodera avenae* à savoir *H. latipons* ; *H. filipjevi* ; *H. bifenestra* ; *H. hordecalis*, réparties sur les quatre régions d'étude soit en mélange soit isolée, ceci concerne les travaux de Hirane et Rahmouni, 2017. Alors que les travaux de Hamlaoui et Saïde, 2019 dévoilent la présence des espèces suivantes *Heterodera bifenestra* ; *Heterodera filipjevi* dans la station d'Oued Ksob, de Nouara et de M'tarfa ; *Cactodera* localisées dans la région d'Oued Ksob et *Heterodera crucifera* dans la station de Nouara. Ces travaux et ces résultats devront être poursuivis et confirmés dans les années à venir.

Mots clé : Nématodes, Kyste, Sol, *Heterodera*, céréales

TABLE DES MATIÈRES

Table des matières	6
Liste des tableaux	10
Liste des figures.....	11
Liste des abréviations	12
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	14
CHAPITRE I : Généralité sur les céréales	17
I. Généralité sur les céréales (blé dur)	17
I.1. Classification de la plante hôte :.....	17
I.2. Importance de la céréaliculture :	17
I.2.1. Dans le monde :	17
I.2.2. En Algérie :.....	18
I.3. Répartition géographique :.....	18
I.3.1. Dans le monde :	18
I.3.2. En Algérie :.....	18
Figure 1:.....	19
II. Morphologie	20
II.1. Système aérien :	20
II.1.1. Tige :.....	20
II.1.2. Feuille :	20
II.1.3. L'épi :	20
II.1.4. Fruit :	20
II.2. Système racinaire :	20
III. Cycle de développement.....	21
III.1. Période végétative :	21
III.1.1. Phase germination-levée :.....	21
III.1.2. Phase levée-tallage :	22
III.1.3. Phase plein tallage-début montaison :	22
III.2. Période de reproduction :	22
III.2.1. Phase de la montaison :	22
III.2.2. Phase de l'épiaison :	22
III.3. Période de maturation :	22

III.3.1.	Phase multiplication :	23
III.3.2.	La phase de la maturation du grain :	23
IV.	Les principales maladies et parasites des céréales.....	23
IV.1.	Les maladies :	23
IV.2.	Les ravageurs :	24
CHAPITRE II : GÉNÉRALITÉ SUR LE NÉMATODE À KYSTE DES CÉRÉALES.....		27
I.	Généralité sur le nématode à kyste des céréales.....	27
I.1.	Position systématique :	27
I.2.	Répartition géographique :	28
I.2.1.	Dans le monde :	28
I.2.2.	En Algérie :	28
I.3.	Importance économique d' <i>Heterodera sp</i> :	29
II.	Morphologie.....	29
II.1.	Les larves :	31
II.2.	Le mâle :	31
II.3.	La femelle :	31
II.4.	Le kyste :	31
II.5.	Les œufs :	32
III.	Critères d'identification.....	32
IV.	Morphologie du cône vulvaire.....	32
IV.1.	Le bullae :	32
IV.2.	Le pont vulvaire :	32
IV.3.	Le sous-pont :	33
IV.4.	Les fenestrae :	33
IV.5.	La vulve et l'anus :	33
V.	Cycle de développement.....	33
VI.	Les Symptômes.....	34
VI.1.	En plein champ :	35
VI.2.	Sur les feuilles :	35
VI.3.	Sur les Racines :	35
VII.	Les facteurs de développement d' <i>H. avenae</i>	36
VII.1.	Les facteurs abiotiques :	36
VII.1.1.	Facteurs climatiques :	36
a)	L'humidité :	36
b)	La température :	36

VII.1.2. Facteurs édaphiques :.....	37
a) Type de sol :.....	37
b) La porosité :.....	37
c) L'oxygène :.....	37
d) Le PH :.....	37
e) La salinité :.....	37
f) Les exsudats racinaires :.....	38
g) La fertilisation :.....	38
VII.2. Les facteurs biotiques :.....	38
a) La plante hôte :.....	38
b) La matière organique :.....	38
VII.3. Les facteurs de dissémination :.....	38
VIII. Méthodes de lutte.....	38
VIII.1. Lutte préventive :.....	39
VIII.2. La lutte culturale :.....	39
VIII.2.1. La rotation culturale :.....	39
VIII.2.2. Les variétés résistantes :.....	39
VIII.2.3. Jachère :.....	40
VIII.2.4. Labours :.....	40
VIII.2.5. Fumure et amendements (fertilisants) :.....	40
VIII.2.6. Dates de plantation :.....	40
VIII.2.7. Désherbage et nettoyage :.....	40
VIII.3. La lutte chimique :.....	40
VIII.4. La lutte biologique :.....	41
VIII.5. Lutte intégrée :.....	41
CHAPITRE III : LE CADRE PHYSIQUE.....	43
I. Localisation géographique de la zone d'étude.....	43
II. Caractéristiques physiques de la région d'étude.....	43
II.1. La pédologie :.....	43
II.2. Hydrologie :.....	45
II.3. La géologie :.....	46
II.4. La végétation :.....	47
III. L'étude climatique :.....	47
III.1. La pluviométrie :.....	48
III.2. Température :.....	49

IV. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN :.....	51
V. Le Quotient pluviothermique ou climagramme d'Emberger	53
V.1. Quotient pluviothermique :.....	53
V.2. Pour la station de M'Sila :.....	54
CONCLUSION GENERALE	57
Conclusion générale	58
references bibliographiques.....	60
Références bibliographiques.	61

Liste des tableaux

TABLEAU 1 : LOCALISATION DES DEUX STATIONS.....	43
TABLEAU 2 : LES CARACTERISTIQUES DE LA STATION METEOROLOGIQUE DE M'SILA	47
TABLEAU 3 : ALTITUDE DES STATIONS D'ETUDE PAR RAPPORT A LA STATION METEOROLOGIQUE DE M'SILA.....	48
TABLEAU 4 : MOYENNE MENSUELLES ET MOYENNE ANNUELLE DES PRECIPITATIONS (1988-2008)....	48
TABLEAU 5 : LES PRECIPITATIONS MOYENNES ET ANNUELLES DE LA STATION DE M'SILA (1913-1938)	49
TABLEAU 6 : LE REGIME SAISONNIER DES PRECIPITATIONS DES STATIONS D'ETUDE.....	49
TABLEAU 7 : LES TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLES MAXIMALES ET MINIMALES (1988-2008)	50
TABLEAU 8 : MOYENNE MENSUELLE DE LA VITESSE DU VENT (STATION DE M'SILA, 1989-2007).....	51
TABLEAU 9 : NOMBRE MOYEN DE JOURS DE GELEE PAR MOIS (STATION DE M'SILA, 1988-2008)	51
TABLEAU 10 : LES VALEURS DU QUOTIENT PLUVIOMETRIQUE DES DEUX STATIONS.....	54

Liste des figures

FIGURE 1: REPARTITION GEOGRAPHIQUE DE LA PRODUCTION MONDIALE DU BLE EN TONNES (ANONYME,2014)	19
FIGURE 2 : LA REPARTITION GEOGRAPHIQUE DE LA CEREALICULTURE EN ALGERIE (BELAID, 1986)	19
FIGURE 3 : LA MORPHOLOGIE DU BLE (ANONYME, 2012)	21
FIGURE 4: LES DIFFERENTES PHASES DU CYCLE EVOLUTIF DU BLE. (SOLTNER, 2015)	23
FIGURE 5 : LA FUSARIOSE SUR DE BLE (TULEK, 2015).....	24
FIGURE 6 : LA SEPTORIOSE SUR BLE (WALLWORK, 2000)	24
FIGURE 7 : ROUILLE NOIRE SUR BLE (WALLWORK, 2000)	24
FIGURE 8 : EPI DE BLE CHARBONNE (WALLWORK, 2000)	24
FIGURE 9 : EPI DE BLE CARIE (YAHAOUI ET AL., 2003).....	24
FIGURE 10 : L'OÏDIUM SUR BLÉ (WALLWORK, 2000).....	24
FIGURE 11 : LA MOUCHE DE HESSE (MOULE, 1971)	25
FIGURE 12 : VERS BLANCS (HANNETON EUROPEEN) (YAHIAOUI ET BEKRI, 2014)	25
FIGURE 13 : CRIOCERES (ABBA ET AL., 2015)	25
FIGURE 14 : CEPHE (PRESCOTT ET AL., 1987).....	25
FIGURE 15 : NOCTUELLE DES CEREALES (SOLTNER,2005)	25
FIGURE 16 : CRIQUET (MOULE,1971).....	25
FIGURE 17 : DISTRIBUTION GLOBALE DES ESPECES <i>D'HETERODERA</i> DANS LE MONDE (SMEILEY, 2017)	28
FIGURE 18 : DISTRIBUTION DES ESPECES DE NEMATODE A KYSTE DES CEREALES DU GENRE <i>HETERODERA</i> EN ALGERIE (SMAHA ET AL .2019).....	29
FIGURE 19 : MORPHOLOGIE DU NEMATODE A KYSTE <i>HETERODERA AVENAE</i> (TAYLOR, 1968).....	30
FIGURE 20 : LE KYSTE D' <i>HETERODERA SP</i> (DABADAT ET AL., 2015).....	31
FIGURE 21 : L'ŒUF D' <i>HETERODERA SP</i> (DABABAT ET AL., 2014).....	32
FIGURE 22 : STRUCTURE DU CONE VULVAIRE D' <i>HETERODERA</i> (D'APRES BALDWIN ET AL., 1991)	33
FIGURE 23 : CYCLE DE DEVELOPPEMENT DU NEMATODE A KYSTE DES CEREALES <i>H. AVENAE</i> ET <i>H.</i> <i>FLIPJEVI</i> EN UNE SEULE ANNEE (MITCHINSON, 2009).	34
FIGURE 24 : LES SYMPTOMES D'INFESTATION AU NIVEAU DU CHAMP (SMEILY, 2017)	35
FIGURE 25 : SYMPTOMES DU NEMATODE A KYSTES SUR LE FEUILLAGE (SMEILY, 2017)	35
FIGURE 26 : LES SYMPTOMES AU NIVEAU DES RACINES (SMEILY, 2015)	36
FIGURE 27 : LOCALISATION DES STATIONS D'ETUDE (GOOGLE EARTH, 2020).....	43
FIGURE 28 : PEDOLOGIE DE LA ZONE D'ETUDE (BNEDER, 2007)	44
FIGURE 29: RESEAU HYDROGRAPHIQUE DE LA ZONE D'ETUDE (GARMIN, 2018 ; WORLD BASEMAP : HTTP://SERVICES.ARCGISONLINE.COM/ARCGIS/SERVICES)	45
FIGURE 30 : GEOLOGIE DE LA ZONE D'ETUDE (SOURCE : EXTRAIT DE LA CARTE GEOLOGIQUE DE L'ALGERIE 1/500000. (FLANDRIN, 1952)	46
FIGURE 31 : PRECIPITATIONS MOYENNES MENSUELLES ET ANNUELLES DES STATIONS D'ETUDE (1988-2008)	49
FIGURE 32 : TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLES DES STATIONS D'ETUDE.....	50
FIGURE 33 : DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE DE M'SILA (1988-2008).....	52
FIGURE 34 : DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE DE OUED KSOB (1988-2008)	52
FIGURE 35 : CLIMAGRAMME D'EMBERGER AVEC UNE REPRESENTATION DE L'EMPLACEMENT DU CLIMAT DE LA REGION D'ETUDE (1988-2008).	55

Liste des abréviations

MT : Million de tonnes.

DD : dichloropropane dichloropropène.

ANRH : l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

N : Azote

P : Phosphate

K : Potassium

% : Pourcentage

T°C : température en degré Celsius

P (mm) : Précipitation

Mm : Millimètre.

L2 : larves du second stade.

Km² : Kilomètre carré.

M : mètre.

CM : centimètre

µm : micromètre

Max : maximum

Min : minimum.

DSA : Direction des services agricole.

MADR : Ministère de l'agriculture et du développement rural.

O : Ouest

S : Sud

N : Nord

E : Est

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GÉNÉRALE

La culture des céréales a été et restera la spéculation prédominante de l'agriculture algérienne. Elle constitue l'alimentation de base dans notre pays. (Anonyme, 1996) Elle couvre actuellement une superficie de 3,3 millions d'hectares soit 40 % de la surface agricole utile (Anonyme, 2011).

En effet, plus de 70% des terres utilisées pour les cultures vivrières sont consacrées aux cultures céréalières (Riley et al. 2009). On estime que 750 millions de tonnes de céréales ont été cultivées sur plus de 220 millions d'hectares dans le monde en 2017 (Wuletaw et al. 2016; Dabadat et fourie 2018).

En Algérie la production de blé n'arrive pas, à elle seule, à satisfaire tous les besoins domestiques, elle ne couvre que près de 25 % des besoins nationaux (Malki et Redjel, 2000). Cette déficience est due probablement à de nombreux facteurs. Parmi les facteurs qui limitent cette production, les maladies et notamment les nématodes à kystes du genre *Heterodera* qui constitue une contrainte majeure à l'intensification de la production de céréale et qui provoquent des pertes considérables (Chabert et al., 2012 ; Dabadat et al., 2015 ; Kighi et al., 2017 ; Rivoal et al., 1986).

Cependant, ce nématode a été signalé par plusieurs chercheurs dans plusieurs zones céréalières, (Mokabli et al., 2016 ; Righi et al., 2017). Dans nos zones céréalières, Le groupe *Heterodera avenae* est le plus représenté dont *H. avenae*, *H. filipjevi* et *H. latipons* sont économiquement les plus importants. (McDonald et Nicol, 2005)

D'après les travaux réalisés par plusieurs chercheurs algériens depuis 1993 jusqu'à présent, ce nématode a été recensé dans d'autres régions céréalières (Mokabli, 2006), mais peu d'études sont réalisées dans les zones arides notamment dans la région de Msila où la production céréalière souffre déjà de plusieurs contraintes notamment celles liés à la salinité des sols et au manque d'eau. C'est dans le but de localiser les foyers d'infestation par ce nématode dans la région de Msila que notre étude s'inscrit.

Le présent travail comporte trois chapitres :

- Chapitre 1 : comprend les données bibliographiques sur la culture du blé, en particulier le blé dur (importance ; Répartition, la morphologie, cycle et contraintes).
- Chapitre 2 : le nématode à kyste des céréales ; *Heterodera sp* (la morphologie ; cycle ; les facteurs de développement ; les méthodes de lutte).
- Chapitre 3 : Présentation de la zone d'étude avec un résumé des données climatiques.
- Conclusion générale et perspectives.

Ce présent travail est une suite ou un supplément des travaux réalisés par Hairane R. et Rahmouni N. 2017; Hamlaoui M. et Saïde M., 2019 dans la région de M'sila afin de localiser tous les foyers d'infestation par le nématode à kyste des céréales *Heterodera sp*. Le but de ces travaux est de dresser une carte de distribution de ces nématodes dans la zone du Hodna considérée comme vierge en termes de nématologie.

Au cours de ce travail, la réalisation de l'échantillonnage dans les stations d'étude et l'analyse nématologique au laboratoire étaient impossible suite au confinement imposé par le **COVID19**. En effet, les chapitres matériels et méthodes et résultats et discussion ne figure pas dans ce document.

CHAPITRE I :
GENERALITE SUR LES CEREALES

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉ SUR LES CÉRÉALES

I. Généralité sur les céréales (blé dur)

I.1. Classification de la plante hôte :

Les céréales représentent l'ensemble des plantes cultivées en vue de l'obtention de graines à albumen (Belaid, 1986), telles que l'orge, le blé, le seigle, et l'avoine. Dans ce document, nous présentons le blé dur (*Triticum durum* Desf.) étant donné que c'est le plus cultivée et consommée dans notre pays.

Le blé appartient au genre *Triticum*. Le nombre exact d'espèces du genre *Triticum* n'est pas définitivement déterminé puisqu'il existe de nombreuses propositions de classification dont les unes considèrent certains taxons comme des espèces, alors que d'autres les considèrent comme des sous-espèces (Khalighi et al., 2008).

Le blé dur est classé selon Prats (1960), Crête (1965) et Feillet (2000) comme suit :

- **Embranchement**..... *Angiospermes*
- **Sous embranchement**..... *Spermaphytes ;*
- **Classe**..... *Monocotylédones*
- **Ordre**.....*Glumiflorales.*
- **Super ordre**..... *Comméliniflorales.*
- **Famille**..... *Gramineae (Poaceae).*
- **Tribu**..... *Triticeae.*
- **Sous tribu**..... *Triticinae.*
- **Genre**..... *Triticum.*
- **Espèce**..... *Triticum durum* Desf.

I.2. Importance de la céréaliculture :

I.2.1. Dans le monde :

Le blé est l'une des premières espèces cultivées par l'homme. Il était à la base de l'alimentation des premières civilisations humaines (Feldmen et Sears, 1981). La culture de blé est la plus produite dans le monde après le maïs et le riz. Elle représente 26,75% de la production mondiale de céréales et elle occupe la plus grande superficie de la céréaliculture dans le monde avec 216 millions d'hectares. (Anonyme, 2012).

La production mondiale de blé s'est élevée en 2001 à environ 575,5 MT, les principaux pays producteurs sont la Communauté Européenne et la Chine qui produise chacune 16% de la production mondiale suivis de l'Inde (12%) et des Etats-Unis (9%). Le volume des exportations représente environ 18% de la production mondiale et les principaux pays exportateurs sont les Etats-Unis (28%), le Canada (17%) et l'Australie (16%). (Djermoun, 2009).

I.2.2. En Algérie :

La céréaliculture a une grande valeur agro-alimentaire et socio-économique. Le blé est la culture la plus cultivée. Il occupe la première place dans la production végétale et constitue l'aliment de base. Dans le grain de toutes les céréales, le constituant nettement majoritaire est l'amidon qui constitue environ les trois quarts de la matière sèche (Godon, 1986 in Godon 1991).

En 2018, la production céréalière était estimée à 41,2 millions de tonnes pour une superficie de 385 560 ha, selon les services statistiques de la direction des services agricoles algériens. Par l'importance des superficies occupées et par son rôle dans la sécurité alimentaire du pays, la céréaliculture occupe une place prépondérante dans la production agricole de l'Algérie (Righi et al., 2019).

I.3. Répartition géographique :

I.3.1. Dans le monde :

La production du blé dur des différents pays n'est pas stable du fait que cette céréale est produite dans des zones et climats très variables. Le blé dur est produit dans le bassin méditerranéen ; dans les plaines du nord des Etats-Unis, dans le désert d'Arizona, en Californie et au Canada ainsi qu'au Mexique, au Kazakhstan et en Australie (Anonyme, 2013).

En termes de production mondiale, la moyenne annuelle durant la période allant de 2001 à 2011 est de l'ordre de 36.33 Million de tonnes avec des pics qui atteignent les 40 Million de tonnes en 2005, 2009 et en 2010. Les pays de la méditerranée produisent près de 50 % de la production mondiale, l'Italie et la France viennent en premier rang. Le Canada est le premier pays producteur du blé dur. Une partie non négligeable de la production mondiale est concentrée dans les pays du Maghreb, la Turquie et la Syrie. (Anonyme, 2011)

Les échanges mondiaux se tiennent sur 21 % de la production mondiale, soit entre 7,1 et 7.6 Million de tonnes entre 2008 à 2012. Les premiers pays exportateurs sont : le Canada, les Etats-Unis et la France. Tandis que les premiers importateurs sont : l'Algérie, l'Italie et le Maroc, pays méditerranéens où la consommation du blé dur est concentrée. (Herbier, 2014)

I.3.2. En Algérie :

En Algérie, Les conditions de culture des céréales sont soumises à des paramètres climatiques variables. La culture du blé dur est conduite entièrement en sec. Son aire culturale correspond à l'ensemble des zones céréalières de l'Algérie du Nord, où la pluviométrie annuelle moyenne varie entre 350 et 600 mm (Hammadache et al., 2002).

La céréaliculture est localisée essentiellement dans les régions semi-arides, selon Boulal et al. (2007), les principales régions de production en Algérie sont:

- La zone des plaines telliennes dont la pluviométrie est comprise entre 350 et 500 mm, mais avec une distribution irrégulière (Constantine, Bouira, Médéa, Tlemen, Mila, Souk Ahras, Aïn Defla, Chlef, Aïn Tmouchent, Relizane et Sidi Bel-Abbès).
- La zone des hauts plateaux caractérisée par une faible pluviométrie (200-350mm): Sétif, Saïda, Oum El-Bouaghi, Bordj bou Arréridj, Tiaret, Tissemsilt.

- La zone de la région littorale et sub-littorale: Centre-Est du pays à pluviométrie supérieure à 600 mm (Tipaza, Skikda, Guelma, El Taref, Béjaïa, Tizi ousou et Annaba).
- La région du sud avec les périmètres irrigués et les cultures oasiennes.

Blé - Production (Tonnes)

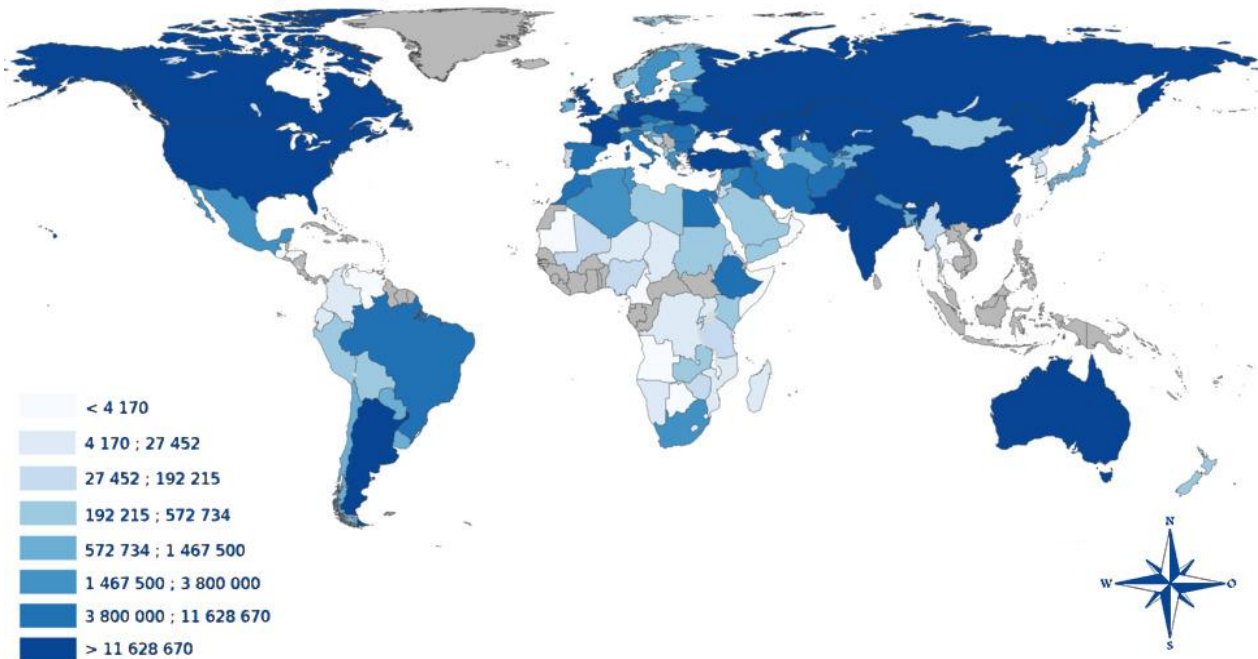


Figure 1: Répartition géographique de la production mondiale du blé en tonnes (Anonyme,2014)

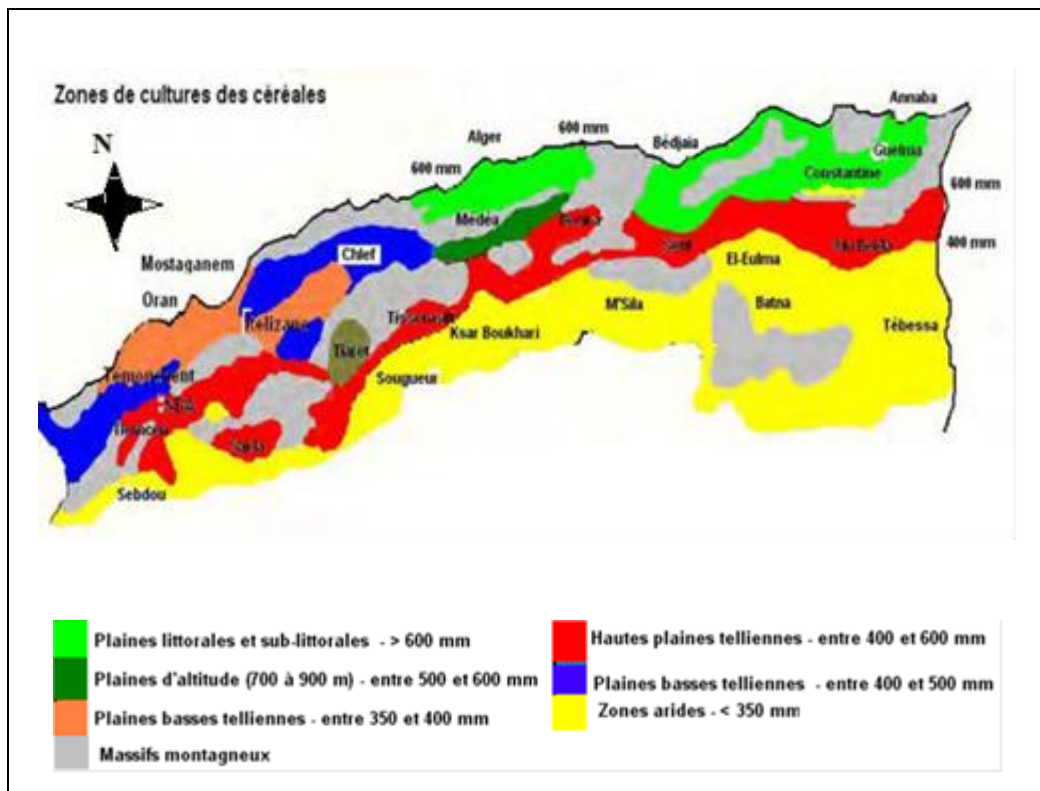


Figure 2 : La répartition géographique de la céréaliculture en Algérie (Belaid, 1986)

II. Morphologie

L'appareil végétatif des céréales est herbacé (Figure 3), il comprend :

II.1. Système aérien :

Il est formé d'un certain nombre de talles, chaque talle est formée de :

II.1.1. Tige :

La tige est creuse (chaume), dont les entre-nœuds ne sont allongés qu'à la montaison (Soltner 1990) et porte 7 à 8 feuilles rubanées engainantes sur toute la longueur. (Clément et *al.* 1971).

II.1.2. Feuille :

Les feuilles sont alternées, ligulées et engainantes (Bonjean et Picard, 1990). Elles ont des nervures parallèles et sont terminées en pointe (Clement - Grandcourt et Prat, 1970).

II.1.3. L'épi :

L'inflorescence est toujours en épillets associés en inflorescence complexe, épis ou grappes d'épillets, se recouvrant étroitement les uns aux autres. La fécondation est autogame. (Clement-Grandcourt et PRAT., 1970 ; Bonjean et Picard, 1990).

L'épi apparaît enveloppé dans la dernière feuille, comporte une tige pleine ou rachis coudée et étranglée à intervalle régulier et portant alternativement à droite et à gauche un épillet (Clement et *al.*, 1971).

II.1.4. Fruit :

Le fruit est un caryopse, il est indéhiscent dont ses glumes sont soudées à la paroi de l'ovaire (Soltner, 1990).

II.2. Système racinaire :

Il est de type fascicule assez développé, qui peut atteindre 1,5 à 2 m de profondeur (Clément et *al.*, 1971). Toute céréale dispose au cours de son développement de deux systèmes racinaires :

- Le système de racines primaires ou séminales ;
- Le système de racines secondaires (Moule, 1980).

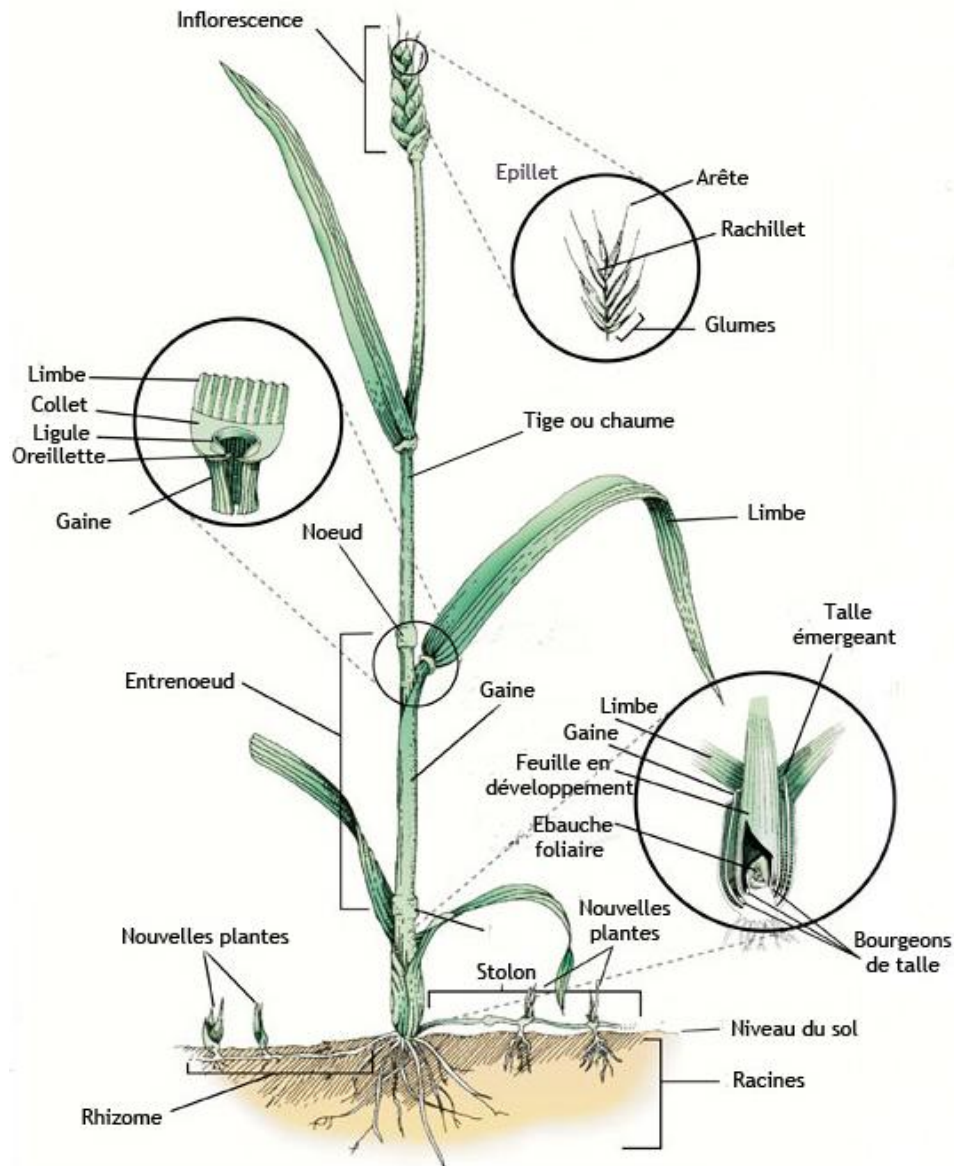


Figure 3 : La morphologie du blé (Anonyme, 2012)

III. Cycle de développement

Le cycle de développement est subdivisé en trois grandes phases. Chaque phase est divisée en différents stades (Ben zarrouk, 2012). Comme c'est mentionné dans la Figure 4.

III.1. Période végétative :

Elle s'étend du semis au début de la montaison. Elle est subdivisée en plusieurs phases : phase germination-levée, phase levée-tallage et phase plein tallage-début montaison. (Boulal et al, 2007).

III.1.1. Phase germination-levée :

La germination du grain de blé commence lorsqu'il absorbe 25% de son poids d'eau (Clement-Grandcourt Et Prat, 1970). La germination se traduit par la sortie des racines séminales et par la croissance de la coléoptile qui s'entrouvre pour laisser passer la première feuille vers la

surface du sol. Pendant cette phase, la jeune plantule vit sur les réserves de la graine (Boulal et al, 2007).

III.1.2.Phase levée-tallage :

Dès que la première feuille a percé la coléoptile, ce dernier s'arrête de croître et se dessèche. La première feuille fonctionnelle s'allonge, puis la deuxième, la troisième et la quatrième toutes en positions alternées (Boulal et al, 2007). Le tallage est un mode de développement propre aux graminées, il débute à la troisième feuille lorsqu'un renflement apparaît à 2 cm de la surface du sol, c'est le futur plateau de tallage (Clement-Grandcourt Et Prat, 1970).

A partir du stade 3-4 feuilles, une première tige (talle) apparaît à l'aisselle de la première feuille de la tige principale (Boulal et al, 2007).

III.1.3.Phase plein tallage-début montaison :

Pendant cette phase, en même temps que l'émission des feuilles du maître-brin, des talles apparaissent. Le tallage se caractérise par l'entrée en croissance de bourgeons différenciés à l'aisselle des feuilles. Les talles issues des premières feuilles sont appelées talles primaires. Chaque talle primaire émet une talle secondaire susceptible d'émettre une talle tertiaire (Boulal et al, 2007). Ce phénomène correspond en fait à une ramification de la tige principale. De nouvelles racines sortent de la base du plateau de tallage (zone de la sortie des talles), ce sont les racines secondaires, les racines primaires deviennent inactives (Bozzini, 1988).

La fin de cette phase est observée lorsque la jeune inflorescence (apex) apparaitre à environ 1cm au-dessus du plateau de tallage. On atteint donc le stade début montaison qui se caractérise par la différenciation et l'élongation des ébauches des nœuds et d'entre-nœuds (Boulal et al, 2007).

III.2. Période de reproduction :

III.2.1.Phase de la montaison :

Au cours de cette phase, un certain nombre de talles herbacées vont évoluer vers des tiges couronnées d'épis, tandis que d'autres commencent à se régresser. La croissance en taille et en matière sèche est alors active. Cette phase se termine au moment de la différenciation des stigmates. La durée de cette phase est de 29 à 30 jours. (Clement-Grandcourt et Prat ; 1970).

III.2.2.Phase de l'épiaison :

La vitesse de croissance de la plante est maximale, durant cette période. Cette phase correspond à l'élaboration d'une grande quantité de la matière sèche, à l'organisation détaillée des épillets et à la fécondation. L'épiaison dure environ 32 jours.

III.3. Période de maturation :

Au cours de cette période, l'embryon se développe et l'albumen se charge de substances de réserve (Boulal et al, 2007).

III.3.1. Phase multiplication :

A ce stade, les grains sont encore verts et leur teneur en eau est élevée (grain laiteux). Cette phase est suivie par la phase de remplissage actif du jeune grain dont le contenu en eau devient constant (grain pâteux) (Belkharchouche et *al.* 2009).

III.3.2. La phase de la maturation du grain :

Elle est marquée par un arrêt de l'accumulation de la matière sèche et une chute de la teneur en eau du grain. Lorsque le grain devient dur et jaune, on considère que le stade de la maturité physiologique est atteint (Boulal et *al.* 2007).

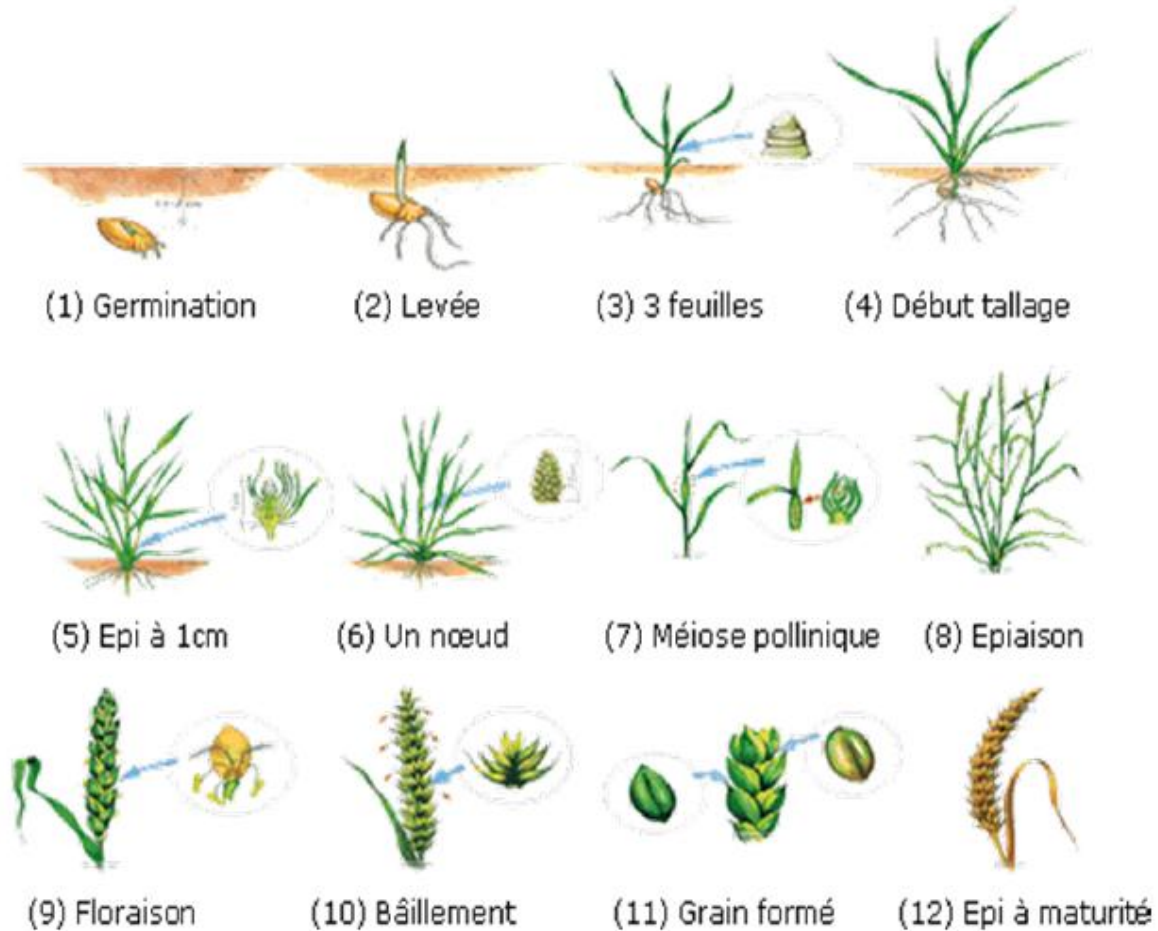


Figure 4: Les différentes phases du cycle évolutif du blé. (Soltner, 2015)

IV. Les principales maladies et parasites des céréales

IV.1. Les maladies :

Selon Aouali et Douici-Khalfi, 2009, les de maladies des céréales peuvent être regroupées selon le symptôme qu'elles induisent et les parties qu'elles affectent. Ces maladies peuvent toucher les espèces de céréales à savoir le blé, l'orge et l'avoine. Elles affectent fortement le rendement. Néanmoins leurs fréquences et gravité restent inégales. Les plus dommageables sont la Septoriose et la Rouille jaune pour le blé tendre, sans oublier les fusarioses qui produisent les mycotoxines (Moreau, 2011).

IV.2. Les ravageurs :

Les dégâts sont souvent constatés au tallage, à l'épiaison et sur les grains. (OUFROUKH et HAMADI, 1993) Nombreux sont les ravageurs des céréales, nous pouvons citer à titre d'exemples les punaises qui hivernent dans les zones d'altitude entre 500 m et 600 m, ainsi qu'au niveau des chaumes (Fritas ,2012) ; les oiseaux dont les plus redoutables en Algérie sont les moineaux (*Passer domesticus* et *Passer hispaniolensis*) et qui sont considérés comme des ravageurs sévères sur les céréales précoces. (Bortoli, 1969) Concernant les pucerons, deux espèces sont importantes *Sitobion avenae* et *Rhopalosiphum padi*. L'espèce la plus dangereuse à l'épiaison est *Sitobion avenae* (CAPISANO, 1997). Elle a une forme allongée atteignant 2,5 mm de long pour l'adulte, sa couleur est variable du jaune, vert, rouge à noirâtre. (ANONYME, 2004).



Figure 5 : La Fusariose sur de blé (Tulek, 2015)



Figure 6 : La septoriose sur blé (Wallwork, 2000)



Figure 7 : Rouille noire sur blé (Wallwork, 2000)



Figure 8 : Epi de blé charbonné (Wallwork, 2000)



Figure 9 : Epi de blé carié (Yahaoui et al., 2003)



Figure 10 : L'oidium sur blé (Wallwork, 2000)



Figure 11 : La Mouche de Hesse (Moule, 1971)



Figure 12 : Vers blancs (Hanneton européen) (Yahiaoui et Bekri, 2014)



Figure 13 : Criocères (Abba et al., 2015)



Figure 14 : Cèphe (Prescott et al., 1987)

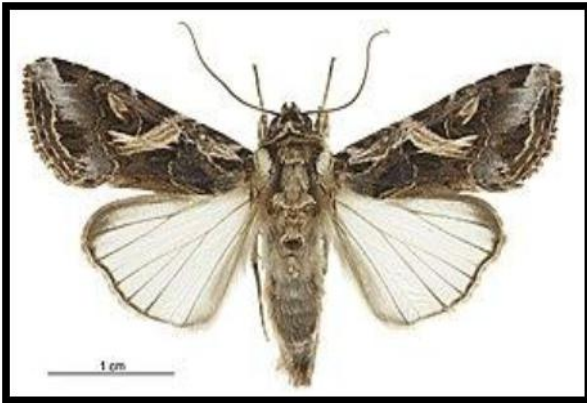


Figure 15 : Noctuelle des céréales (Soltner, 2005)



Figure 16 : Criquet (Moule, 1971)

CHAIPTRE II :
GENERALITE SUR LE NEMATODE à
KYSTE DES CEREALES

CHAPITRE II : GÉNÉRALITÉ SUR LE NÉMATODE À KYSTE DES CÉRÉALES

I. Généralité sur le nématode à kyste des céréales

Ce nématode a été découvert pour la première fois en 1874 en Allemagne par KHUN (Meskine, 1983 ; Reddy, 1983), qui l'a considéré comme étant une espèce non différente de l'Anguillule de betterave *Heterodera schachtii* (Ritter, 1982).

Au Danemark, Rostrur et Koplín donnent le nom *Heterodera schachtii* var. *Avenae* à ce nématode en 1908 (Soso Moss, 1966). Sa description fut détaillée par Schmith en 1930 et Franklin en 1951.

Le nématode à kystes des céréales *Heterodera* sp est un endoparasite sédentaire qui attaque l'avoine, l'orge, le blé et le maïs (Panchaud, 1990). C'est une espèce très polymorphe (Ritter, 1982). Ce genre comporte plusieurs espèces et groupes dont *H. avenae* est la plus répandue et largement distribué de par le monde (Meagher, 1977).

I.1. Position systématique :

Les nématodes du genre *Heterodera* sont divisés en six groupes d'espèces. La phylogénie moléculaire des *Heteroderidae* a permis de mettre en évidence une coévolution de ces nématodes avec leur plante hôte (Subbotin et al., 2001). Selon Blanchard (2007), le groupe *avenae* est très spécialisé dont les espèces se développent exclusivement sur les plantes de la famille des *Poaceae*.

H. avenae occupe, selon Reddy (1983), la position systématique suivante :

- **Embranchement**..... *Némathelminthes*
- **Sous embranchement**..... *Nématodes*
- **Classe**..... *Secernentea*
- **Ordre**..... *Tylenchida*
- **Sous ordre**..... *Tylenchina*
- **Super famille**..... *Heteroderoidae*
- **Famille**..... *Heteroderidae*
- **Sous famille** *Heteroderinae*
- **Genre**..... *Heterodera*
- **Espèce**..... *Heterodera avenae* (Wollen.1924)

I.2. Répartition géographique :

I.2.1. Dans le monde :

Le nématode à kyste *Heterodera sp* constitue un déprédateur sérieux largement distribué. (Caubel et al., 1980 ; Rivoal, 1983) Il est réparti dans les régions céréalières tempérées du monde entier (Rivoal et Cook, 1993 ; Nicol, 2002 ; Nicol et al., 2003).

Selon Nammouchi-Kachouri et Bachir (2005), l'espèce *Heterodera avenae* est la plus répandue, elle est signalée en Australie, au Canada, en Afrique du Sud, au Japon et dans la plupart des pays Européens ainsi qu'en Inde, en Asie de l'Ouest et le Pakistan et l'Arabie Saoudite. *Heterodera avenae* a été aussi décelée dans différents pays d'Afrique du Nord.

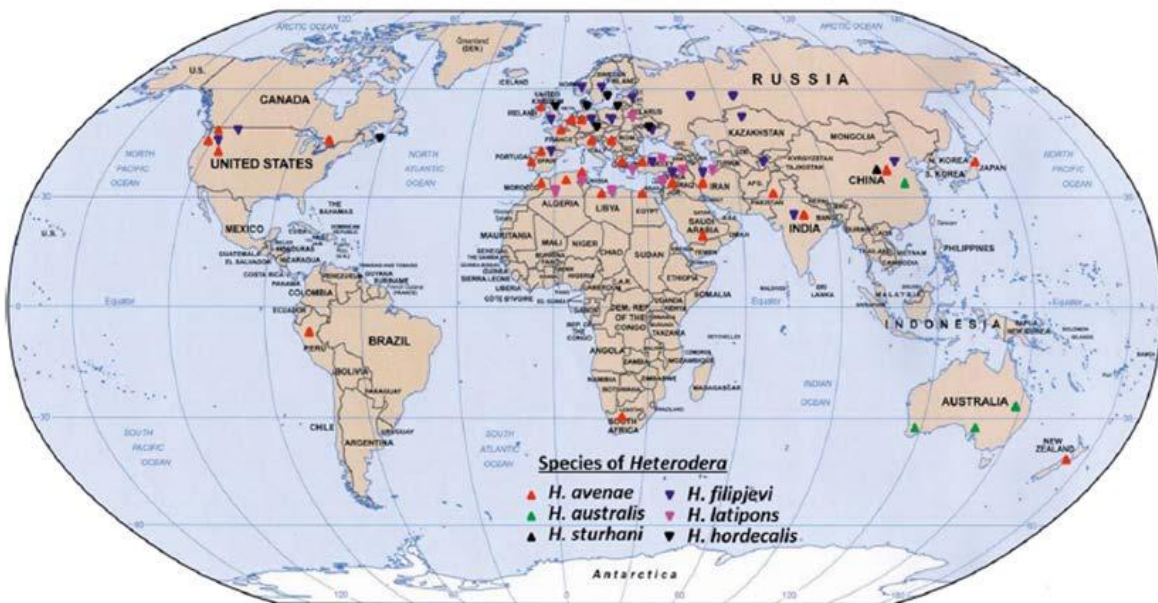


Figure 17 : Distribution globale des espèces d'*Heterodera* dans le monde (Smeiley, 2017)

I.2.2. En Algérie :

Depuis sa découverte en Algérie, *H. avenae* a été signalé et a été considéré comme étant une espèce dominante dans les régions céréalières tel que Aïn Defla, Batna, Bejaïa, Birtouta, Dahmouni, Oued Smar, Sidi Hosni, Sétif, et Tiaret (Mokabli et al., 2001, 2002 ; Rivoal et al., 2001). (Haddadi, et al., 2013).

Des études antérieures dans diverses régions céréalières d'Algérie ont indiqué la présence des *H. avenae*. Selon Smaha et al. 2018 a et b, *H. avenae* a été trouvé dans les champs de blé de Sétif, Tiaret, Tlemcen, Batna et Sidi Bel Abbas.

Valette et al., 2002 rapportent que les deux espèces *H. avenae* et *H. latipons* existent dans d'autres régions d'Algérie tel que la région de Sétif, Béjaïa, Relizane, Dar El Beïda et Mascara. (Smaha et al., 2019)

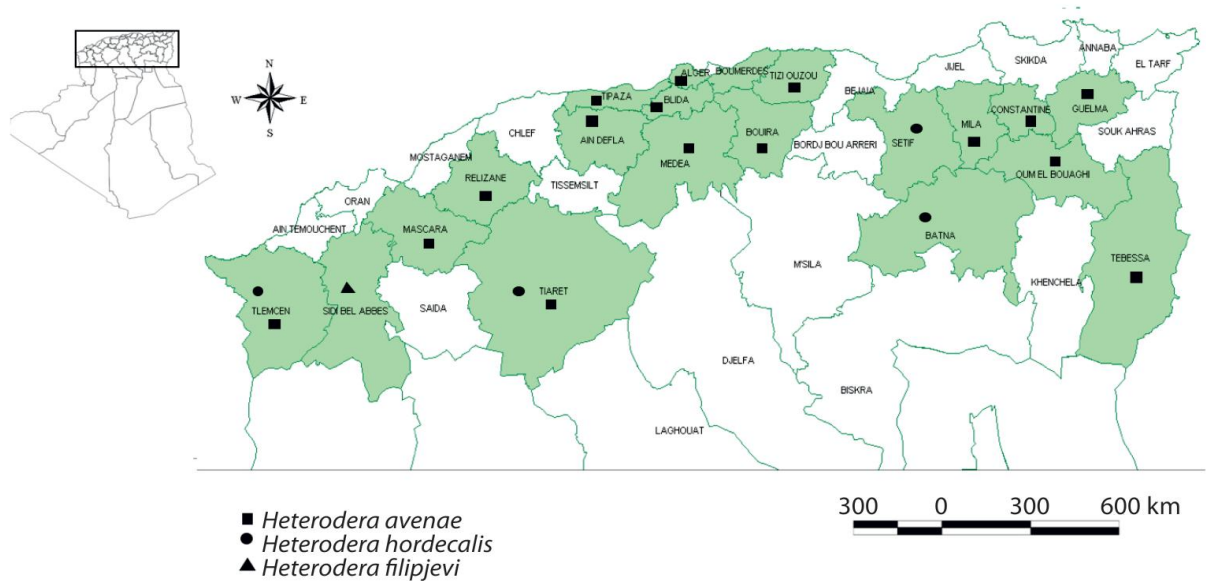


Figure 18 : Distribution des espèces de nématode à kyste des céréales du genre *Heterodera* en Algérie (Smaha et al .2019)

I.3. Importance économique d'*Heterodera* sp :

H. avenae est le nématode le plus dommageable sur les cultures céréalières de par sa répartition géographique et sa gamme d'hôtes (Ritter, 1982). Selon Barker et al. (1998) cité par Pokhare et al. (2012), les nématodes à kystes des céréales, principalement *H. avenae*, causent près de 78 millions de dollars comme pertes sur la culture du blé dans le monde.

On estime cependant que les pertes de rendement causées par *H.avenae* peuvent être de l'ordre de 50% dans les cas les plus graves et au moins de 5 à 10% dans les zones céréalières en France (Ritter, 1982). En Australie, et selon Brown (1984), plus de 2 millions d'hectares des céréales à Victoria et au Sud de l'Australie sont infestés. Les pertes de rendement sont estimées sur le blé uniquement à plus de 72 millions de dollars australiens annuellement. En Inde, ce nématode induit des pertes allant de 4 à 32 % (Singh et Yadav, 1986). Ces pertes varient de 40 à 50% dans la région de Rajasthan et parfois peuvent atteindre 64% (Rajvanshi et Sharma, 2007).

Toutefois, des densités croissantes du nématode réduisent significativement les différentes composantes du rendement de blé dur avec des pertes allant de 26 à 96% (B'Chir et al., 2007).

II. Morphologie

Selon Rivoal et al, (1978), les espèces d'*Heterodera* sp présentent un dimorphisme sexuel très prononcé à l'état adulte.

Les caractéristiques morphologiques des kystes et les motifs du cône vulvaire et des larves du deuxième stade sont les critères les plus employés pour identifier les espèces d'*Heterodera* sp. (Handoo 2002)

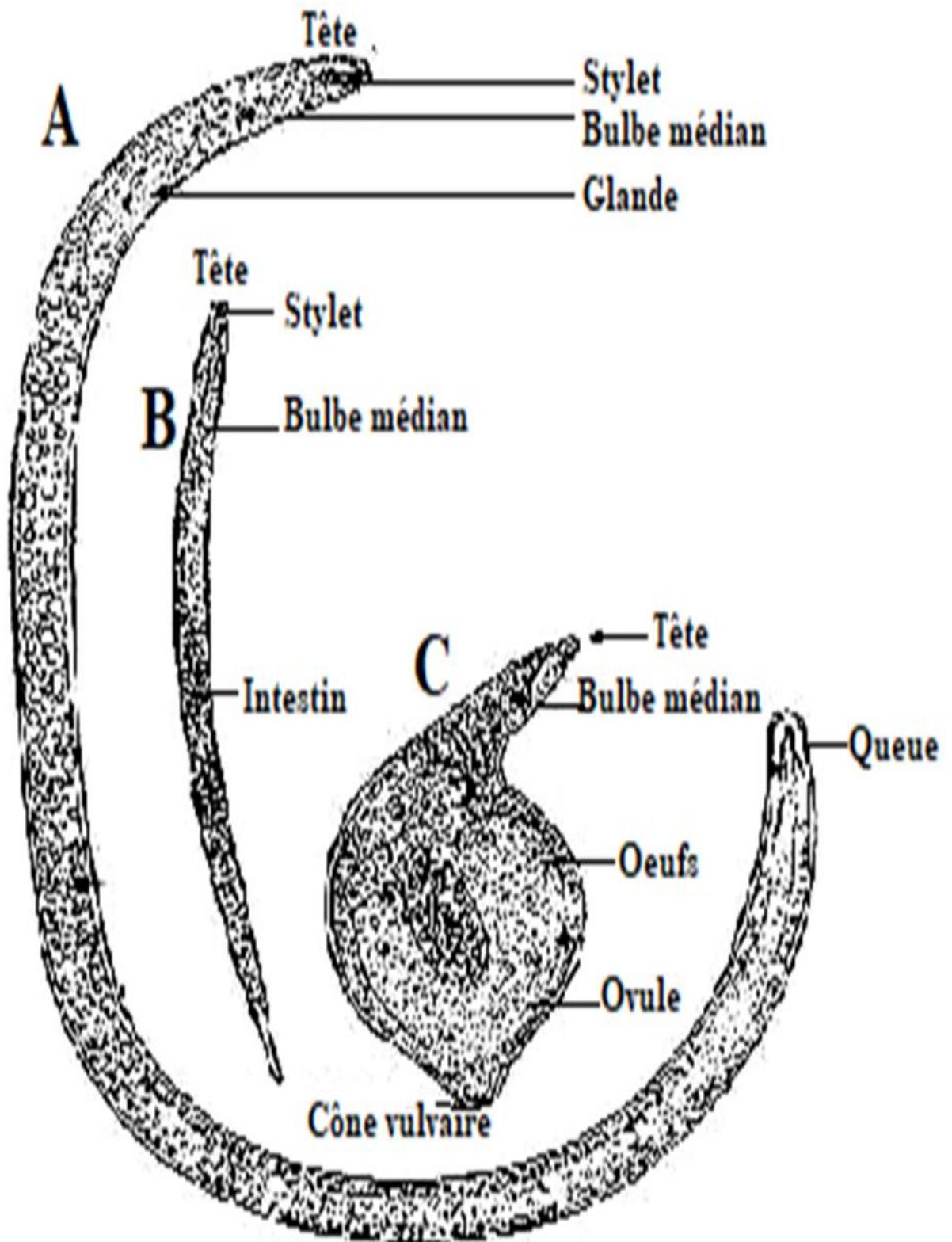


Figure 19 : Morphologie du nématode à kyste *Heterodera avenae* (Taylor, 1968)

A : Mâle ; B : Larve de second stade ; C : Femelle

II.1. Les larves :

Les larves sont filiformes mobiles et de taille qui varie entre 490 à 600 µm. (Sturhan, 1982) Elles possèdent un stylet buccal à la partie antérieure et une queue courte à la partie postérieure. (Nobbs, 1989).

Les larves du premier stade (L1) sont repliées à quatre dans l'oeuf (Wouts, 1972 ; Person – Dedryver, 1989), par contre Les larves du 2^{ième} stade (L2, J2) constituent le stade infestant car elles sont mobiles et migratrices (Shephard et al., 1972). Elles sont munies à leur partie antérieure d'un stylet buccal puissant dont il possède l'un des critères d'identification (Wouts, 1985). Les larves du 3ème et du 4ème stade (L3 et L4) sont sédentaires et gonflées et sont fixées à l'intérieur de la racine. (Wouts, 1985)

II.2. Le mâle :

Les mâles sont filiformes, ils mesurent 1,5 mm (Rivoal et al, 1978) et possèdent une paire de spicules d'une longueur de 35 à 36 µm (Vovlas, 1985) qui jouent un rôle lors de la copulation (Person- Dedryver, 1989). Les mâles se nourrissent à la surface des racines pour quelques jours, pendant lesquels ils peuvent ou non féconder les femelles avant de migrer à nouveau dans le sol pour y mourir. (Coyne et al., 2010)

II.3. La femelle :

Les femelles représentent la forme Sédentaire (Wouts, 1972 ; Stone et Hill, 1982), elles sont globuleuses, sphériques ou citriformes, mesurant de 0,5 à 0,8 mm de longueur et de 0,4 à 0,6 mm de largeur (Schneider, 1965 ; Williams et Siddiqi, 1972 ; Rivolet al., 1978 ; Rivoal et Cook, 1993). Au début, les femelles sont de couleur blanchâtre puis elles deviennent sombres à la maturité (De Guiran, 1983). Sa tête présente un cou proéminent et sa partie postérieure présente un cône vulvaire (Williams et Siddiqi, 1972). (Belfadel, 2011)

A maturité, la femelle se transforme en kyste brun (Nobbs, 1989) bourré d'œufs (Shneider, 1965 ; Rivoal, 1973 ; De Guiran, 1983 ; Reddy, 1983 et Person-Dedryver 1989). (Belfadel, 2011)

II.4. Le kyste :

Le kyste représente la forme de résistance des nématodes à kyste. Lorsque la femelle devient adulte, elle subit un tannage quelques semaine après sa mort et sa cuticule durcit pour devenir un kyste, citriforme de couleur brun foncé. (Hodda et Lawrence, 2009). (Figure 20)

Cependant Williams et Seddiqi, 1972, rapportent que le kyste contient de 200 jusqu'à 600 œufs. La forme, la taille et la couleur du kyste varient fortement d'une population à l'autre (Mokabli, 2002).



Figure 20 : Le kyste d'*Heterodera sp* (Dabadat et al., 2015)

II.5. Les œufs :

D'après Williams et Siddiqi (1972), les œufs d'*Heterodera sp.* mesurent 126 µm de longueur et 56 µm de largeur. Ils sont hyalins, lisses et de forme ovale (Vovlas, 1985). (Figure 21)



Figure 21 : L'œuf d'*Heterodera sp.* (Dababat et al., 2014)

III. Critères d'identification

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

Cependant, Bekal (1997), affirme qu'il existe très peu de critères qui permettent l'identification des différentes espèces du groupe *Heterodera*. A titre d'exemple, le sous-pont est absent chez *H. avenae*, légèrement présent chez *H. mani* et il est commun chez *H. latipons* et *H. filipjevi*. La morphométrie permet d'établir une identification préliminaire (Baldwin et Mundo Ocampo 1991). Néanmoins, ce critère reste complémentaire, vu la taille des kystes d'*H. avenae* qui est très variable d'un pays à un autre, voire même au sein d'une même population. (Anderson, 1968)

Toutefois, de nouvelles méthodes basées essentiellement sur des outils biochimiques viennent améliorer et compléter la taxonomie des nématodes. Ainsi la technique d'électrophorèse sur gel d'acétate a donné des résultats satisfaisants. (Mokabli et al., 2001 ; Mokabli, 2002)

IV. Morphologie du cône vulvaire

La connaissance de la morphologie du cône vulvaire (région périnéale) est une étape nécessaire pour la confirmation de l'identité de l'espèce (Handoo, 2002). Selon cet auteur, les principales structures considérées sont : la présence ou l'absence du bullae, du pont vulvaire et du sous-pont, la forme des fenestreae et la longueur de la fente vulvaire (Figure 22)

IV.1. Le bullae :

Le bullae très développé, de couleur brun foncé à noir, situées à une certaine distance de la vulve, les plus éloignées de la vulve étant les plus importantes et sous-tendant un pont inférieur épais et brun. (Luc et Merny, 1963)

IV.2. Le pont vulvaire :

Il représente la connexion entre les fenestrages (Reddy, 1983).

IV.3. Le sous-pont :

Il se trouve généralement en dessous des fenestrae et parallèle au pont vulvaire. IL est composé de bandes musculaires qui soutiennent le vagin (Mulvey, 1972).

IV.4. Les fenestrae :

Ce sont des ouvertures claires similaires à des fenêtres à paroi mince (Reddy, 1983). Le cône vulvaire est circumfenestré lorsqu'il présente une ouverture unique en cercle et il est ambifenestré quand il présente deux ouvertures en demi-cercle et bifenestré lorsque les fenestrae sont bien séparées et plus ou moins circulaires (Siddiqui, 2000).

IV.5. La vulve et l'anus :

Selon Vovlas, 1985, La vulve est située en arrière comme une ouverture bien exposée. L'anus quant à lui, il est situé dans la zone sub terminale dans une dépression de la cuticule.

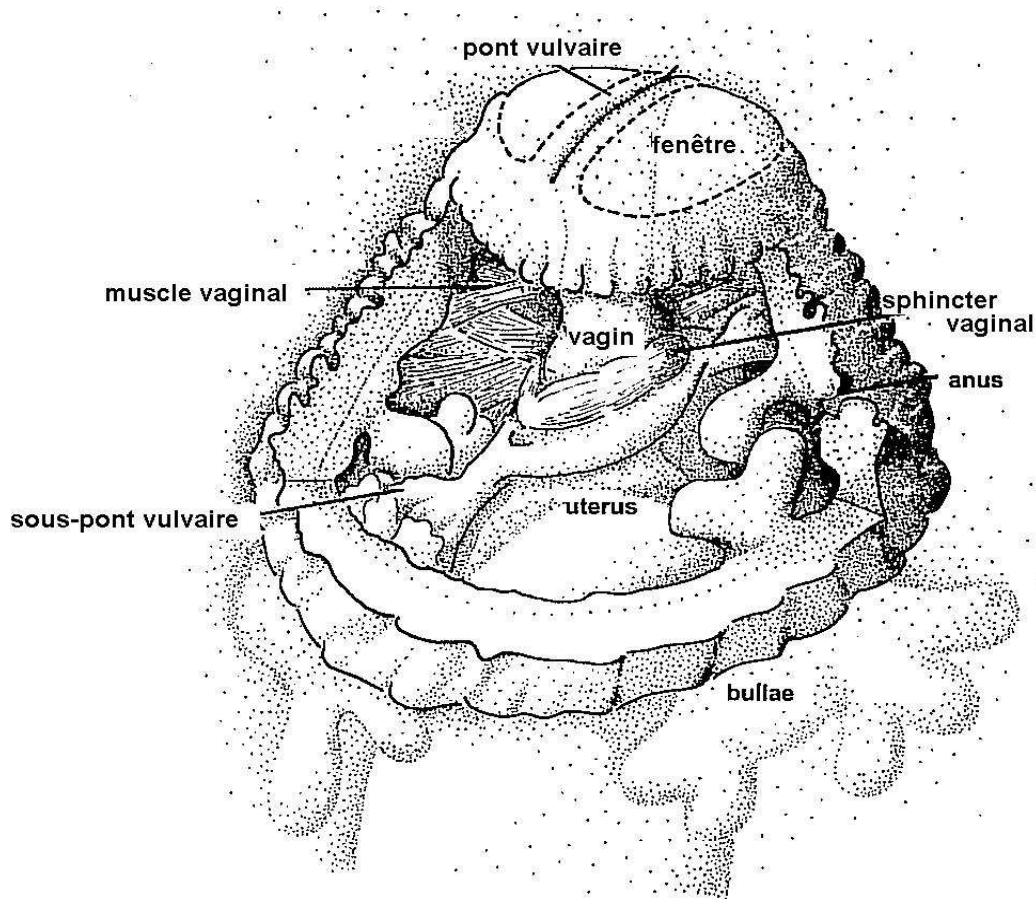


Figure 22 : Structure du cône vulvaire d'*Heterodera* (d'après Baldwin et al., 1991)

V. Cycle de développement

Heterodera avenae est une espèce monovoltine, c'est-à-dire qu'il y a une seule génération par an, avec cinq stades larvaires qui sont séparés par quatre mues. (Figure 23) La première mue

s'effectue à l'intérieur de l'œuf dont l'éclosion donne directement des larves du deuxième stade (L2). Cette éclosion est déterminée par la température (Rivoal et Cook, 1993). Ces dernières sont mobiles et émergent du kyste par la fente vulvaire (Banyer et Fisher, 1971). Une fois libérées dans le sol, celles-ci attaquent les racelles dès la levée de la plante hôte 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. (Schneider, 1965)

Peu de temps après l'accouplement, les œufs commencent à se former dans le corps de la femelle et les embryons commencent à se développer. Le nombre d'œufs à l'intérieur des femelles blanches varie selon l'espèce, la variété de la plante hôte, le type de sol et les facteurs environnementaux. Pas moins de 600 œufs ont été signalés, bien que le nombre le plus typique se situe entre 100 et 400. (Smiley, et al., 2017)

Les jeunes femelles en cours de maturation sont d'abord blanches et deviennent progressivement de couleur crème, puis de brun clair au brun foncé, moment auquel elles meurent et deviennent des kystes pleins d'œufs. (Smiley, et al., 2017)

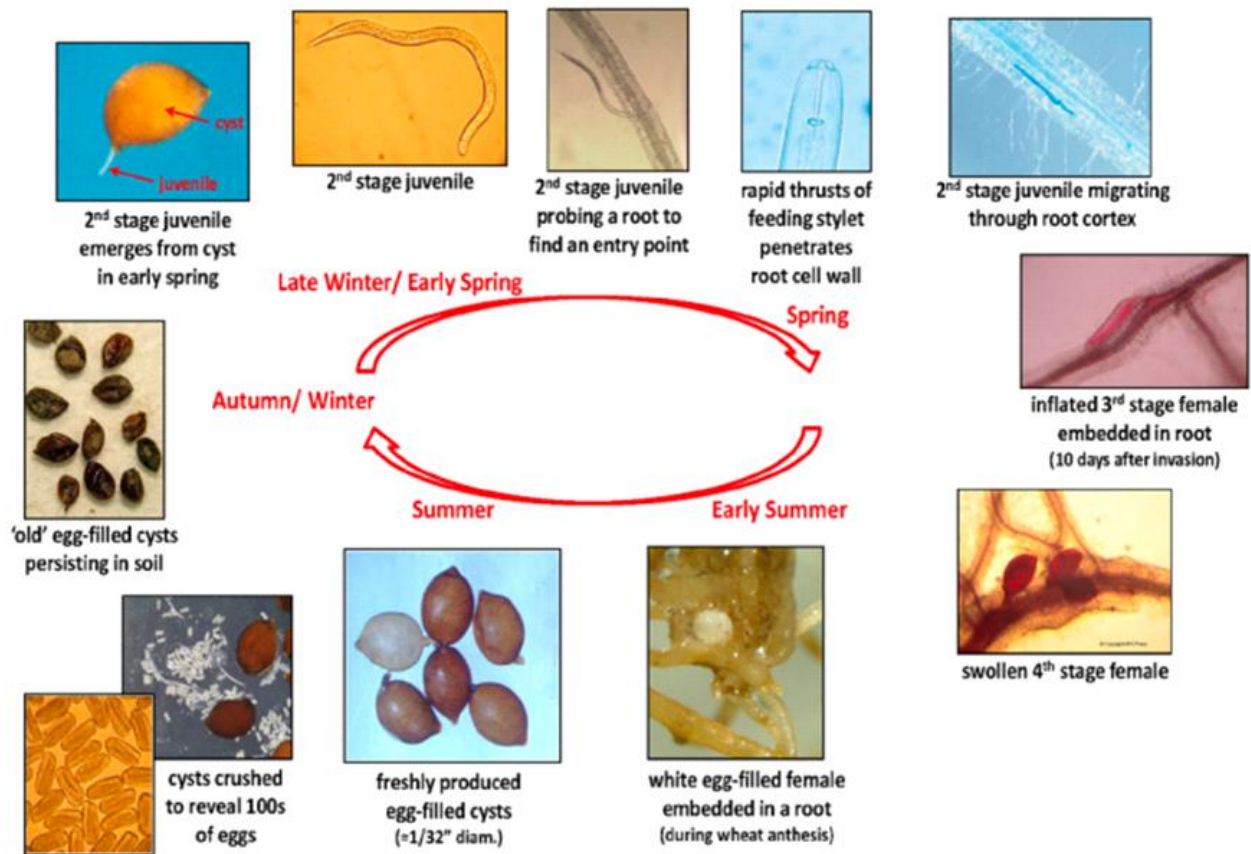


Figure 23 : Cycle de développement du nématode à kyste des céréales *H. avenae* et *H. filipjevi* en une seule année (Mitchinson, 2009).

VI. Les Symptômes

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

VI.1. En plein champ :

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



Figure 24 : Les symptômes d'infestation au niveau du champ (Smeily, 2017)

VI.2. Sur les feuilles :

Les plantes sont chétives et naines, leur tallage est réduit ; Un rougissement ou un jaunissement des feuilles peut être visible en début d'attaque. Par la suite, les plantes retrouvent une couleur normale. (Renčo, 2005)

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



Figure 25 : Symptômes du nématode à kystes sur le feuillage (Smeily, 2017)

VI.3. Sur les Racines :

C'est à ce niveau que les symptômes spécifiques se produisent, mais le type de symptôme varie selon la plante hôte. Chez le blé et l'orge, les racines se ramifient excessivement aux mêmes

endroits des syncytiums pour avoir une apparence touffue. Les racines des plantes envahies sont moins profondes et moins capables d'absorber l'eau et les éléments nutritifs que les racines de plantes saines. (Smeily, 2016 ; Smiley, et al ,2017)



Figure 26 : Les symptômes au niveau des racines (Smeily, 2015)

VII. Les facteurs de développement d'*H. avenae*

Le nématode à kyste des céréales *Heterodera* peut être influencé par les différents facteurs de manière directe ou indirecte. Les facteurs physico-chimiques du sol peuvent agir directement sur les nématodes. Alors que les conditions du sol influencent le développement des végétaux et indirectement les populations d'*Heterodera*. (Graham, 1980)

VII.1. Les facteurs abiotiques :

VII.1.1. Facteurs climatiques :

a) L'humidité :

La présence d'une humidité convenable au niveau des sites d'attaque d'un nématode endoparasite favorise la pénétration des larves (Caubel et al, 1980), c'est pourquoi les attaques d'*Heterodera* coïncident avec les périodes pluvieuses. (Meagher, 1970 ; Caubel et al, 1980 ; Lacombe et Garcin, 1980)

La présence d'un film d'eau est nécessaire au déplacement des nématodes. En absence de ce film d'eau les nématodes se déshydratent et meurent ou s'enkystent, alors que, l'excès d'eau induit une réduction de l'aération du sol et une asphyxie du parasite. L'asphyxie peut induire la multiplication de certains microorganismes, libérant dans le sol des substances toxiques pour *Heterodera*. (Cayrol, 1975)

b) La température :

Elle a un rôle prédominant dans le développement d'*Heterodera sp.* Selon Greco (1981) et Mokabli et al., (2001), les basses températures stimulent l'éclosion et le développement des larves, alors que les hautes températures les inhibent. En effet, une température au-dessous de zéro, en l'occurrence, s'avère nuisible pour le nématode. Selon Fisher (1982), la température optimale de développement pour les *Hetrodera* se situe entre 20 °C et 25 °C mais à 30 °C peu de femelles sont

formées. Alors que le développement des larves du deuxième stade est rapide à 20 °C qu'à 15°C ou 10°C.

Fushtey et Johnson, 1966 confirmé qu'une incubation des œufs à basse température (0 °C à 7 °C) pendant une période minimale de 8 semaines était nécessaire pour amorcer l'éclosion de *H. avenae* au Canada. La température optimale pour l'éclosion des œufs après l'incubation à froid était de 10 à 15 ° C. (Smiley, et al., 2017)

Cependant, Les travaux de Smaha (1998), Mokabli et al. (2002) et Hamroun effectués en 2006 dans plusieurs régions du littoral algérois ont montré que la température optimale pour l'évolution de ce parasite s'étale de 7 à 25°C. Ainsi, Mokabli et al, 2001 signalent qu'une température au-dessous de zéro s'avère nuisible pour *Heterodera avenae* et que les exigences de ce nématode en ce qui concerne la température, varie d'un stade à un autre voir d'une population à une autre.

VII.1.2. Facteurs édaphiques :

a) Type de sol :

Le nématode à kyste se rencontre sur tous les types de sol (Caubel et al. 1980), mais ses attaques sont plus redoutées en sol légers qu'en sols lourds (William et Siddiqi, 1972). Mais le parasite peut être présent sur tout type de sol. (Lizot et Mazollier, 2001)

D'après Trigiano et al, (2004) la texture et la structure du sol sont très importants dans la détermination du nombre ainsi que le type de nématode.

b) La porosité :

Elle favorise le déplacement des nématodes vers les horizons profonds ou ils constituent un potentiel infectieux assurant ainsi la pérennité du parasite (Choppin de Janvry, 1971 ; Williams et Siddiqi, 1972 ; Caubel et al, 1980).

c) L'oxygène :

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

d) Le PH :

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

e) La salinité :

Une concentration saline trop élevée inhibe le déplacement des larves du deuxième stade (J2). (Bachelier, 1978)

f) Les exsudats racinaires :

L'éclosion des kystes d'*Heterodera sp* dépend avant tout des sécrétions émis par les racines des plantes hôtes (Bachelier, 1978) Plus tard, Banyer et Fisher (1980) notent que les exsudats ont un effet positif sur l'éclosion des kystes, mais uniquement après un traitement à des températures basses.

g) La fertilisation :

En étudiant l'effet des fumures N, P, K sur le blé tendre et l'orge infestés par *H. avenae*, Mukopadhyaya *et al.* (1972) ont constaté que l'azote seul augmente à la fois la récolte et le nombre de kystes d'*Heterodera*, alors que l'apport d'azote avec le phosphore accroît d'avantage la récolte et réduit relativement le nombre de kystes produits, mais l'apport de potassium seul ou en mélange a peu d'effets sur la récolte, mais il inhibe le développement des nématodes ainsi que le nombre de kystes.

VII.2. Les facteurs biotiques :

Sur les feuilles apparaissent des taches de couleur rousse avec des pustules noires en fin de saison qui affectent les céréales pendant le remplissage du grain. (Bovey, 1979)

a) La plante hôte :

Les plants hôtes des nématodes à kystes des céréales incluent toutes les céréales cultivées Rivoal et Cook, (1966).

En fonction de degré de sensibilité, Gaire *et al.*, 1965 et Johnson et Fushthey (1966) ont classé l'avoine comme étant l'hôte le plus sensible. Ritter (1982) a classé le blé et l'orge en deuxième position, tandis que le maïs est atteint de manière variable selon les régions.

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

b) La matière organique :

La composition de la matière organique dans le sol libère certains produits toxiques tels que l'acide butyrique qui agit négativement sur le développement des nématodes. (Jones, 1982 ; REMMANI, 2017)

VII.3. Les facteurs de dissémination :

Le vent constitue le principal facteur de dissémination des kystes, mais les opérations culturales, les outils de travail du sol et l'eau d'irrigation peuvent aussi contribuer à la dissémination de ce parasite. (Meagher, 1977)

VIII. Méthodes de lutte

Les nématodes à kyste du genre *Heterodera* et *Globodera* causent le dommage majeur aux récoltes cultivées. (Riggs et Schuster, 1998, in Perry et Moens, 2005 ; Burns, 2009)

La lutte contre *Heterodera sp.* est très difficile à cause de la haute résistance des kystes dans le sol, même en absence de la plante hôte. (Sacristin et al, 1983) C'est ainsi que la lutte contre ce dernier doit se baser principalement sur des méthodes et des techniques culturales préventives.

VIII.1. Lutte préventive :

La lutte contre le nématode doit commencer avant son installation dans la parcelle en maintenant les parcelles indemnes et propres, par la sensibilisation et la vulgarisation auprès des agriculteurs avec la collaboration des différentes institutions de la protection des végétaux et en prévenant la dissémination du parasite par les machines et les outils de travail et les eaux d'irrigation. (De guiran, 1983)

VIII.2. La lutte culturale :

VIII.2.1. La rotation culturale :

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

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

VIII.2.2. Les variétés résistantes :

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

Pour les espèces autogames (céréales), deux niveaux de résistance sont définis. La plante a une résistance totale au nématode testé quand le nombre moyen de femelles blanches ou de kystes est strictement inférieur à 1 ; une résistance intermédiaire pour une moyenne comprise entre 1 et 3 inclus, au-delà de 3 il n'y a pas de résistance. (Valette et Rivoal, 2005)

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

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

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

VIII.2.3. Jachère :

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

VIII.2.4. Labours :

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

VIII.2.5. Fumure et amendements (fertilisants) :

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

VIII.2.6. Dates de plantation :

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).

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

VIII.2.7. Désherbage et nettoyage :

La destruction des mauvaises herbes et des résidus de cultures céréalières précédentes est indispensable car celles-ci constituent des hôtes potentiels pouvant maintenir des densités dommageables du parasite. (Mokabli, 2002 ; Rivoal et Nicol, 2008).

VIII.3. La lutte chimique :

H. avenae peut être maîtrisé en utilisant certains traitements en utilisant des nématicides agissant par contact. Ce sont des fumigants (dichloropropane dichloropropène (DD), dibromide d'éthylène (EDB) et (Dazomet) (Rivoal et al, 1986), des organophosphorés (Ethoprophos), (Caubel et Rivoal, 1977). Aussi des produits à action systémique à base de carbamates sont utilisés (aldicarbe, carbofuran) (Rivoal et al, 1985).

Les nématicides efficaces sont généralement très toxiques à large spectre d'espèces et leur utilisation présente un risque élevé pour la santé humaine et de l'environnement (Chitwood, 2003).

VIII.4. La lutte biologique :

La lutte biologique consiste à réduire les populations de nématodes grâce à l'action des microorganismes vivants qui se produit naturellement ou par manipulation de l'environnement ou l'introduction d'antagonistes (Stirling, 1991). Il existe dans le sol un nombre relativement important de champignons antagonistes des nématodes. L'inconvénient de cette technique réside dans les contraintes liées à son utilisation dans la pratique (formulation, conditionnement, la multiplication et la persistance dans le sol). (Bertrand, 2001).

L'application des nématicides ou le contrôle biologique sont très coûteux dans les cultures céréalières de ce fait, Les principales méthodes utilisées dans ces cultures sont la rotation et les variétés résistantes (Mitchinson, 2009).

VIII.5. Lutte intégrée :

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

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

CHAPITRE III :
LE CADRE PHYSIQUE

CHAPITRE III : LE CADRE PHYSIQUE

I. Localisation géographique de la zone d'étude

La zone d'étude est située à l'extrême nord-est de la wilaya de M'sila et au nord de Chott El Hodna, elle comprend quatre stations à vocation céréalière).

Les zones étudiées sont situées dans la ville de M'sila qui fait partie du bassin versant du Hodna. Elle se situe à 265Km au Sud-Est d'Alger (35° 38' 58,15" N ; latitude et 4° 30' 53,76" E longitude) au nord de Chott El Hodna. (Figure 27) Ces zones comprennent des stations à vocation céréalière.

Tableau 1 : Localisation des deux stations

Stations	Longitude	Latitude	Altitude
Oued K'sob	4°33' 57,64" E	35°49' 01,95" N	553m
Nouara	4°34' 09,19" E	35°42'33,01" N	477m
M'sila	4°31' 29,08" E	35°42'39,54" N	478 m



Figure 27 : Localisation des stations d'étude (Google earth, 2020)

II. Caractéristiques physiques de la région d'étude

II.1. La pédologie :

Selon les cartes pédologiques l'une établie par Bouyadgiev (BOYADGIEV 1975) et l'autre réalisée par le bureau national d'étude et de développement des zones rurales

(BNEDER 2007) On relève la présence des sols minéraux brutes (lithosols) et les sols peu évolués alluviaux.

- **Classe 1 : sols minéraux brutes :**

Sols de profil AC, ne contenant que des traces de matières organiques dans les 20 centimètres supérieures.

- **Classe 2 : Sols peu évolués alluviaux :**

Sols de profil AC contenant plus que des traces de matière organique dans les 20 premiers centimètres formés par apport alluvial.

En plus de leur faible teneur en matière organique, il se caractérisent par la présence de calcaire, gypse et sels car le climat aride favorise leur accumulation. (Anonyme 1967) (Figure 28)

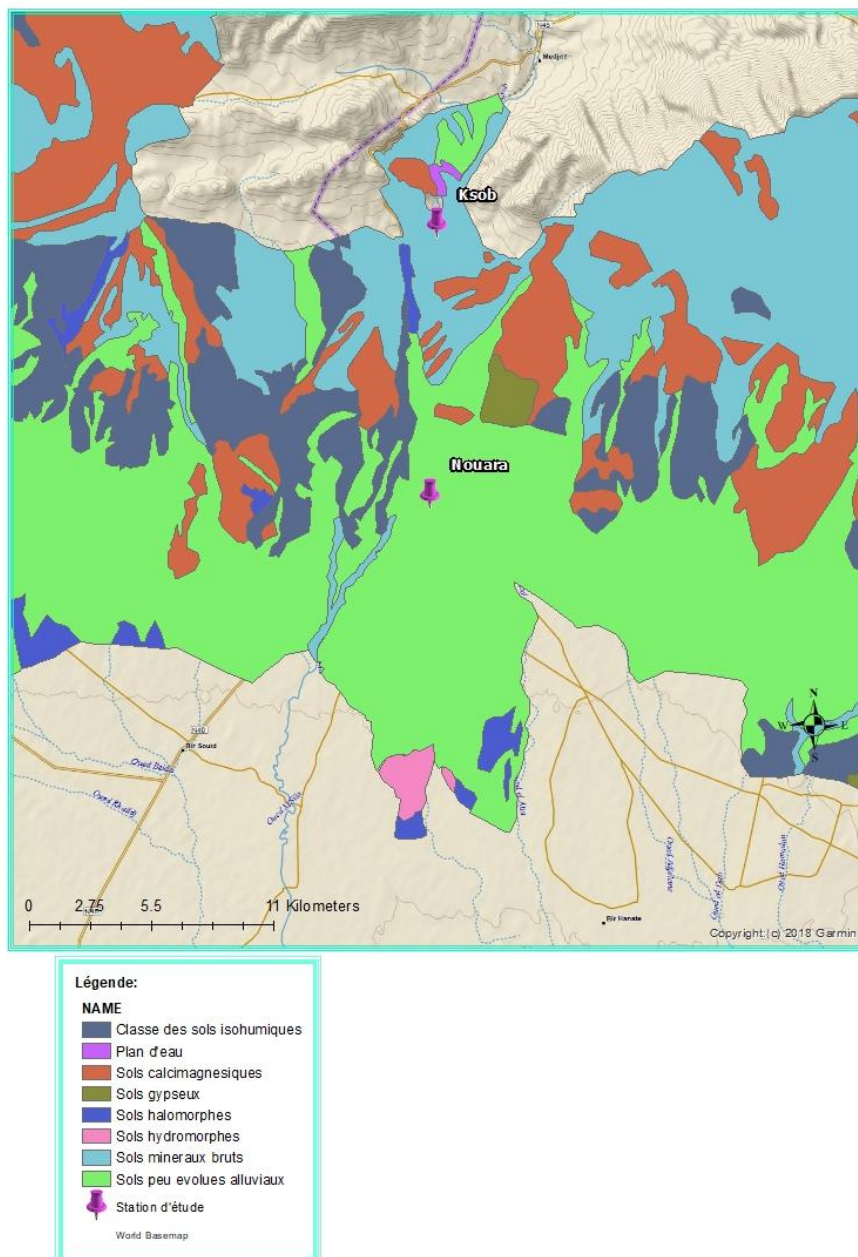


Figure 28 : Pédologie de la zone d'étude (BNEDER, 2007)

II.2. Hydrologie :

La zone d'étude est drainée par l'oued permanent de Ksob et son prolongement oued M'sila, et oued Attia qui est intermittent et passe à l'Est d'oued M'sila. (Figure 29)

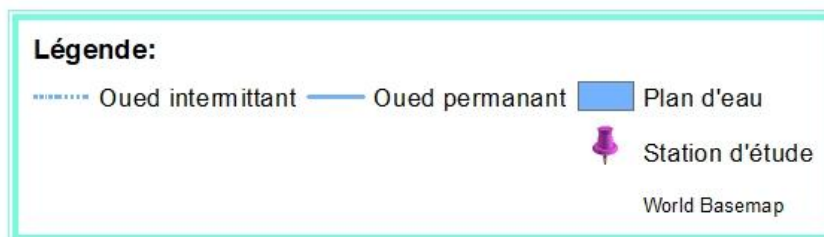
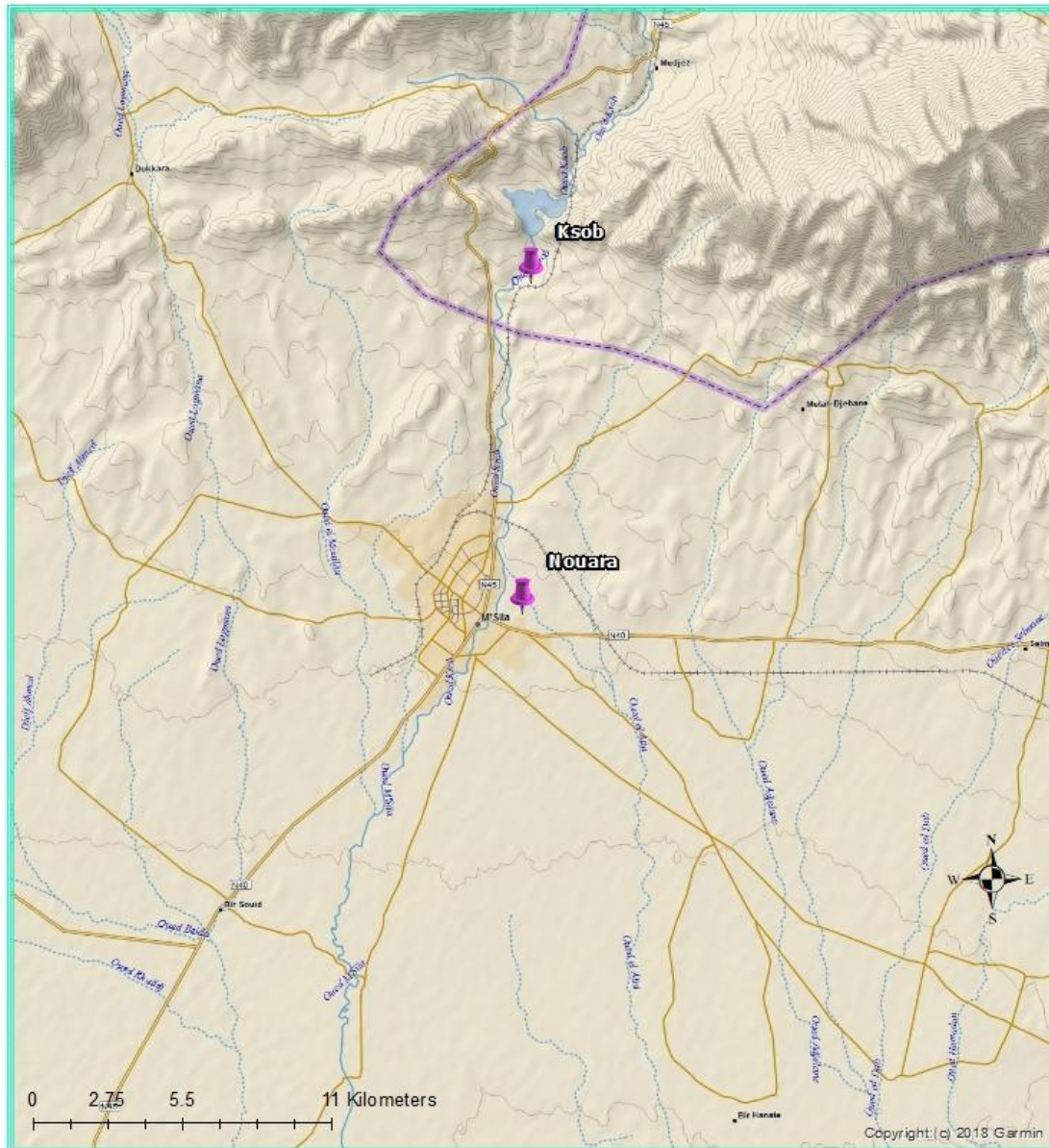


Figure 29: Réseau hydrographique de la zone d'étude (Garmin, 2018 ; World basemap : <http://services.arcgisonline.com/arcgis/services>)

II.3. La géologie :

L'analyse de la carte géologique, feuille N° 168 de M'Sila, échelle 1/500000^{ème} indique que la commune de M'Sila repose sur des terrains sédimentaires caractérisés par des formations quaternaires essentiellement constituées d'alluvions récentes et anciennes. Donc les deux stations Oued Ksob et Nouara appartiennent au quaternaire représenté par des alluvions et sédiments fins. (Figure 30)

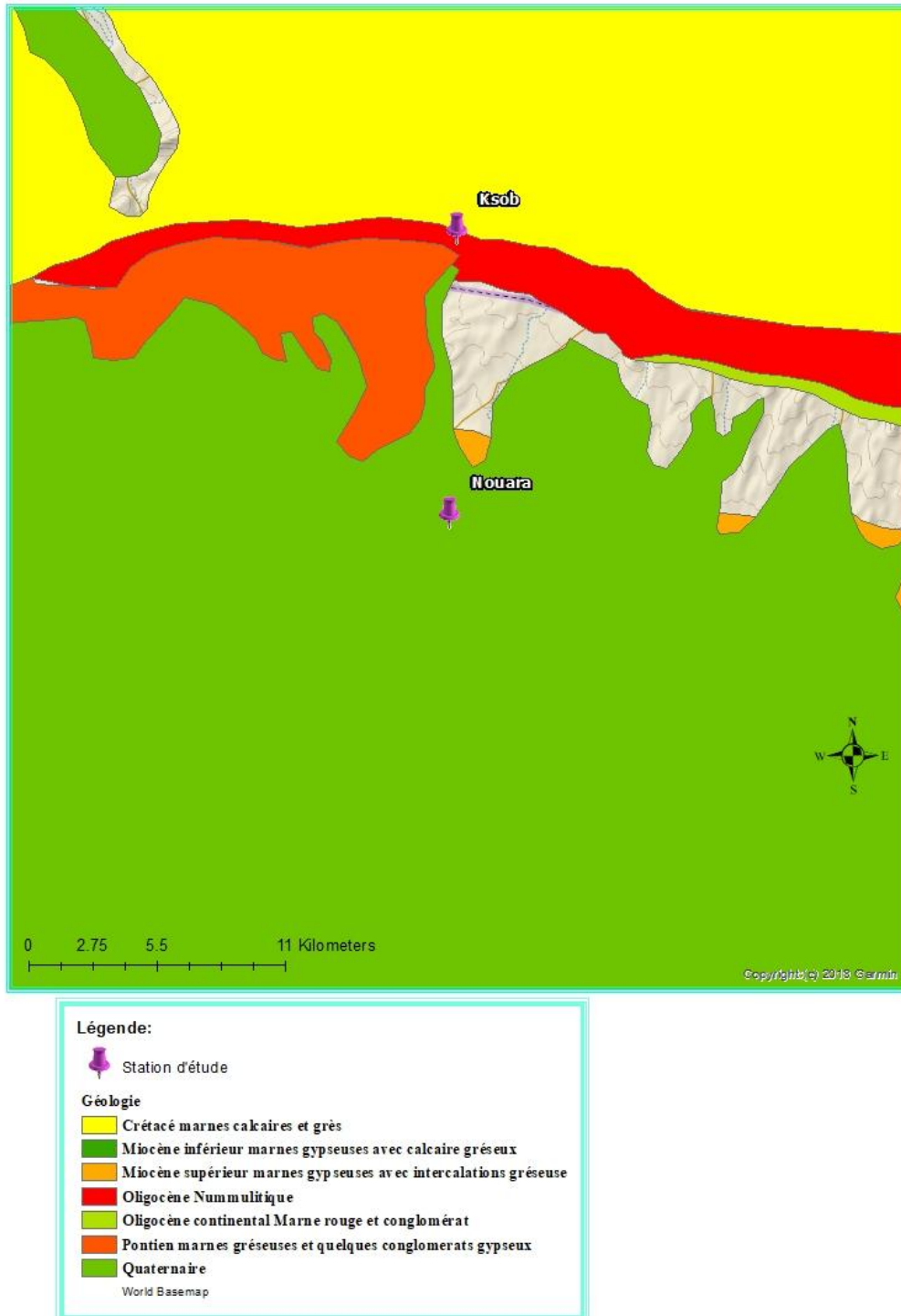


Figure 30 : Géologie de la zone d'étude (source : extrait de la carte géologique de l'Algérie 1/500000. (FLANDRIN, 1952)

II.4. La végétation :

La végétation naturelle de parcours M'Sila est caractérisée par une couverture basse et clairsemée, plus ou moins dégradée, composée de petits plants en touffes plus ou moins dispersées d'inégale valeur tant par la composition floristique que par la densité.

Les faciès les plus dominants sont principalement des faciès à *Stipa tenacissima*, *Artemisia herba alba*, ainsi que des steppes à plantes psammophiles, elles sont généralement des steppes à *Aristida pungens* ou *Aristida compestris* voire même de *Thymelaea microphylla* (Anonyme, 2010).

Les formations à Alfa (*Stipa tenacissima*), on les retrouve en effet dans les bioclimats semi arides à hiver frais et froid, et dans l'étage aride supérieur à hiver froid, ces steppes colonisent tous les substrats géologiques de 400 à 1 800 m d'altitude (AIDOU et NEDJRAOUI, 1992).

Les formations à armoise blanche (*Artemisia herba alba*) qui recouvrent 3 millions d'hectares et sont situées dans les étages arides supérieur et moyen à hiver frais et froid avec des précipitations variant de 100 à 300 mm. Ce type de steppe s'étale sur les zones d'épandage dans les dépressions. (NEDJRAOUI, 2001).

Pour les associations végétales qui se développent aux pieds des touffes ou des buissons dans les fonds des dépressions, elles sont perpétuellement agressées par la céréaliculture aléatoire (Anonyme, 2010).

III. L'étude climatique :

Le climat joue un rôle essentiel dans la répartition et le développement des plantes, la distribution et la vie des êtres vivants ainsi que la nature du sol. (BOULAIN., 1971 ; TORRENT., 1995., FAURIE et al, 2003) L'analyse climatique d'une région donnée est basée sur les données fournies par des stations météorologiques.

Les températures et les précipitations constituent les deux groupes de paramètres climatiques fondamentaux, qui caractérisent les milieux (RAMADE, 2003).

D'après le rapport de la F.A.O sur la région du Hodna, on relève un gradient de précipitation de 40 mm par 100 mètres pour la partie nord et de 20 mm par 100 mètres pour la partie sud (DJBAILI, 1984).

SELTZER (1946) a signalé que pour l'Algérie non littoral la température maximale diminue de 0.7°C /100m et la température minimale diminue de 0.4°C/100m (DJBAILI, 1984).

Tableau 2 : Les caractéristiques de la station météorologique de M'sila

Caractéristique de station	Coordonnées géographiques		Altitude (m)	Donnée disponible	Période	Sources des données
	Latitude	Longitude				
M'sila	35°.40'Nord	4°.30'Est	441m	P - T	1988-2008	Station météorologique
	35°.42'Nord	4°.33'Est	469m	P	1923-1938	SELTZER

P : pluviométrie (mm). T : température (°c).

Les stations d'études sont situées à des altitudes différentes de celles de la station météorologique de Msila (Tableau 3) ce qui nécessite une interpolation pour les stations dont la différence d'altitude est supérieure à 100 m, afin de corriger les données de précipitation et de température (Donc l'interpolation concernera la station d'Oued Ksob).

Tableau 3 : Altitude des stations d'étude par rapport à la station météorologique de M'sila

Station	Altitude (m)	Difference d'altitude
Station météorologique de M'sila	441 m	-
Oued Ksob (Barrage)	553 m	112
Nouara	477 m	36

III.1. La pluviométrie :

La pluviométrie constitue un facteur écologique d'importance fondamentale, non seulement pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres, mais aussi pour certains écosystèmes limniques, tels les mares et les lacs temporaires, et les lagunes saumâtres soumises à des périodes d'assèchement. (RAMADE, 2003)

Les principaux paramètres climatiques de la zone d'étude ont été déterminés à partir de l'exploitation des données enregistrées au niveau de la station météorologique de M'sila (441 m) qui représentent la station d'étude Nouara tandis que des calculs d'interpolation selon l'altitude ont été réalisés pour la station de Oued Ksob (553) (Barrage)

Tableau 4 : Moyenne mensuelles et moyenne annuelle des précipitations (1988-2008)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
441 m	18,90	12,70	15,00	20,80	27,50	9,30	4,20	8,20	27,50	22,00	20,40	20,50	207
553 m	20,95	14,07	16,62	23,05	30,48	10,31	4,65	9,09	30,48	24,38	22,61	22,72	229,4

Nous remarquons que les minimums pluviométriques sont observés au mois de juillet (4,20mm) et les maximums sont enregistrés au mois de Septembre et Mai (27,50 mm) pour la station de M'sila alors que pour la zone d'étude Oued Ksob, les valeurs sont 4,65mm, valeur minimale enregistrée durant le mois de juillet et 30,48 mm valeur maximale enregistrée au mois de Septembre et Mai. (Tableaux 4)

Les moyennes des précipitations annuelles enregistrées pendant la série (1988-2008) sont 207 mm dans la région de M'sila et 229,4 mm dans la zone d'Oued Ksob.

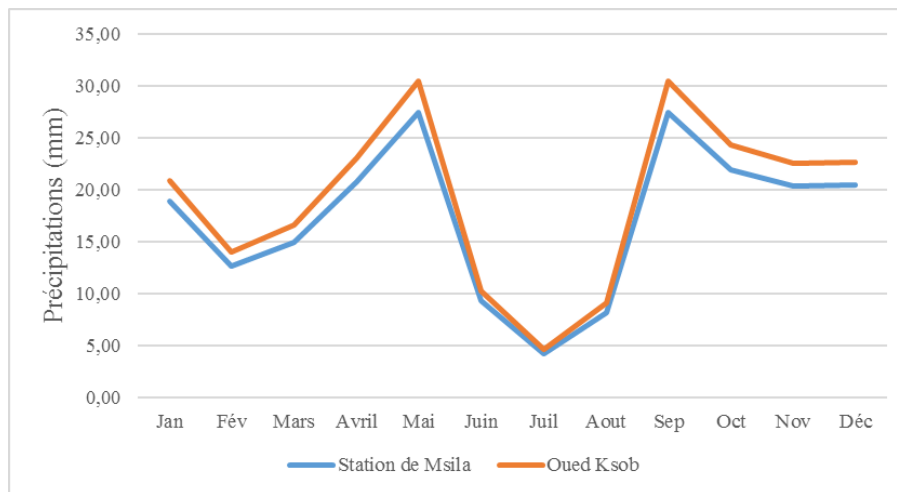


Figure 31 : Précipitations moyennes mensuelles et annuelles des stations d'étude (1988-2008)

SELTZER (1946), donne une pluviosité moyenne de 226mm/an représenté dans le tableau 5

Tableau 5 : Les précipitations moyennes et annuelles de la station de M'sila (1913-1938)

Mois	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D	Total
P(mm)	25	13	27	14	22	12	5	3	23	20	38	24	226

Si on fait une comparaison entre les données de SELTZER (1946) et les données récentes de la station météorologique de M'sila, on remarque que les quantités de précipitation sont proches les unes des autres.

Les mois de Novembre, Décembre, Janvier et Mars étaient plus arrosés qu'aujourd'hui, contrairement au mois d'Avril et Mai qui sont devenus plus humides qu'autrefois.

Les précipitations saisonnières sont calculées en se basant sur les valeurs mensuelles des précipitations qui sont consignées dans le (Tableau 6).

Tableau 6 : Le régime saisonnier des précipitations des stations d'étude

Saisons	Hiver	Printemps	Été	Automne	Total	Indicatif saisonnier
441 m	52,10	63,3	21,7	69,9	207	A.P.H.E.
553 m	57,74	70,15	24,05	77,46	229,40	A.P.H.E.

A = Automne / E = Été / P = Printemps / H = Hiver

Le régime de la station de M'sila et Oued Ksob est de type **A.P.H.E.** Les précipitations estivales (24,05mm à Oued Ksob et 21,7 mm à M'sila) sont nettement plus faibles que les autres saisons. L'Automne est plus humide (77,46 mm à Oued Ksob et 69,9 mm à M'sila) que les autres saisons. (Tableau 6)

III.2. Température :

La température représente un facteur limitant de première importance car elle conditionne la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (RAMADE, 2003). Les valeurs thermiques d'Oued Ksob ont été interpolées en se basant sur celles de la station de M'sila. Ces données figurent dans le tableau 7

Tableau 7 : Les températures moyennes mensuelles maximales et minimales (1988-2008)

Mois	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D	Moy
Station météorologique de M'sila (1988-2008) à 441m d'altitude													
T.min	3,2	4	7,3	10,3	15,6	20,6	24,1	23,9	18,9	14,3	8,1	4,4	12,89
T.max	14,2	16,5	20,7	23,5	28,3	35	38,8	38,3	32,6	26	19	14,3	25,60
Moy	8,7	10,3	13,9	16,8	22	27,8	31,6	31	25,7	20,2	13,5	9,4	19,24
La zone d'étude à 553 m													
T.min	2,75	3,55	6,85	9,85	15,15	20,15	23,65	23,45	18,45	13,85	7,65	3,95	12,44
T.max	13,42	15,72	19,92	22,72	27,52	34,22	38,02	37,52	31,82	25,22	18,22	13,52	24,82
Moy	8,08	9,63	13,38	16,28	21,33	27,18	30,83	30,48	25,13	19,53	12,93	8,73	18,63

T. min : moyenne des minimas **T. max** : moyenne des maximas **Moy.** : moyenne

Les données thermiques sur 10 ans nous permettent de distinguer les observations suivantes :

- Le maximum de température est enregistré en juillet.
- Le minimum de température est enregistré en janvier.
- Les moyennes thermiques mensuelles sont plus basses en janvier (le mois le plus froid) et les plus élevées en juillet (le mois le plus chaud).
- Les températures moyennes annuelles sont respectivement de 19.44°C à la station de M'sila, 18,82°C à la zone d'étude d'Oued Ksob. (Figure 32)

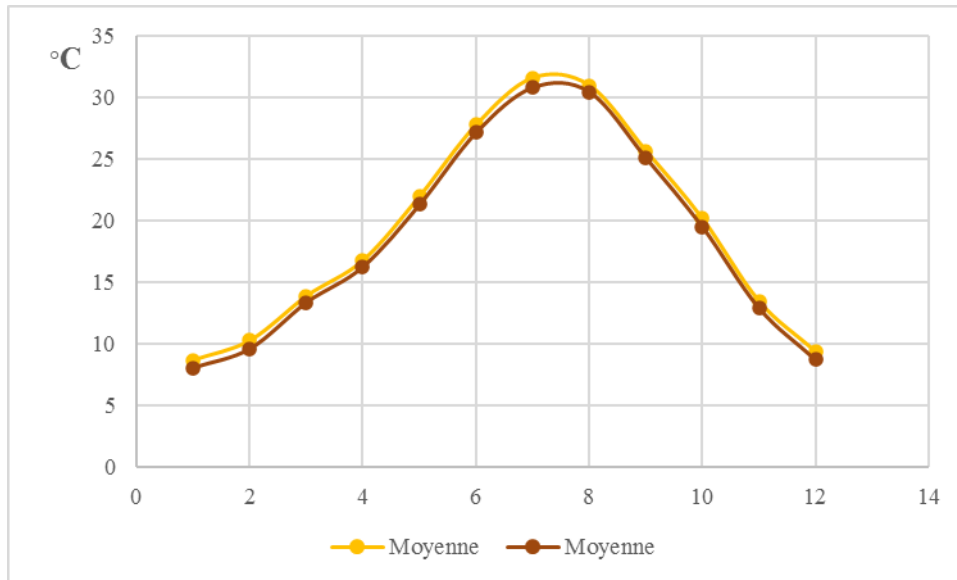


Figure 32 : Températures moyennes mensuelles des stations d'étude

Les autres facteurs climatiques :

Les vents :

La région de M'sila est dominée par des vents (4.1m/s), sont généralement de l'Est secondés par ceux du Nord-Est en période hivernale (25-30%) et diminue en été (5-10%). Le vent du Sud domine en été (20%) et diminue en Hiver jusqu'à (5%). Le vent chaud dit « **SIRROCO** » apparait durant les mois de Juin, Juillet et Aout. (Anonyme, 1971)

Tableau 8 : moyenne mensuelle de la vitesse du vent (station de M'sila, 1989-2007)

Mois	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D	Moyenne
Vitesse du vent (m/s)	3.6	3.9	4.3	5.2	4.6	4.6	4.4	4.1	3.8	3.7	3.6	3.8	4.1

La neige :

La durée d'enneigement moyen au sol, exprimé par le nombre de jours où le sol est couvert de neige, est une donnée très utile à connaître car plus la neige persiste au sol et plus le potentiel hydrique de celui-ci augmente. Assurant ainsi aux végétations une meilleure alimentation en eau. (DJEBAILLI, 1984).

A la région d'étude la durée d'enneigement est de 10 j/an de neige pendant la période hivernale qui donne un bon effet sur la végétation et l'infiltration de l'eau dans le sol.

La gelée blanche :

Tableau 9 : Nombre moyen de jours de gelée par mois (station de M'sila, 1988-2008)

Mois	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D
Nombre de jours gelés blanches	6	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3

Synthèse climatique

IV. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN :

Selon BAGNOULS et GAUSSEN (1953), un mois est considéré comme sec si le total mensuel des précipitations exprimées en millimètres est égal ou inférieur au double de la température moyenne mensuelle, exprimée en degrés centigrade. Cette formule ($P < 2T$) permet de construire des « Diagrammes Ombrothermique » traduisant la durée de la saison sèche d'après les intersections des deux courbes.

Ce diagramme obtenu à l'aide d'un graphique où les mois de l'année sont portés en abscisses, les précipitations et les températures moyennes mensuelles exprimé en mm et en °C respectivement, sont portés en ordonnée de gauche et de droite selon une échelle $P=2T$.

Le Diagramme Ombrothermique de la région d'Oued Ksob est établi à partir des données pluviométriques et thermiques moyennes mensuelles calculées sur une période de 10 ans.

La période sèche s'étale lorsque la courbe de pluviosité se trouve en dessous de la courbe de température ; il s'agit le plus souvent d'une saison sèche estivale. (OZENDA ,1982)

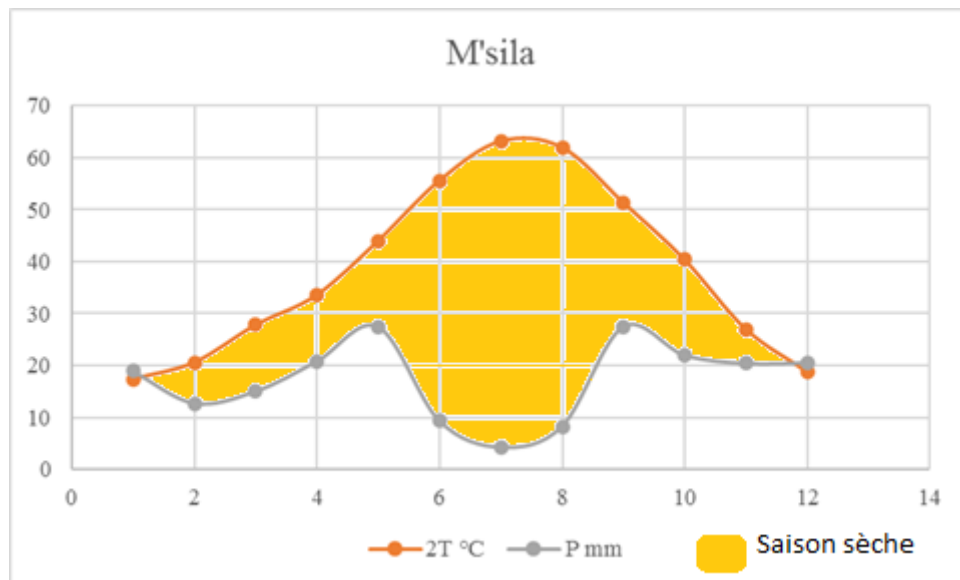


Figure 33 : Diagramme Ombrothermique de M'sila (1988-2008)

La région de M'sila présente une période sèche qui dure 10 mois, allant de février jusqu'au mois de Novembre. (Figure 33)

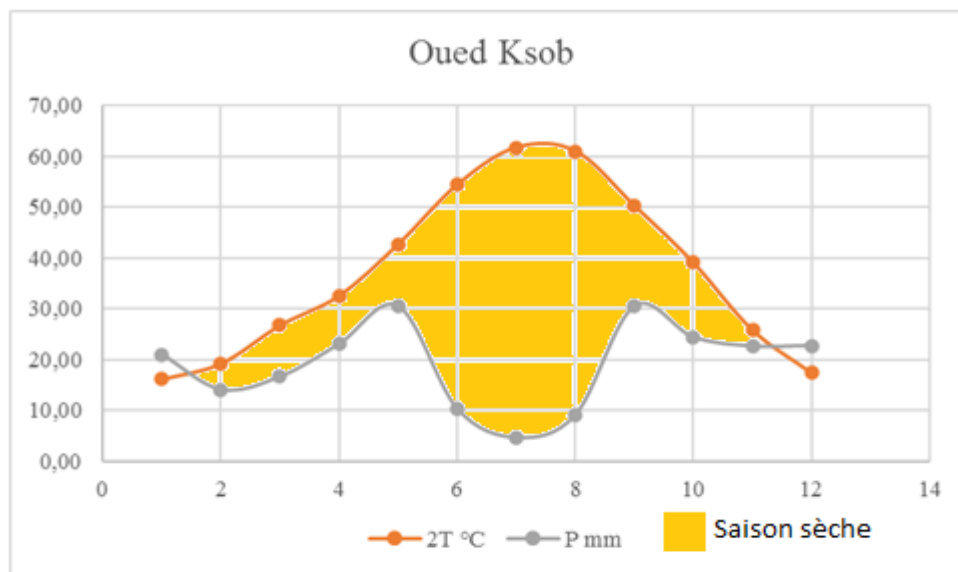


Figure 34 : Diagramme Ombrothermique de Oued Ksob (1988-2008)

La région d'Oued Ksob présente une période sèche qui dure 10 mois, allant de février jusqu'au mois de novembre. Les deux mois humides de la station de Ksob sont plus arrosés que ceux de la zone de M'sila. (Figure 34)

V. Le Quotient pluviothermique ou climagramme d'Emberger

V.1. Quotient pluviothermique :

L'interférence entre la température et l'évaporation a conduit les biogéographes à proposer divers indices pluviothermiques ayant pour objet de mesurer la plus ou moins grande humidité ou aridité climatique. Le quotient pluviothermique d'Emberger (I_p) ou (Q_2), établi initialement pour les régions méditerranéennes, prend en considération le fait que l'évaporation annuelle est d'autant plus que l'amplitude thermique est plus grande. (RAMADE, 2003).

Les travaux d'Emberger (1930, 1936, 1955) consistent à définir et classer les climats méditerranéens de point de vue biogéographique (étage bioclimatiques) selon la formule suivante (Quotient pluviothermique)

L'expression du Quotient pluviothermique d'EMBERGER est la suivante :

$$I_p = 1000 * [P / ((M+m) / 2) * (M-m)]$$

Soit encore : $Q_2 = 2000P / (M^2 - m^2)$

- Q_2 : Quotient pluviothermique d'EMBERGER.
- P : La pluviosité moyenne annuelle en mm.
- M : La moyenne des maximums du mois le plus chaud en degrés kelvin.
- m : La moyenne des minimums du mois le plus froid en degrés kelvin.

« Les températures sont exprimées en degrés kelvin où $t^{\circ} K = t^{\circ} C + 273$ ».

L'usage du Quotient pluviothermique permis à son auteur de proposer une classification des climats méditerranéens qui est fort utile en écologie. (RAMADE, 2003).

D'après LE HOUERO (1995) :

- La zone semi-aride :

Pluviosité moyenne annuelle : 400 à 600 mm.

Longueur de la saison pluvieuse : 15 à 100 jours.

Q_2 : 40 à 80.

- La zone aride :

Pluviosité moyenne annuelle : 100 à 400 mm.

Longueur de la saison pluvieuse : 15 à 100 jours.

Q_2 : 10 à 45.

- La zone hyperaride :

Pluviosité moyenne annuelle : inférieure à 100 mm.

Longueur de la saison pluvieuse : 0 à 15 jours.

Q_2 : inférieure à 10.

En Algérie, Stewart (1969, 1957 in Meddour, 2010) a montré que le quotient pluviothermique d'EMBERGER, après simplification, peut s'écrire :

$$Q_2 = 3.43 P / (M - m)$$

V.2. Pour la station de M'Sila :

Tableau 10 : Les valeurs du quotient pluviométrique des deux stations

Station météorologique de M'sila				
Étage Bioclimatique	P mm	T max °C	T min °C	Q ₂
Aride à hiver tempéré	207	38,8	3,2	19,78
Oued Ksob				
Étage Bioclimatique	P mm	T max °C	T min °C	Q ₂
Aride à hiver frais	229,4	38,02	2,75	22,17

Selon le climagramme d'Emberger représenté dans la figure 35, on constate que la région de M'sila (Nouara) est située dans l'étage bioclimatique aride à hiver tempéré et la station Oued Kson est situé dans l'étage bioclimatique aride à hiver frais.

Climagramme d'Emberger :

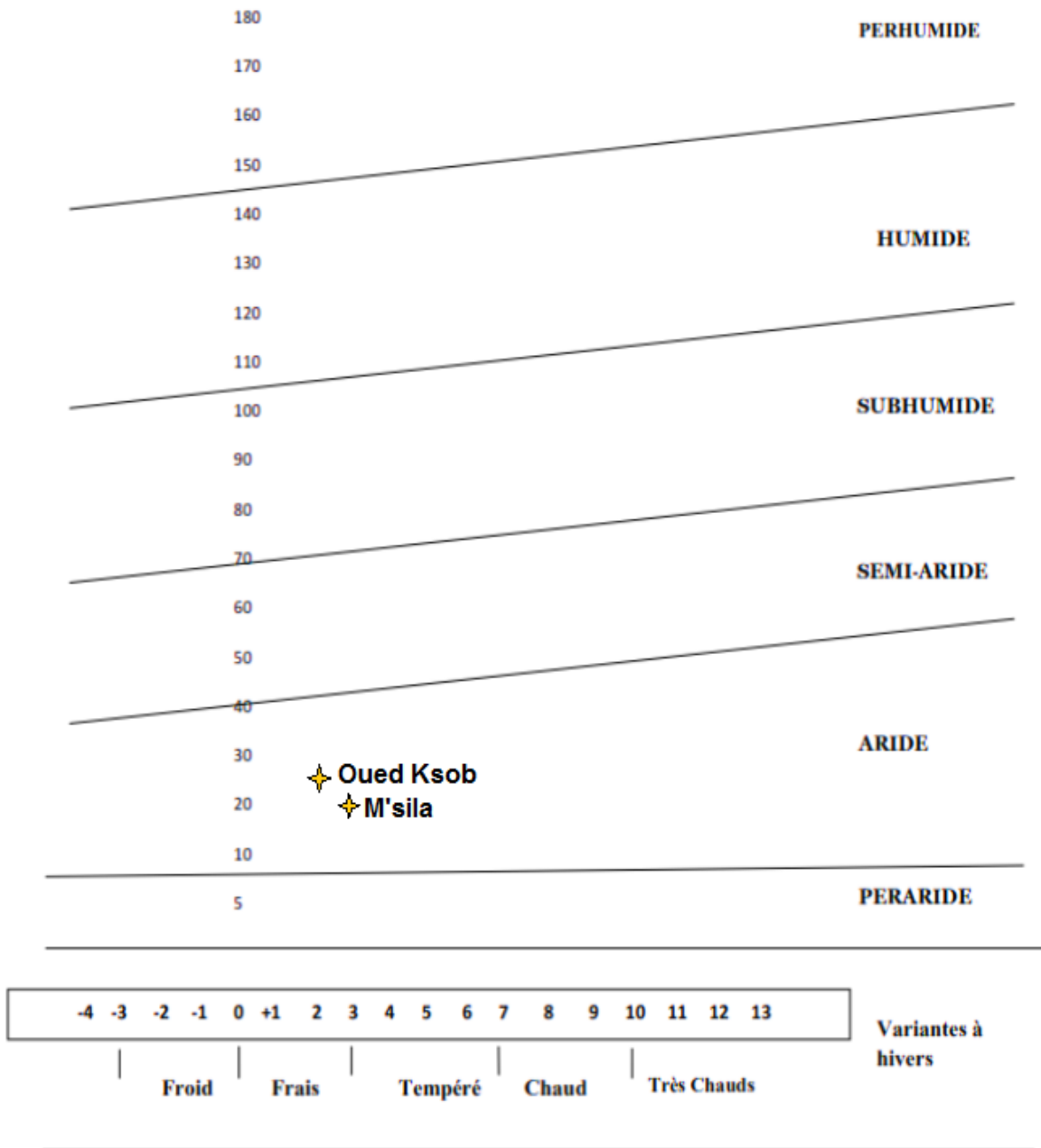


Figure 35 : Climagramme d'Emberger avec une représentation de l'emplacement du climat de la région d'étude (1988-2008).

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

S'il est bien évident que l'espèce *H. avenae* est présente dans divers environnements et systèmes de culture céréalière d'Algérie, ce nématode reste inconnu par nos agriculteurs, la maladie passe inaperçue vu l'absence de symptômes spécifiques et l'amplitude de l'infestation reste inconnue surtout dans les systèmes de culture traditionnels.

Ce travail a été programmé dans le but de rassembler des données préliminaires concernant la localisation des nématodes à kystes des céréales dans la région de M'sila non étudiée malgré la présence de cette culture soit en plein champ soit en tant que culture intercalaire et de confirmer les résultats trouvés par Hamlaoui et Saïde, 2019.

Afin d'atteindre ce but, les travaux de Hirane et Rahmouni (2017) concernant l'état d'infestation de quelques parcelles céréalières situées à M'sila à savoir khmaïsse, Selmane et Oulade Madi et d'autres appartenant à la région de Sétif à savoir Ain Trick et ITGC on permit de déceler la présence de ce nématode dans 9 parcelles sur 15 parcelles prospectées, ce qui représente un taux de 60 % de parcelles infestées.

Les niveaux d'infestation sont cependant variables d'une région à une autre. Les plus élevés sont observés au niveau des parcelles de Khmaïsse (161,66 kystes / kg de sol), suivi de celles de Ain trick (64,33 kystes /Kg de sol) et les plus faibles sont enregistrés à Oulade Madi et Selmane (16 à 16, 33 kystes / kg de sol). Elle est nulle dans la station de l'ITGC de Sétif (1kyste/ Kg de sol).

L'étude morphométrique des kystes a révélé l'existence de plusieurs espèces appartenant au groupe *Heterodera avenae* à savoir *H. latipons* ; *H. filipjevi* ; *H. bifenestra* ; *H. hordecalis*, réparties sur les quatre régions d'étude soit en mélange ou isolées.

Cependant, les prospections effectuées par Hamlaoui et Saïde (2019) dans la région de M'sila dans quatre stations à savoir M'tarfa ; Oued Ksob ; Nouara et Ouled Adi lagbala ont révélé la présence des *Heterodera* dans 9 parcelles céréalières sur 12 parcelles prospectées, soit un taux d'infestation de 75 %.

Cependant l'infestation varie selon la localité et selon les parcelles, ainsi, la région d'Ouled Adi Lagbala est exempte de kyste donc indemne.

Les degrés d'infestation enregistrés passent de 2 kystes / kg de sol dans la région de M'tarfa à 25.66 Kystes /kg de sol dans la région de Nouara. Ces résultats dévoilent la faible infestation de presque la totalité des parcelles avec des taux inférieurs à 6 kystes / Kg de sol.

L'étude morphologique des kystes a révélé l'existence de plusieurs espèces appartenant au groupe *avenae* à savoir *Heterodera bifenestra* ; *Heterodera filipjevi* ; *Heterodera sp* réparties respectivement dans la station d'Oued Ksob, de Nouara et de M'tarfa.

Aussi, deux espèces appartenant au groupe *Cactodera* localisées dans la région d'Oued Ksob ainsi qu'une espèce appartenant au groupe *goettingiana*, il s'agit de l'espèce *Heterodera crucifera* dans la station de Nouara.

Au grand regret du groupe de travail, ces résultats n'ont pas pu être confirmés et poursuivis vu le problème de confinement imposé.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques.

- Abba N., Aouimeur S., Guezoul O., 2015.** Criocère des céréales (*Oulema melanopus*). Laboratoire de Bio ressources Sahariennes : Préservation et Valorisation Faculté Science de la Nature et de la Vie, Ouargla 30 000 (Algérie).
- ANDERSON S., 1968.** Variation in infection ability of *Heterodera avenae*. Rev.Nematologica, Vol. 11, pp. 121-124, London.
- Anonyme, 1996-ITGC., 1996.** Les semences de céréales à paille. Vespa. R et clae y Agri- Nathan. 94p.
- Anonyme, 2004.** Inventaire myrmécologique de la réserve naturelle volontaire trésor. Rapport de mission 10 au 25 janvier 2004, PP13-15.
- Anonyme.** *Classification des sols*. Paris: Laboratoire de Géologie - Pédologie de l'ENSA, 1967.
- Anonyme.** *World basemap*. Édité par Garmin. 2018.
- Aouali S., Douici khalfi A., 2009.** Recueil des principales maladies fongiques des céréales en Algérie : symptômes, développement et moyens de lutte. ITGC-ISBN 978-9961-881-17-0. p8.
- B'Chir M.M., Kallel S., Namouchi-Kachouri N. 2007.** Incidence d'*Heterodera avenae* sur le blé dur, *Triticum durum*, sous les conditions naturelles tunisiennes. *Nematol. medit*: 1-22.
- BACHELIER G., 1978.** *La faune des sols : son écologie et son action* O.R.S.T.O.M, Paris ,400 p.
- BALDWIN J. G. and MUNDO-OCAMPO M., 1991.** *Heteroderinae cyst- and noncyst-forming nematodes* In: *Manual of Agricultural Nematology*. Ed. NICKLE W.R. MarcelDekker Inc., New York: 275-362.
- BANYER R. J. et FISCHER J. M., 1971.** Effet of température 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.
- Belaid D., 1986.** *Aspect de la céréaliculture algérienne*. Ed. O.P.U, Coll. Cours d'Agronomie, Alger, 207 p.
- Belkharchouche, H., Fellah, S., Bouzerzour, H., Benmahammed, A., et Chella, N. 2009.** Vigueur de croissance, translocation et rendement en grains du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions arides. *Courrier au savoir*, 9; 17-24.

Ben Abid-Zarrouk S. 2012. Une approche par les sciences économiques comportementales, Recherches et éducation, n°6, 55-70.

Ben Abid-Zarrouk S. 2012. « Une étude empirique de l'influence des échanges sur les forums dans la réussite en enseignement en ligne : le cas du DAEU en ligne », Les dossiers des sciences de l'éducation, n°27, p.155-175.

Blanchard A. 2007. Identification, polymorphisme et évolution moléculaire de gènes du pouvoir pathogène chez le nématode à kyste de la pomme de terre *globodera pallida*. Thèse de doctorat, Université de Rennes 1 : 264 p.

BNEDER. *Carte pédologique.* Alger: Direction générale des forêt, 2007.

Bonjean et Picard., 1990. Les céréales à paille : origine, histoire, économie, sélection. Softword–Groupe ITM, Paris, 208 p.

BOULAINÉ., 1971. Hydro pédologie des écoles nationales de génie rural, des eaux et des forets. Alger, 122p.

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.

BOVEY R., 1979. La décence des plantes cultivent, la maison rustique, Paris, 863p.

BOYADGIEV, T.G. *Les sols du Hodna, Etude des ressources naturelles et expérimentation et démonstration agricoles dans la région du Hodna, Algérie.* . ROME: FAO, 1975.

Bozzini A. 1988. « Origin, distribution, and production of durum wheat in the world. » Dans Fabriani G. et C. Lintas (éd). Durum: Chemistry and Technology. AACC (Minnesota), États-Unis. p. 1-16.

Brown R.H. 1984. Ecology and control of cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*) in Southern Australia. *Journal of Nematology* 16(3): 216-222.

C.P.C.S, 1967. *Classification des sols. Laboratoire de géologie, pédologie de l'E.N.S.A.* Paris: grignon.

CAPISANO, 1997. Orges de brasserie, les préférées des malteurs - Cultivar, no 392-PP27-28.

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

Caubel G., Persson F., et Rivoal R., 1980. Les nématodes dans les rotations céréalières; perspectives agricoles N° 36, pp : 31-48.

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

Chabert A, Buisson A, Brun F, Ruck L, Champeil A, Thibord JB. 2012. Effets des systèmes de production sur les populations de nématodes nuisibles aux grandes cultures : recherche de méthodes pratiques de diagnostic et de gestion des risques. *Innovations Agronomiques* 25: 205–217.

Chitwood D., 2003. Research on plant-parasitic nematode biology conducted by the United States Department of Agriculture - Agricultural Research Service. United States Département of Agriculture. June 2003. *Pest Management Science* 59(6-7):748-53.

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

CLEMENT, M., GRANCOURT J., et PRATS., 1971. Les céréales, Ed, J-B Baillière, Paris, pp : 14-42 congeres, 157 p.

CLEMENT, M., GRANCOURT J., et PRATS., 1970. Les céréales. Collection d'enseignement agricole. 2ème Ed. 351-360 p.

COYNE, D.L., NICOL, J.M. ET CLAUDIUS-COLE, B., 2010. *Les nématodes des plantes: Un guide pratique des techniques de terrain et de laboratoire*. Secrétariat SPIPM, Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA), Cotonou, Benin,131p.

Crête P. 1965. Précis de botanique .Tome II, systématique des angiospermes .2^{ème} édition, Paris : 11-38.

Dababat A, Imren M, Erginbas-Orakci J, Ashrafi S, Yavuzaslanoglu E, Toktay H, et al. 2015. The importance and management strategies of cereal cyst nematodes, *Heterodera* spp, in Turkey. *Euphytica* 202(2): 173–188.

Dababat A.A., Fourie H. 2018. Nematode parasites of cereals. p. 163–221. In: “Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture” (Sikora R.A., Coyne D., Hallmann J., Timper P., Eds.). CAB International. DOI: 10.1079/9781786391247.0163.

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 nématodes parasites des cultures. La littorale S.A. Ed. Bézier. 42p.

Djamel Smaha¹, Fouad Mokrini^{2*}, Mustafa Imren³, Aissa Mokabli⁴, Abdelfattah A. Dababat; 2019. Morphological and molecular identification of cyst nematode species (*Heterodera* spp.) in Algerian cereal fields. *Journal of Plant Protection Research* ISSN 1427-4345. DOI: 10.24425/jppr.2019.130809.

DJERMMOUN A, 2009. La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques, Revue *Nature et Technologie*, Université de Hassiba Benbouali de Chlef, 89p.

DSA., 2017. Direction des services agricoles de wilaya de M'sila, Rapport sur la commune de M'sila. Service statistique agricoles de la commune de M'sila.

FAURIE et al., 2003. Ecologie Approche Scientifique et pratique (6ed). Paris; Lavoisier.467 P.

Feillet, P. 2000. Le grain de blé : composition et utilisation. INRA. Paris. Feldman, P.D. (1976). Nitric Oxide gamma band emission in an aurora. *Geophysical Research Letters* 3: doi: 10.1029/GL003i001P00009. Issan: 0094_8276. Flozwes T.J, (2004). Improving crop salt tolerance. *J. Exp. Bot.*, 55, 307-19.

Feldman et sears, 1981. Les ressources génétiques du blé. Pour la science N°42 pp. 35-38.

Fisher J. M., 1982. Problems with the use of resistance in wheat to the Australian pathotype of *Heterodera avenae*. *EPPO Bull.*, 12, 417-421.

FRITAS S, 2012. *Etude bioécologique du complexe des insectes liés aux cultures céréalières dans la région de Batna (Algérie)*.thèse de Magister en Ecologie et biologie des populations. Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, 115 pages.

GAIRE R., PRICE T. J. A. et FIDDIAN W. E. H., 1965. Cereal root eelworm *Heterodera avenea* and spring barley varieties. *Nematologica*, E.J. Brill, Leiden, Vol.pp.267- 272.

GODON B., 1991. Les constituants des céréales: nature, propriétés et teneurs PP2-19 in biotransformation des produits céréaliers GODON B. Tec et DOC. Lavoisier. Paris. 221 pages.

GRAHAM C. W., 1980. The effects of rainfall and soil type on the population dynamics.

Grandcourt M.C. et Prats J. 1970. Les céréales. 2ème édition, Revue et Augmentée. Editeurs Baillièrre et Fils, p. 22.

GRECO N., 1981. Hatching of *Heterodera carotae* and *H. avenae*. *Nematologica* 27, 366-371.

Haddadi, Hamed, Richard Mortier, Derek McAuley, and Jon Crowcroft. 2013. Humandata interaction. Technical report UCAM-CL-TR-837. Computer Laboratory, University of Cambridge, June.

Hammadache A., Abdellaoui Z. et Aknine M., 2002. Facteurs agrotechniques d'amélioration de la productivité du blé dur en Algérie. Cas de la zone sub-humide. *Revue Recherche agronomique*, 10: 05 – 18.

HAMROUN W., 2006. Etat d'infestation de quelque région céréalière d'Algérie. Thèse Magister, Inst. Nat. Agro., El-Harrach, 121 p.

HANDOO Z. A., 2002. A Key and Compendium to Species of the *Heterodera avenae* Group (Nematoda: Heteroderidae) *Journal of Nematology* 34(3):250–262.

HCDS., 2010. Haut-commissariat pour le développement de la steppe.

Herbier C., 2014. Le marché du blé dur. *Comité Technique Blé Dur Ouest Océan, Vouillé (79)* : 25p.

HODDA M. et LOWRENCE I., 2009. Potato cyst nematode in Australia. *Farming A head*, n° 208 (www.farmingahead.com.au).

JOHNSON P.W. et FUSHTEY S.G., 1966. The biology of the cyst nematode *Heterodera avenae* in Canada II-nematode development and related anatomical changes in roots of oats and corn. *Nematologica*, V. 12, Leiden, pp. 630-638.

JONES F.M., 1982. *The soil plant environment nematodes*. Ed. Southey, London, pp.64-82.

LACOMBE J.P. et GARCIN C., 1980. Résultats - récents obtenus avec l'aldicabe contre nématodes sur céréales à paille. Deuxième Conf. Sur les Maladies de plantes, Bordeaux, PP. 437-444.

LUC M. et MERNY G., 1963. *HETERODERA SACCHARZ N. SP.* (NEMATODA: TYLENCHOIDEA) parasite de la canne à sucre au Congo-Brazzaville. *Nematologica* 9 : 31-37.

M. Khalighi, A. Arzani, M. A. Poursiahbidi. 2008. Assessment of genetic diversity in *Triticum* spp. And *Aegilops* spp. using AFLP markers. *African Journal of Biotechnology* Vol. 7 (5), pp. 546-552, 4 March, 2008.

Malki M. et Redjel N., 2000. Produire du blé dur et /ou conserver l'écosystème : standardisation des politiques, comportement des agriculteurs et dégradation de l'écosystème. Actes du premier symposium international sur la filière Blé 2000 : enjeux et stratégies. ITGC. Février 2000, 39-43.

McDonald A.H et Nicol J.M. 2005. Nematode parasites of cereals. In: Bridge J., Luc M., Sikora R.A.: *Plant parasitic nematodes: subtropical and tropical agriculture*. 2nd edition, CABI Publishing: 918 p.

MEAGHER J.W., 1970. Seasonal fluctuation in number of larvae of the cereal cyst (*Heterodera avenae*) and *Pratylenchus minyus* and *Tylenchorhynchus brevidens* in soil. *Rev. Nematologica*, V. 16, Leiden, pp. 333-347.

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

MESKINE, M., et ABAD., 1983. Importance et répartition des nématodes phytoparasites associées aux cultures de blé et orge au Maroc. *EL AWANIA Maroc*, N°80, pp: 123-130.

Mitchinson S. 2009. New cyst nematode threats to cereals *In the UK. PhD Summary Report No. 13- Project No. RD-2005-3190.* Ed, HGCA: 1-29.

Mokabli A., 2006. Geographical distribution of the cereal cyst nematodes, *Heterodera avenae* and *H. latipons* and the susceptibility of some cereal cultivars to infection in Alegria. Ninth Arab Congress of Plant Protection, 19-23 November 2006, Damascus, Syria, p. E-112.

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. These Doct, Inst , Nat ,Agro . El Harrach, 63P.

Mokabli A, Tirchi N, Righi K, Labdeli F, Smaha D. 2016. Cereal cyst nematodes in Algeria: Main species, biology and effect on yields. F.R. Assia et al.: Cah. Agric. 2019, 28, 17 Page 9.

Mokabli A., 2001. Influence of temperature on the hatch of *Heterodera avenae* Woll. Populations from Algeria. 32.74 French National Institute for Agriculture, Food, and Environment (INRAE). DOI: [10.1163/156854101750236303](https://doi.org/10.1163/156854101750236303). March 2001 *Nematology* 3(2):171-178.

Mokabli A., 2002. *Biologie des nématodes à kyste des céréales (Heterodera) en Algérie. Virulence de quelques populations à l'égard de diverses variétés et lignées de céréales.* Thèse Doct., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 63p.

Mokabli A., Valette S., Rivoal R. 2001. Différenciation de quelques espèces de nématodes a kystes des céréales par électrophorèse sur gel d'acétate de cellulose. *Nematologia Mediterranea* 29: 103–108.

MOR M., COHN E. and SPIEGEL Y., 1992. Phenology pathogenicity and Pathotypes of cereal Cyst nematodes *Heterodera avenae* and *H. latipons* (Nematoda: Heteroderidae) in Israël. *Nematologica*. 38: 494–501.

Moule C., 1971. Phytotechnie spéciale II céréales. Ed. La maison rustique –Paris, 94 p.

Moule C., 1980. Les céréales. Ed. La maison rustique. Paris. 318 p.

MULVEY R.H., 1972. Identification of *Heterodera* cyst by terminal and cone top structures. *Can. J. Zool.* 50: 1277-1292.

NAMOUCHE-KACHO I N.ET B'CHI M.M., 2008. influence de la température sur contre ce nématode. Thèse de Docteur de troisième cycle de Biologie Animale, Univ, Cheikh Anta Diop, Dakar, 39p.

NEDJRAOUI D., 2001. Le profil fourrager en Algérie, 36p.

NICOL J.H., RIVOAL R., VALETTE S., BOLAT N., AKTAS H., et al ., 2003. The frequency and diversity of the cyst and lesion nematode on wheat in the Turkish central Anatolian plateau, *Journal of nematology*, N°4, 272p.

NICOL J.M. and RIVOAL R., 2008. Global knowledge and its application for the integrated control and management of nematodes on wheat. In: Integrated management and biocontrol of vegetable and grain crop nematodes. Eds. Ciancio A., Mukerji K.G., Springer Académique Publishing: Dordrecht, Netherlands: 251- 294.

NOBBS J.M., 1989. Identification of Heterodera and Globodera. Fourth inter Training course on the identification of plant parasitic nematodes of economic importance, *CAB International Institute of Parasitology*. 13p. Oats (*Avena sativa*). *Ann. Appl. Bio.*, 94: 243-253.

OUFROUKH F, and HAMADI, M. 1993. Maladies et ravageur des céréales. In benchabane K.D. et Ould-Mekgloufi L. 1998. Evaluation phénologique de quelques variétés d'orge (*hordeum vulgare* L.) et leur sensibilité vis-à-vis de *drechslera graminea* Rab. Mém. Ing Agro. INA. El harrach. PP59-62.

PANCHAUD- MATTEL. E., 1990. Possibilités d'utilisation pratique en agriculture contre les nématodes à galles et kystes : propriétés nématoides de quelques plantes P.H.M, revue horticole N° 309, septembre 1990. pp : 29-31.

PERRY R. N. AND MOENS M., 2006. *Plant Nematology*, Ed. CABI, USA, 463p.

PERSON-DEDRYVER F., 1989. Les nématodes. In : *Les ennemis et maladies des prairies*. Ed. INRA: 173-177.

Pokhare S., Pankaj., Shakil N.A., Kumar J., Singh K. 2012. Foliar application of chemical elicitors induces biochemical changes in wheat against the cereal cyst nematode, *Heterodera avenae*. *Nematol. Medit*, (2012), 40: 181-187.

Prats H., 1960. Vers une classification des graminées. *Revue d'Agrostologie Bull. Soc Bot. France*: 32-79.

Rajvanshi I. et Sharma G.L. 2007. Eco-friendly management of phytonematodes. First edition, Oxford Book Company. Jaipur, India: 306 p.

RAMADE., 2003. *Elément d'écologie : écologie fondamentale*. Paris; DUNOD. 690p.

REDDY P. P., 1983. *Plant nematology*. Agric. Publish. Acad., India, 287p.

Remini, B. Hallouche, W. 2005. Prévision de l'envasement dans les barrages du maghreb. *Larhyss J.*, n0 4, pp 69-80.

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

Richard Smiley., Abdelfattah A. Dababa., Sadia Iqbal., Michael G.K. Jones, 2017. Cereal Cyst Nematodes: A Complex and Destructive Group of Heterodera Species. See discussions, stats, and

author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/317797808>. Article in Plant Disease · June 2017 DOI: 10.1094/PDIS-03-17-0355-FE

Righi Assia1,* , Kada Righi1, Karima Boungab1 et Aissa Mokabli2, 2019. Étude de l'infestation des céréales par les nématodes à kyste « *Heterodera* spp. » et distribution des espèces en cause dans l'Ouest de l'Algérie. F.R. Assia et al.: Cah. Agric. 2019, 28, 17. <https://doi.org/10.1051/cagri/2019017> Cah. Agric. 2019, 28, 17 Page 2 de 10.

Righi K, Righi Assia F, Mokabli A. 2017. Infestation of cereal plots by the Cyst Nematode *Heterodera* spp in Western Algeria. Proceedings of the Sixth International Cereal Nematodes Symposium, Agadir, Morocco, 11–15 September.

Riley I., Nicol J., Dababat A.A. 2009. Cereal Cyst Nematodes: Status, Research and Outlook. Proceedings of the First Workshop of the International Cereal Nematode Initiative, 21–23 October, Antalya, Turkey.

RITTER. M., 1982. Importance des nématodes à kystes des céréales. Bull. OEPP. V 12. N° 4 pp : 307 -316.

Rivoal, R., Doussinault, G., Et Jahier, J., 1986. Resistance au développement d'*Heterodera avenae* WOLL chez différents espèces de *Triticum*, *Agronomie*, 6 : pp : 759-765.

Rivoal R, Bekal S, Valette S, Gauthier JP, BelHadjFradj M, Mokabli A, Jahier J, Nicol JM, Yahyaoui A. 2001. Vari-ation in reproductive capacity and virulence on different genotypes and resistance genes of Triticeae, in the cereal cyst nematode species complex. *Nematology* 3:581–592.

Rivoal R, Besse T, Morlet G, Penard P. 1986. Nuisibilité de nématode à kyste *H. avenae* et perspectives de lutte des nématodes céréalières intensives. In : Dix années d'études concertées INRA-ONIC-ITCF, 1973–1983. Paris (France) : INRA, pp. 153–173.

Rivoal R. And Cook R., 1993. *Nematode pests of cereals. In: Plant parasitic nematodes in temperate agriculture.* Ed. Evans. K., Trudgill D.L. and Webster J.M., CAB Int., -Wallingford, UK: 259-303.

Rivoal R., 1975. Le nématode à kystes des céréales, *Heterodera avenae* Woll., en France: nuisibilité, caractéristiques biologiques et perspectives de lutte. First Publisher: Décembre 1975. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.1975.tb02493.x>. EPPO Bulletin Volume 5, Issue 4.

Rivoal R., 1978. Biologie d' *Heterodera avenae* Wollenweber en France. 1. Différences dans les cycles d'éclosion et de développement des deux races Fr 1 et Fr 4. *Rev. Nématol.*, 1 : 171-179.

Rivoal R., 1986. Biology of *Heterodera avenae* Wollenweber in France. IV. Comparative study of the hatching cycles of two ecotypes after their transfer to different climatic conditions. *Rev. nématol.*, V. 9, N°4, pp. 405-410.

Rivoal R., Et Cook, R., 1993. Nematode pests of cereals .Plant parasite .Nemato In Temperate Agric, CAB .Inter: pp: 259 -303.

Rivoal, R., Person De Dryver, F., Et Doussinault, G., 1985. Polymorphismes chez les nématodes à kyste des céréales *Heterodera avenae* WOLL, conséquences sur sa nuisibilité et sur leur sélection de variété résistance en France. INRA .Centre de recherche de Renne laboratoire de Zoologie, pp : 743-749.

Rivoal, R ; Person, F ; Caubel, G et Scotto La Massese C., 1978. Méthodes d'évolution de la résistance des céréales au développement des nématodes *Ditylenchus dipsaci* *Pratylenchus*. Annales d'amélioration des plantes 28, pp. 371-394.

SACRISTAN J. C., SACRISTAN A. , et BELLO , A., 1983. Intéres de los recursos Filogenrtcos y de las varieda des resistente en el control de *Heterodera avenae* WOLL nématode spécifique impacto en el sector agrario .ITEA .V .exta .Nº2 , Espagne , pp : 333-347.

SCHNEIDER J., 1965. Le nématode des racines des céréales. Phytoma,défense des Cultures, pp. 17-21.

SHEPHERD A. M. CLARK, S. A., et DART, P. J., 1972. Cuticule structure genus *Heterodera* – *Nématologica*, V18, Leiden : pp : 1-17.

SIDDIQUI M.R., 2000. *Tylenchida parasites of plants and insects*. 2nd.Ed CABI Publishing. New York: 387- 413.

Singh H., et Yadav B.S. 1986. Plant Parasitic Nematodes of India, Problems and Progress. *Proc. Nat. Conf. IARI*, New Delhi: 3p.

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.

SMILEY R. W., 2016. Cereal Cyst Nematodes. Biology and management in Pacific Northwest wheat, barley, and oat crops. A Pacific Northwest Extension Publication (PNW 620) . Oreg., Univ.Idaho, Wash. Univ., 17p.

SMILEY R. W., 2017. *Cereal cyst nematodes: a complex and destructive group of pheterodera species*, university bendleton.

SMILEY R.W. et 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, 1-9 p.

SOLTNER D., 2005. La base de la production végétale Tom I. Le sol et son amélioration 24eme Edi. Collection science et technique agricole. 472p.

SOLTNER D., 1990. Les grandes productions végétales. Les collections sciences et techniques agricoles, Ed .17^{ème} édition, 464p.

SOSA MOSS. C., 1966. Contribution à l'étude d'un nématode phytoparasites *Heterodera avenae* Woll, thèse Fasci, Uni, Paris. p 140.

STONE A. R. and HILL A. J., 1982. Some problems posed by the *Heterodera avenae* complex. *Bulletin OEPP*, 12:317–320.

STRILING G. R., 1991. Biological Control of Nematodes: Progress Problems and prospects. Ed CAB International, Wallingford Oxon, 282 p.

STURHAN D., 1982. Species identification of European cereal and grass cyst nematodes by larval characters. *EPPO Bulletin* 12: 335-339.

Subbotin S.A., Vierstraete A., De Ley P., Rowe J., Waeyenberge L., Moens M. et Vanfleteren JR. 2001. phylogenetic relationships within the cyst-forming nematodes (*Nematoda*, *Heteroderidae*) based on analysis of sequences from the regions of ribosomal DNA. *Mol phylogenet evol.* 21:1-16.

Tatar, H. 1985. Les Milieux et l'Occupation du Sol dans le Bassin Versant du K'Sob. Thèse Doctorat.3^e cycle. Université de Caen (France).106 p.

Taylor A. L., 1968. *Introduction à la recherche sur les nématodes phytoparasites.* Manuel F.A.O., Rome, 135 p.

TORRENT A., 1995. Geness and properties of the sols mediterraneanregionuniversity federicoll, dip. disc. chimi - agrarie 111p. Thierriot C et Matari A., 1998: Peut ou encore parler de sécheresse au Sahara? ed. CRSTRA.

TRIGIANO, R. N., WINDHAM, M.T., et WINDHAM, A.S., 2004. Plant pathology: concepts and laboratory exerces. CRC press, Wachington, 702 p.

Valette S., Rivoal R., Mokabli A., Gauthier J.P., 2002. Variation in virulence of cereal cyst nematode populations from North Africa and Asia. *Nematology* 4 (4): 521–525. DOI: <https://doi.org/10.1163/156854102760290491>.

VOVLAS N., 1985. Morphologie and histology of the cereal cyst-nematode, *Heterodera avenae* Woll., attacking wheat, oat and barley in Italy. *Rev. Nematol. Medit.*, V. 13, pp. 87-96.

Wallwork S. 2000. Cereal leaf and stem diseases. 104p.

WILLIAMS, T. D., AND SIDDIQUI, R. R. 1972. *Heterodera avenae*. In: descriptions of plantparasitic nematodes. *Commonwelth Institute of Helminthology* set. N°2, clows et Sons Ltd, London, 4p.

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

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

Wuletaw T., Nachit M., Osman A., Rajaram S. 2016. Wheat Breeding at ICARDA Achievements and Prospects in the CWANA Region. Monitoring, Evaluation and Learn. Available on: <https://repo.mel.cgiar.org/handle/20.500.11766/6069>.

Yahiaoui D et Bekri N., 2014. Etude des méthodes de lutttes contre le ver blanc des Céréales (Geotrogus deserticola blanch) dans la région d'oran. Station Régionale de la Protection des Végétaux Missserghin – Oran – ALGERIE. 8 p.