



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET  
POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET  
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة عبد الحميد ابن باديس مستغانم

UNIVERSITE ABDEL HAMID IBN BADIS MOSTAGANEM

كلية علوم الطبيعة والحياة

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

قسم العلوم الزراعية

DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

Thèse en vue de l'obtention du diplôme de  
**Doctorat en Sciences Agronomiques**  
Option : Science du sol

Présenté par : MEKHANEG Abdelkader

Thème

**Etude des effets de la salinité des sols sur les nématodes à kystes  
(*Heterodera*) des céréales et dorés de la pomme de terre (*Globodera*).  
Cas des sols de la plaine du bas-Cheliff**

Devant le jury :

Président	LARID	Mohamed		Université Mostaganem UMAB
Directeur de thèse	BENKHELIFA	Mohammed	Pr	Université Mostaganem UMAB
Co-directeur de thèse	NEMMICHE	Saïd	Pr	Université Mostaganem UMAB
Examineur	BELKHODJA	Mouley	Pr	Université d'Oran Essenia
Examineur	MORSLI	Bouthkil	Pr	INRF Tlemcen
Invité	MOKABLI	Ali	Pr	Université Khemis Miliana

غالبًا ما يصاحب امتداد مناطق البطاطس والقمح الصلب في سهل شلف السفلي (Bas-Chélif) في الجزائر ظهور العديد من الظواهر البيولوجية الضارة، وأكثرها شراسة هي دودات الأرض ذات الاكياس (*Globodera ssp*) بالنسبة للبطاطس وتلك الخاصة بالحبوب (*Heteodera ssp*). يخضع سهل شلف السفلي لظاهرة التملح الثانوي للتربة، ويتميز بمستويات متوسطة عالية للتوصيل الكهربائي (EC) ، ودرجة الحموضة ومحتوى الحجر الجيري ( $CaCO_3$ ). ومع ذلك، من المهم أن تأخذ في الاعتبار الآثار التي يمكن أن تحدثها الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة، ولا سيما التوصيل الكهربائي (CE) ، على بنية مجتمع دودات الأرض ذات الاكياس. تظل هذه التأثيرات غير معروفة في حالة التربة المالحة إذا تم الرجوع إلى الوثائق العلمية في الموضوع.

الهدف من هذه الدراسة هو تسليط الضوء على تأثير ملوحة التربة في سهل شلف السفلي (Bas-Chelif) على درجة عدوانية دودات الأرض ذات الاكياس على محاصيل البطاطس (*Globodera ssp*) والحبوب (*Heteodera ssp*). أظهر التحليل النيوماتولوجي لـ 38 و 31 عينة على التوالي في حقول البطاطس والقمح الصلب أن نوعي دودات الأرض ذات الاكياس موجودان بقوة في السهل. نتيجة لذلك، يتراوح معدل الإصابة من قبل النوعين بين 50 و 100٪. يتراوح متوسط مستويات الإصابة في حقول البطاطس (*Globodera ssp*) والقمح الصلب (*Heterodera ssp*) على التوالي بين 1.88 و 14.70 وبين 0.55 و 11.38 (بييض + يرقات J2)  $g^{-1}$  من التربة. في ظل هذه الظروف، يتم تجاوز حد الضرر المحدد عند 10 (بييض + يرقات J2)  $g^{-1}$  من التربة في عدة قطع تم تحليلها.

أظهر التحليل الإحصائي ارتباطات معنوية بين التوصيل الكهربائي والرطوبة والنيتروجين الكلي في التربة ودرجة الإصابة بدودات الأرض ذات الاكياس. يرتبط التوصيل الكهربائي بشكل سلبي بدرجة الإصابة مع دلالة 77٪ لـ *Globodera* و 65٪ لـ *Heterodera*. ترتبط رطوبة التربة والنيتروجين الكلي بشكل إيجابي مع نوعي دودات الأرض ذات الاكياس.

**الكلمات المفتاحية:** ملوحة التربة، دودات الأرض ذات الاكياس، البطاطس، القمح الصلب، سهل شليف السفلي الجزائر.

## Summary

---

The extension of potato and durum wheat areas in the Lower Chélif plain in Algeria is often accompanied by the manifestation of several bio-aggressors, the most aggressive of which are potato cyst nematodes (*Globodera ssp*) and cereal nematodes (*Heteodera ssp*). The Lower Chélif plain is subject to secondary salinization and is characterized by high average values of electrical conductivity (EC), pH and limestone content ( $\text{CaCO}_3$ ). Nevertheless, it is important to consider the effects that may have the physic-chemical properties of soil, in particular the EC, on the structure of the cyst nematode community. These effects remain poorly known in the case of salty soils according to the literature.

The objective of this study is to highlight the effects of soil salinity in the Lower Chelif plain on the degree of aggressiveness of cyst nematodes on potato (*Globodera ssp*) and cereal (*Heteodera ssp*) crops. Nematological analysis of 38 and 31 samples respectively from potato and durum wheat fields shows that both nematode species are strongly present in the plain. As a result, the frequency of infestation by both species varies between 50 and 100%. The average levels of infestation of potato (*Globodera ssp*) and durum wheat (*Heterodera ssp*) plots vary between 1,88 and 14,70 and between 0,55 and 11,38 (ouefs + larvae-J2).g<sup>-1</sup> of soil, respectively. Under these conditions, the threshold of harmfulness set at 10 (ouefs + larvae-J2).g<sup>-1</sup> of soil is exceeded in several plots analyzed.

Statistical analysis shows significant correlations between EC, total soil weight moisture and nitrogen, and levels of infestation of the two nematodes. EC is negatively correlated with the degree of infestation with a significance of 77% for *Globodera* and 65% for *Heterodera*. Soil moisture and total nitrogen are positively correlated with both nematode species.

**Keywords:** soil salinity, cyst nematodes, potato, durum wheat, Lower Chélif plain Algeria.

## Résumé

---

L'extension des superficies de pomme de terre et de blé dur dans la plaine du bas-Chélif en Algérie est souvent accompagnée par la manifestation de plusieurs bio-agresseurs dont les plus redoutables sont les nématodes à kyste de la pomme de terre (*Globodera ssp*) et ceux des céréales (*Heteodera ssp*). La plaine du bas Chélif est soumise au phénomène de salinisation secondaire, elle est caractérisée par des valeurs moyennes de la conductivité électrique (CE), du pH et de la teneur en calcaire ( $\text{CaCO}_3$ ) élevées. Néanmoins, il est important de prendre en compte, les effets que peuvent avoir les propriétés physico-chimiques du sol, notamment la CE, sur la structure de la communauté des nématodes à kyste. Ces effets demeurent peu connus dans le cas des sols salés si l'on se rapporte à la littérature.

L'objectif de la présente étude est de mettre en évidence les effets de la salinité de sols de la plaine du bas-Chelif sur le degré d'agressivité des nématodes à kystes sur les cultures de pomme de terre (*Globodera ssp*) et de céréales (*Heteodera ssp*). L'analyse nématologique de 38 et 31 prélèvements respectivement dans les champs de la pomme de terre et du blé dur montre que les deux espèces de nématodes sont fortement présentes dans la plaine. De ce fait, la fréquence d'infestation par les deux espèces varie entre 50 et 100 %. Les degrés d'infestation moyens des parcelles de pomme terre (*Globodera ssp*) et celles de blé dur (*Heterodera ssp*) varient respectivement entre 1,88 et 14,70 et entre 0,55 et 11,38 (ouefs+larves-J2).g<sup>-1</sup> de sol. Dans ces conditions, le seuil de nuisibilité fixé à 10 (ouefs+larves-J2).g<sup>-1</sup> de sol est dépassé dans plusieurs parcelles analysées.

L'analyse statistique fait ressortir des corrélations significatives entre la CE, l'humidité pondérale et l'Azote total du sol et les degrés d'infestation des deux nématodes. La CE est négativement corrélée au degré d'infestation avec une signification de 77% pour *Globodera* et 65% pour *Heterodera*. L'humidité du sol et l'azote total sont corrélés positivement avec les deux espèces de nématodes.

**Mots clés :** salinité du sol, nématodes à kyste, pomme de terre, blé dur, plaine du Bas-Chélif Algérie.

# Table des matières

ملخص.....	2
Summary .....	3
Résumé.....	4
Table des matières .....	5
Liste des tableaux .....	8
Liste des figures .....	10
Liste des abréviations.....	13
Remerciements.....	14
Introduction .....	15
Première partie - Synthèse bibliographique .....	18
Chapitre I - Effets de la salinité des sols sur les plantes .....	19
I-1 Les sols salés en Algérie .....	19
I-2 Diagnostic de la salinité des sols, la conductivité électrique (CE) .....	21
I-3 Dégradation des sols par salinisation .....	22
I-4 Effets de la salinité sur la biologie du sol .....	23
I-5 Effets de la salinité sur les plantes .....	24
Chapitre II – Situation et contraintes de la production agricole dans la plaine du Chélif.....	26
II-1 Importance et contraintes de la production céréalière dans la plaine du Chélif .....	26
II-1.1 Etat des lieux de la production des céréales dans la plaine du Cheliff.....	26
II-1.2 Principales contraintes de production des céréales .....	32
II-2 Contraintes de la production de la pomme de terre .....	33
II-2.1 Situation et importance de la pomme de terre.....	33
II-2.2 Les principaux facteurs limitant la production de la pomme de terre.....	37
II-2.3 Dégâts causés par les nématodes dans la production de la pomme de terre .....	37
Chapitre III-Les nématodes à kyste des céréales <i>Heterodera</i> et de la pomme de terre <i>Globodera</i> .....	39
III-1 Les nématodes à kystes du genre <i>Heterodera</i> .....	39
III-1.1 Extension géographique .....	40
III-1.2 Morphologie et cycle de vie .....	40
III-2 Les nématodes à kystes du genre : <i>Globodera</i> .....	42
III-2.1 Extension géographique .....	42
III-2.2 Morphologie et cycle de vie.....	43
III-2.3 Mode de dissémination des nématodes phytoparasites.....	46
III-2.4 Gestion des nématodes phytoparasites .....	46
III.2.4).1 Mesures prophylactiques.....	46

III.2.4).2	Les méthodes de lutte physique.....	47
III.2.4).3	Les méthodes de lutte biologique.....	47
III.2.4).4	La lutte chimique.....	47
III.2.4).5	La lutte génétique.....	48
<b>Deuxième partie - Etude Expérimentale .....</b>		<b>49</b>
<b>Chapitre IV- Matériels et méthodes .....</b>		<b>50</b>
<b>IV-1</b>	<b>Présentation de la région d'étude.....</b>	<b>50</b>
IV-1.1	Situation géographique.....	50
IV-1.2	Données climatiques .....	51
IV-1.3	Ressources en eau.....	55
IV-1.4	Données pédologiques.....	57
IV-1.5	Usage des sols et conduite de l'irrigation.....	59
<b>IV-2</b>	<b>Echantillonnage et méthodes d'analyses .....</b>	<b>60</b>
IV-2.1	Extraction et comptage des nématodes .....	62
IV-2.2	Analyses physicochimiques du sol.....	66
IV.2.2).1	Potentiel d'hydrogène (pH) .....	66
IV.2.2).2	Conductivité électrique (CE) .....	67
IV.2.2).3	Calcaire total (Méthode de Calcimètre).....	67
IV.2.2).4	Carbone organique total (Méthode de Walkley et Black) .....	67
IV.2.2).5	Humidité pondérale .....	67
IV.2.2).6	Traitement et analyse des données .....	68
IV-2.3	Cartographie et Krigeage .....	68
<b>IV-3</b>	<b>Enquête sur les nématodes auprès des agriculteurs .....</b>	<b>70</b>
IV-3.1	Choix des agriculteurs enquêtés .....	70
IV-3.2	Elaborations du questionnaire .....	70
<b>CHAPITRE V- RESULTATS ET DISCUSSIONS.....</b>		<b>71</b>
<b>V-1</b>	<b>Résultats physico-chimiques et nématologiques .....</b>	<b>71</b>
V-1.1	Caractéristiques physicochimiques des sols.....	71
V.1.1).1	Texture.....	71
V.1.1).2	pH .....	71
V.1.1).3	Calcaire total (CaCO <sub>3</sub> ).....	72
V.1.1).4	Matière organique.....	73
V.1.1).5	Conductivité électrique.....	73
V-1.2	Résultats nématologiques .....	75
V.1.2).1	Fréquence de l'infestation.....	75
V.1.2).2	Degré d'infestation .....	77
V-1.3	Analyse en composante principales .....	78
V-1.4	Variographie.....	83
V-1.5	Cartographie .....	84

<b>V-2</b>	<b>Discussions des résultats physico-chimiques et nématologiques .....</b>	<b>87</b>
<b>V-3</b>	<b>Discussions des résultats de l'enquête .....</b>	<b>91</b>
V-3.1	Présentation des exploitations .....	91
V-3.2	Mode de conduite des cultures et analyse nématologique .....	93
	<b>Conclusion .....</b>	<b>101</b>
	<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>104</b>
	<b>Annexes.....</b>	<b>118</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1-</b> Pourcentage des superficies par la salinisation dans les périmètres irrigués dans l'ouest de l'Algérie (INSID, 2003). .....	20
<b>Tableau 2-</b> Echelle de salure en fonction de la CE de l'extrait aqueux 1/5 (U.S. S. L. Staff. 1954). .....	22
<b>Tableau 3-</b> Echelle de salure de la CE eps (US Salinity Laboratory) (U.S. S. L. Staff. 1954). .....	22
<b>Tableau 4-</b> Classification de la salinité des sols en fonction de leurs effets sur la croissance et le rendement des plantes (Abrol et al. 1988). .....	23
<b>Tableau 5-</b> Données pluviométriques année 2001/2002 et moyennes interannuelles (1968- 2001), d'après l'ABH-CZ, 2004. ....	52
<b>Tableau 6-</b> Températures moyennes mensuelles et pluies mensuelles (période 1975 à 2006). (O.N.M (2008). .....	53
<b>Tableau 7-</b> Les ressources en eau mobilisées dans le Bassin du Chélif.(ABH Chlef, 2008). .....	57
<b>Tableau 8-</b> Statistiques générale des différents paramètres physico-chimiques des échantillons de sol dans les parcelles de blé dur selon leur origine au sein de la plaine de Chélif. ....	74
<b>Tableau 9-</b> Statistiques générale des différents paramètres physico-chimiques des échantillons de sol dans les parcelles de la pomme de terre selon leur origine au sein de la plaine de Chélif. ....	75
<b>Tableau 10-</b> Fréquence de l'infestation de dans les différentes parcelles échantillonnées de blé dur échantillonnées par <i>Heterodera ssp</i> et de la pomme de terre échantillonnées par <i>Globodera ssp</i> selon leur origine au sein de la plaine de Chélif. ....	77
<b>Tableau 11-</b> Matrice de corrélation linéaire entre les paramètres du sol et la fréquence, degré d'infestation des parcelles de pomme de terre par le nématode <i>Globodera ssp</i> (Les valeurs significatives sup à 0,5 sont soulignées). ....	78
<b>Tableau 12-</b> Matrice de corrélation linéaire entre les paramètres du sol et la fréquence, degré d'infestation des parcelles de blé dur par le nématode <i>Heterodera ssp</i> (Les valeur significatives sup à 0,5 sont soulignées). ....	79
<b>Tableau 13-</b> Variance total expliquée de l'analyse en composantes principales paramètres de sol et les degrés d'infestation de <i>Globodera ssp</i> dans les champs de la pomme de terre). ....	80
<b>Tableau 14-</b> Qualité de représentation des différentes variables sur les deux axes de la matrice des composantes (paramètres de sol et le degré d'infestation de <i>Globodera ssp</i> dans les champs de la pomme de terre). ....	80
<b>Tableau 15-</b> Variance total expliquée de l'analyse en composantes principales des paramètres de sol et les degrés d'infestation de <i>Heterodera ssp</i> dans les champs de blé dur. ....	82
<b>Tableau 16-</b> Qualité de représentation des différentes variables sur les deux axes de la matrice des composantes (paramètres de sol et le degré d'infestation de <i>Heterodera ssp</i> dans les champs de blé). ....	82

<b>Tableau 17-</b> Modèle et paramètres des variogrammes théoriques ajustés aux degrés d'infestation des sols par les nématodes à kyste <i>Globodera ssp</i> et <i>Heterodera ssp</i> . .....	83
<b>Tableau 18-</b> Importance des cultures de la pomme de terre et de blé au niveau des exploitations enquêtées. ....	91

## Liste des figures

---

<b>Figure 1</b> -Répartition des sols salins en Algérie. (INSID, 2008). .....	20
<b>Figure 2</b> -Carte de la salinité au niveau de la plaine du bas Chélif estimée par Krigeage à variogramme local (Douaoui, 2005).....	21
<b>Figure 3</b> - Evolution de la production, consommation et stocks mondiaux des céréales (FAO, 2022). .....	26
<b>Figure 4</b> - Superficie emblavée en céréales par espèce (DSASI/MADR/Alger, 2019). .....	28
<b>Figure 5</b> - Superficie emblavée en céréales par espèce (DSASI/MADR/Alger, 2019). .....	28
<b>Figure 6</b> - Estimation de la production moyenne et taille moyenne des exploitations de la région (M.A.D.R, 2018). .....	31
<b>Figure 7</b> - Répartition de la production céréalière en Algérie (D.S.A.S/M.A.D.R, 2019).....	32
<b>Figure 8</b> - Production de la pomme de terre dans les vingt principaux pays producteurs en 2017 (FAOSTAT, 2019). .....	34
<b>Figure 9</b> - Evolution de la production de pomme de terre (2000-2017). (MADRP-DRDPA, 2018). .....	35
<b>Figure 10</b> - Wilayas excédentaires et wilayas déficitaires en pomme de terre (2017-2018). (MADRP-DRDPA, 2018).....	36
<b>Figure 11</b> - Les principales Wilayas productrices de la pomme de terre en 2017. (MADRP-DRDPA, 2018). .....	36
<b>Figure 12</b> - Cycle biologique schématique d'un endoparasite sédentaire à kyste (d'après Bridge and Starr (2007)) et exemples (photographies au microscope optique) (crédits : ANSES, LSV). .....	41
<b>Figure 13</b> - Aire de répartition des espèces du genre <i>Globodera</i> inféodées à la culture de la pomme de terre dans le monde (Grenier et Mimee, 2017). .....	43
<b>Figure 14</b> - Nématodes à kystes de la pomme de terre ; A : kystes de <i>Globodera ssp.</i> (OEPP, 2017). B : kyste ouvert avec des œufs et les juvéniles de <i>Globodera rostochiensis</i> (Yu et al., 2010). .....	44
<b>Figure 15</b> - Cycle de développement de nématodes à kystes de la pomme de terre (Chauvin et al., 2008). .....	45
<b>Figure 16</b> - Position géographique de la plaine du Chélif .....	51
<b>Figure 17</b> - Diagrammes Ombrothermiques des Trois parties de la plaine du Chélif d'après les données de l'ONM 1975 à 2006 .....	54
<b>Figure 18</b> -Humidité relative moyenne annuelle des trois stations dans la plaine du Chélif. (ONM , 2009).....	55
<b>Figure 19</b> - Réseaux hydrographique de bassin versant du Cheliff. (Rata, 2020).....	56
<b>Figure 20</b> - Coupe géolologique Nors-Sud de bassin de Chélif (Boulaine, 1956).....	58
<b>Figure 21</b> - Position géographique des points échantillonnés dans les trois parties de la plaine du chellif (le haut, le moyen et le bas).....	61

<b>Figure 22-</b> Schéma d'échantillonnage au niveau des parcelles prospectées.....	62
<b>Figure 23-</b> Schéma de l'appareil du FENWICK. ....	63
<b>Figure 24-</b> étapes de l'analyse nématologique (Original).....	64
<b>Figure 25-</b> la différence entre les kystes pleins (A) et les kystes vides (B) de <i>Globodera ssp</i> et la différence les kystes pleins (C) et les kystes vides (D) de <i>Heterodera ssp</i> . Vus sous loupe binoculaire (G : 4X10) (Originale). ....	65
<b>Figure 26-A.</b> Kyste écrasé libérant les larves et les œufs de <i>Globodera ssp</i> . <b>B.</b> Kyste écrasé libérant les larves et les œufs de <i>Heterodera ssp</i> vu sous loupe binoculaire (G : 4X10). <b>C.</b> Larves et œufs de <i>Globodera ssp</i> . <b>D.</b> Larves et œufs de <i>Heterodera ssp</i> . Vus sous V vus sous microscope optique (G : X10) (Original). ....	66
<b>Figure 27-</b> Moyenne de pourcentage des fractions du sol selon leur origine (secteurs) au sein de la plaine du Chélif. (A) : parcelles de la pomme de terre, (B) parcelles de blé. ....	71
<b>Figure 28-</b> moyenne des pH selon les secteurs de la plaine dans les parcelles prospectées de blé et de la pomme de terre. ....	72
<b>Figure 29-</b> moyenne des teneurs en calcaire total selon les secteurs de la plaine dans les parcelles prospectées de blé et de la pomme de terre. ....	72
<b>Figure 30-</b> moyenne des taux de la matière organique selon les secteurs de la plaine dans les parcelles prospectées de blé et de la pomme de terre. ....	73
<b>Figure 31-</b> moyenne de la conductivité électrique selon les secteurs de la plaine dans les parcelles prospectées de la pomme de terre. ....	74
<b>Figure 32-</b> Nombres moyens des kystes (vides, pleins et totaux) de <i>Globodera ssp</i> (dans les parcelles de la pomme de terre) selon leur origine au sein du la plaine de Chélif.....	76
<b>Figure 33-</b> Nombres moyens des kystes (vides, pleins et totaux) de <i>Heterodera ssp</i> (dans les parcelles de blé dur) selon leur origine au sein du la plaine de Chélif. ....	76
<b>Figure 34-</b> Moyennes des degrés d'infestation de <i>Heterodera ssp</i> (dans les parcelles de blé) et de <i>Globodera ssp</i> (dans les parcelles de la pomme de terre) selon leur origine au sein du la plaine de Chélif. ....	77
<b>Figure 35-</b> Diagramme des composantes entre les différentes variables (paramètres de sol et les degrés d'infestation de <i>Globodera ssp</i> dans les champs de la pomme de terre). ....	79
<b>Figure 36-</b> Diagramme des composantes entre les différentes variables (paramètres de sol et les degrés d'infestation <i>Heterodera ssp</i> dans les champs de blé dur). ....	82
<b>Figure 37-</b> Variogramme expérimental (points) et théorique ajusté (ligne) pour le degré d'infestation des sols par les nématodes à kyste <i>Globodera ssp</i> . ....	84
<b>Figure 38-</b> Variogramme expérimental (points) et théorique ajusté (ligne) pour le degré d'infestation des sols par les nématodes à kyste <i>Heterodera ssp</i> . ....	84
<b>Figure 39-</b> Carte de degré d'infestation des sols de la plaine de Chellif par les nématodes à kyste des céréales <i>Heterodera ssp</i> . ....	85
<b>Figure 40-</b> Carte de degré d'infestation des sols de la plaine de Chélif par les nématodes à Kyste de la pomme de terre <i>Globodera ssp</i> . ....	86
<b>Figure 41-</b> Statut des exploitations agricoles enquêtées.....	92

<b>Figure 42-</b> Niveau de formation des agriculteurs enquêtés.....	92
<b>Figure 43-</b> Destination de culture de pomme de terre cultivée dans les exploitations enquêtées.....	93
<b>Figure 44-</b> Destination de blé terre cultivée dans les exploitations enquêtées.....	93
<b>Figure 45-</b> Les variétés de la pomme de terre cultivées dans les parcelles enquêtées de la plaine de Chélif.....	94
<b>Figure 46-</b> Les variétés de blé cultivées dans les parcelles enquêtées de la plaine de Chélif.....	94
<b>Figure 47-</b> Connaissance des nématodes à kystes de la pomme de terre et des céréales par les agriculteurs.....	96
Figure 48- Importance des examens hématologiques effectuées par les agriculteurs.....	97
<b>Figure 49-</b> Résultats des analyses nématologiques effectuées par les agriculteurs.....	97

## Liste des abréviations

---

**CNIS** : Centre national de l'informatique et des statistiques

**ACP** : analyse en composantes principales

**AFNOR** : Association Française de Normalisation.

**ANOVA** : Analysis of Variance (Analyse de la Variance).

**ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydriques.

**APS** : Algérie Presse Service.

**DSA** : Direction des Services Agricoles.

**EAC** : Exploitations Agricoles Collectives.

**EAI** : Exploitations Individuelles.

**FAO** : Food and Agriculture Organization.

**INPV** : Institut National de Protection des Végétaux.

**ITGC** : Institut Technique des Grandes Cultures.

**MADR** : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.

**Nbr KT. Kg/Sol** : Nombre total de kystes en kilogrammes de sol.

**Nbr KV Kg/sol** : Nombre de kystes vides en kilogrammes de sol.

**Nbr KP Kg/sol** : Nombre de kystes solides en kilogrammes de sol.

**Nbr O+L2+ g/sol** : nombre d'œufs + nombre de larves de second stade par grammes de sol.

**SAT** : Superficie Agricole Totale.

**SAU** : Superficie Agricole Utile.

**SNAT** : Schéma National d'Aménagement du Territoire.

**SRAT** : Schéma Régional d'Aménagement du Territoire.

**SRPV** : Station Régionale Protection des Végétaux

**USD**: United States Dollars.

**USDA**: United States Department of Agriculture.

**ONS** : Office National des Statistiques.

**ONFAA** : Observatoire national des filières agricoles et agroalimentaires.

**RGA** : Recensement général de l'agriculture.

**ITGC** : Institut technique des grandes cultures.

---

## Remerciements

---

Je remercie ‘‘ Allah’’ le tout puissant de m’avoit donné patience et courage pour accomplir ce travail.

Je remercie tout particulièrement le Professeur **BENKHELIFA Mohammed**, d’avoit accepté D’être mon directeur de thèse. Je le remercie vivement pour ses nombreux conseils et directives, sa rigueur scientifique et son sérieux qui m’ont aidé à développer l’esprit critique pour bien mener ce travail. Il m’a fait l’honneur d’être mon promoteur.

En même temps, je remercie le professeur **NEMMICHE Saïd** d’avoit aussi accepté d’être mon co-directeur de cette thèse.

Je salue fortement Monsieur **BELLAGUE Djamel**, cadre de l’INRA d’El Hmadena pour sa grande patience à m’expliquer certains détails d’analyse du sol et je n’oublie jamais sa grande contribution pour le bon déroulement de mon travail pendant la phase d’échantillonnages et des sorties sur le terrain.

Je remercie **Mr MEKHANEG Boualem** directeur de la SRPV Chlef, ma considération pour ses aides et son soutien tout au long de mon travail ainsi sa grande disponibilité pour répondre à mes questions. J’ai découvert en lui, en plus du scientifique son côté humain et modeste que j’ai beaucoup apprécié.

Je remercie les membres du jury de m’avoit fait l’honneur d’accepter de juger cette thèse, notamment le professeur **LARID Mohamed** pour la présidence du jury, le professeur **BELKHODJA Mouley** et le professeur **MORSLI Boutkhil** pour avoir bien voulu examiner ce modeste travail.

Mes remerciements s’adressent également à l’équipe de laboratoire de nématologie à l’université de Khemis Milana et en particulier le Professeur **MOKABLI Ahmed**.

J’adresse également mes plus vifs remerciements à tous mes collègues enseignants à l’université Djillali Bounaama de Khemis Miliana et amis qui ont partagé avec moi ces années d’apprentissage, d’expériences et d’espoir, mais aussi de périodes difficiles sans oublier Rata M, Yahiaoui I, Hachoun Z, Boucefiane A,

Enfin, Je dédie ce travail à mon père et à la mémoire de ma mère, mes sœurs, mes frères, ma femme, mes enfants et à tous ceux que j’aime et qui m’aime.

## Introduction

---

Les céréales et la pomme de terre constituent l'alimentation de base dans le monde et particulièrement dans les pays maghrébins. En Algérie, ces deux filières constituent une majeure part de la production agricole. Dans la plaine du Chélif qui s'étend sur une superficie d'environ 400 Km<sup>2</sup> (Saidi et *al.* 1999), la production de céréales et de pomme de terre occupe une place importante dans la production nationale. Néanmoins, cette production est soumise à des contraintes pédoclimatiques et sanitaires qui touchent non seulement les rendements mais aussi le développement socio-économique de la région. Parmi ces contraintes figurent les nématodes à kystes qui touchent sérieusement la production des céréales et de la pomme de terre.

Les nématodes à kystes du genre *Heterodera* constituent des agents biotiques qui provoquent de fortes pertes dans la production céréalière de la région (Chabert et *al.* 2012 ; Dababat et *al.*, 2015). D'autres nématodes du genre *Globodera* nommés dorés touchent particulièrement de la production de la pomme de terre (Peter et *al.* 2001). Ce problème était sous-estimé tant que l'on cultivait des cultivars à rendement moyen ou faible, dès lors qu'on a opté pour les cultivars à haut rendement, la situation s'est aggravée à cause de l'extrême sensibilité de ces derniers aux attaques des nématodes à kystes bien qu'ils soient plus productifs (Assia et *al.* 2017).

En parallèle la plaine du Chélif, est soumise au phénomène de salinisation. La salinité des sols constitue un facteur limitant de la productivité agricole (Munns. R, 1993). Plus 20 % des sols irrigués sont concernés par le problème de la salinité en Algérie (Douaoui et *al.*, 2007).

En effet, l'extension des superficies cultivées dans la plaine du Chélif (Haut, Moyen et Bas-Chélif), connue pour son haut potentiel de production, s'est traduite par des symptômes de contamination par plusieurs bioagresseurs dont les plus redoutables sont les nématodes à kyste des céréales (*Heterodera ssp*) et les nématodes dorés de la pomme de terre (*Globodera ssp*). Ces derniers se présentent comme des nématodes phytoparasites de quarantaine de la famille des Solanacées comme la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.).

Dans l'éventail des dégâts qui menacent les cultures, les nématodes sont souvent les moins connus et n'ont pas bénéficié de l'attention nécessaire de la part des chercheurs (Reversat, 1988). Les données sur l'importance des nématodes, leur composition, la densité de leurs populations, leurs caractères pathogènes et les dommages qui en sont causés individuellement ou en groupes d'espèces sont rares (Talwana et *al.*, 2008). Cette situation est en inadéquation avec les nombreux signalements de la présence de nématodes phytoparasites ayant fortement affecter les productions céréalières et maraichères dans différentes régions du monde (Talwana et *al.*, 2008 ; Bélair 2005 ; Bois et *al.*, 2000 ; Bachelier 1997 ; Reversat 1988 ; Luc 1960 et Mallamaire, 1937).

Récemment, Tirchi *et al.* (2013), ont mené une enquête sur les sols en Algérie qui a révélé une large présence des nématodes à kyste de la pomme de terre (NPC) et les nématodes à kyste des céréales (NCC) dans plusieurs régions de production de pommes de terre et de céréales. Les populations de PCN ont été identifiées comme étant *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida*, présentes séparément ou en populations mixtes. Deux espèces de CCN ont été détectées, *Heterodera avenae* trouvée dans quatre zones, tandis que *Heterodera hordecalis* localisée seulement dans une région en association avec les nématodes à kyste de la pomme de terre (NRP). La présence de des espèces de la pomme de terre a été rapportée dans divers pays (Turner, 1998). Depuis peu, ces parasites sont devenus le deuxième groupe des 10 principaux nématodes phytosanitaires d'importance en termes de recherche scientifique et d'impacts économiques (Grenier et Mimee, 2017). En effet, les pertes annuelles sont estimées à 9% de la production mondiale de pommes de terre (Turner et Subbotin, 2013). En Algérie, les nématodes à kystes des céréales (CCN) du genre *Heterodera* apparaissent de plus en plus comme des ravageurs importants, ils attaquent toutes les céréales, mais à des degrés divers selon la région, la culture, le climat et les propriétés physiques et chimiques du sol (Rahem, 2020). Les nématodes à kystes des céréales (NKC) ont aussi un impact majeur sur la diminution du rendement des céréales dans le monde (Ahmadi et Tanha Maaf, 2014 ; Toumi *et al.*, 2013 ; Namouchi-Kachouri *et al.*, 2009 ; Akar *et al.*, 2009 et Handoo, 2002). Une étude de la gestion des peuplements de nématodes par le fonctionnement biologique des sols a été élaborée dans les systèmes de culture soudano-sahéliens au Sénégal par Cadet *et al.* (2000) a démontré que certains facteurs abiotiques (teneurs en bases échangeables) sont donc susceptibles d'être manipulés pour modifier la structure spécifique du peuplement des nématodes et atténuer leur effet pathogène. Tou *et al.* (2020) ont également étudié les effets contrastés des dépôts d'azote et de l'augmentation des précipitations sur les communautés de nématodes du sol dans une forêt tempérée, ils ont constaté des dépôts d'N affectant positivement les nématodes en augmentant l'abondance chez certains espèces bactériennes et fongiformes.

Le présent travail de recherche se présente comme une contribution à la mise en évidence et le recensement des deux types des nématodes à kyste dans la plaine du Chélif en fonction des caractéristiques physico-chimiques des sols caractérisés par de fortes teneurs en sels notamment les cas de la station expérimentale de l'INRA d'El Hmadena (bas Chélif) et d'autre régions caractérisées par des sols moins salés situés dans les plaines du haut et moyen Chélif. Bien que la présence des nématodes à kyste de la pomme de terre (NPC) et les nématodes à kyste des céréales (NCC) soit rapportée dans la plaine du Chélif (Tirchi *et al.*, 2016), le volet des effets des caractéristiques physicochimiques des sols salés de la région (Aubert, 1976 ; Walter *et al.*, 2001) sur la distribution des nématodes à kyste de la pomme de terre (NPC) et les nématodes à kyste des

céréales (NCC) n'ont pas fait l'objet de suffisamment de travaux. En effet, l'essentiel des travaux est focalisé sur la distribution spatiale des nématodes dans les sols agricoles non affectés par la salinité. Parallèlement, des travaux ont montré qu'il existe des espèces microbiennes et fauniques qui s'adaptent aux conditions pédoclimatiques sévères des sols salés (Delaporte et al, 1967). Cette démarche est destinée à une meilleure connaissance de ces espèces en milieu salé en vue d'une optimisation de la gestion hydroagricole qui atténuerait leurs effets néfastes sur la production des céréales et de la pomme de terre.

Le mémoire de thèse est structuré en deux parties : la première est réservée à une synthèse bibliographique sur (i) le phénomène de salinisation des sols dans la plaine du Chélif et ses effets sur les propriétés des sols et sur le comportement des cultures ainsi que sur (ii) l'importance agro économique, les contraintes de production et de développement des céréales et la pomme de terre sous les effets des nématodes à kyste des céréales et les nématodes à kyste de la pomme de terre (leurs plantes hôtes, leur bioécologie).

Dans la deuxième partie d'expérimentation le chapitre I est réservé à la présentation de la zone d'études et ces caractéristiques pédoclimatiques et agroéconomiques. Le deuxième chapitre de la partie expérimentale est consacré aux matériels et méthodes utilisés pendant le déroulement de notre étude, les analyses nématologiques, les analyses des sols, les statistiques et la représentation géographique de la distribution de ces bioagresseurs dans la région d'étude. Une enquête a été menée dans cette région auprès des agriculteurs au niveau de la plaine de Chélif afin de compléter nos informations sur l'état d'infestation de cette région et mettre en évidence les facteurs qui ont contribué à cette infestation. En fin, le dernier chapitre est consacré à la discussion des résultats obtenus.

**Première**  
**partie – Synthèse**  
**bibliographique**

## **Chapitre I - Effets de la salinité des sols sur les plantes**

---

Les sols salés ou sols halomorphes appelés actuellement sols salsodiques représentent un pourcentage important de la surface totale des sols dans le monde (Cherbuy, 1991). Les sols salins sont naturellement présents sous tous les climats et sur tous les continents. Ils sont là où l'évaporation excède les précipitations de façon permanente ou temporaire. Ils sont étroitement liés à une source de salinité d'ordre géologique (évaporites), hydrogéologique (eaux souterraines), hydrologique (eaux marines) ou anthropique (gestion hydroagricole) (Girard et al., 2005).

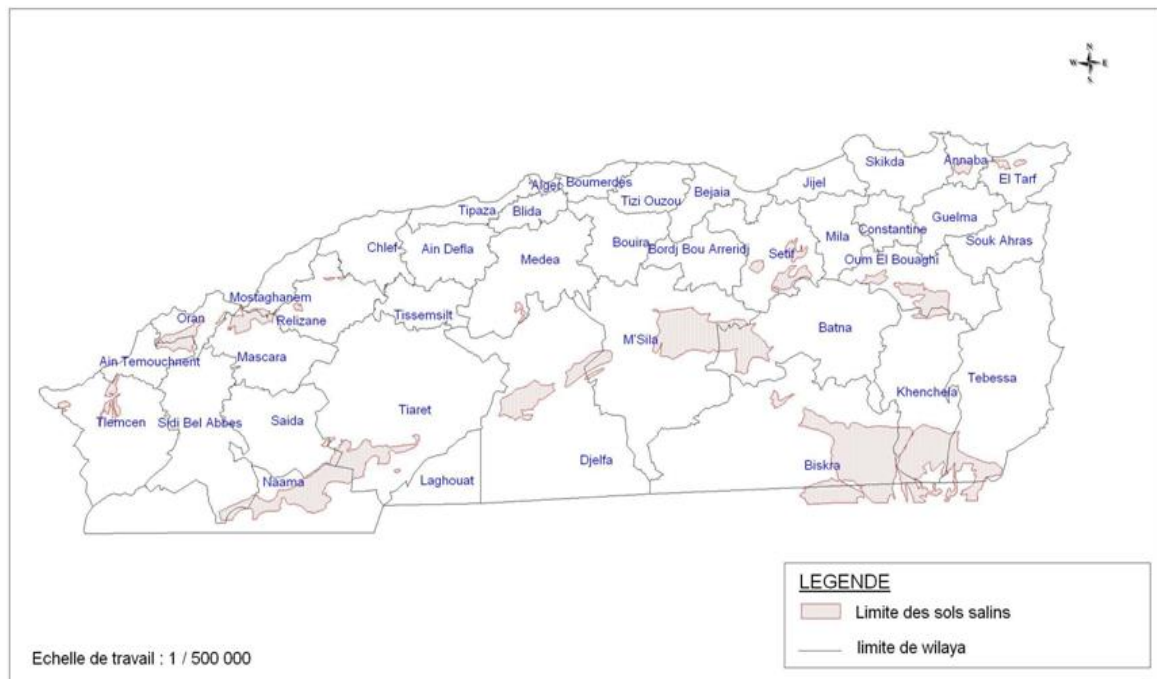
Les sols salés contiennent des sels plus solubles que le gypse susceptible de passer dans la solution du sol en quantité assez importante pour affecter la croissance des plantes. En conséquence, les sols calcaires ne sont pas des sols salés, même si le carbonate de calcium est un sel comme un autre au plan chimique (Jean Paul Legros, 2007).

La salinisation est un processus d'enrichissement du sol en sels solubles qui aboutit à la formation d'un sol salin (Keren, 2000 ; Levy, 2000 ; Brady et Weil, 2002 et Essington, 2004). D'après Mermoud (2006), la salinisation des sols est le processus d'accumulation des sels à la surface du sol et plus particulièrement dans la zone racinaire, elle se solde par des effets nocifs sur les végétaux et le sol.

Les zones arides et semi-arides couvrent une grande partie des pays de la frange méridionale du pourtour méditerranéen. Dans ces régions, la disponibilité des eaux, leur salinité et celle des sols sont parmi les principaux facteurs limitant la productivité végétale (Zid et Grignon, 1991). Un sol est dit salé quand la conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée est supérieure ou égale à 4 dS.m<sup>-1</sup> (Robert 1996 ; Calvet, 2003).

### **I-1 Les sols salés en Algérie**

En Algérie, les sols salés occupent de grandes étendues (Halitim, 1985). Les sols salés occupent de vastes superficies (3.2 millions d'hectares de la superficie totale) (Le Houerou, 1993). Près de 10-15 % de terres irriguées, sont concernées par ces problèmes. La plupart de ces sols sont situés, en région aride et semi-aride, mais aussi sous bioclimat subhumide (Halitim, 1973). Selon Djili (2000), les sols salés sont localisés au Nord qu'au Sud Algérien. la salinité est observée dans les plaines et vallées de l'Ouest du pays (Mina, Chélif, Habra Sig, Maghnia), dans les hautes plaines de l'Est (Constantine, Sétif, Bordj Bou Arreridj, Oum El Bouagui), aux abords des Chotts et de Sebkhass (Chott Chergui, Chott Gharbi, Chott Hodna, Chott Melghir, Sebkhass d'Oran, de Benziane, Zemmoul, Zahrez Gharbi et Chergui, etc..) et dans le grand Sud (dans les Oasis, le long des oueds, etc..).(INSID, 2008). (Fig.1).



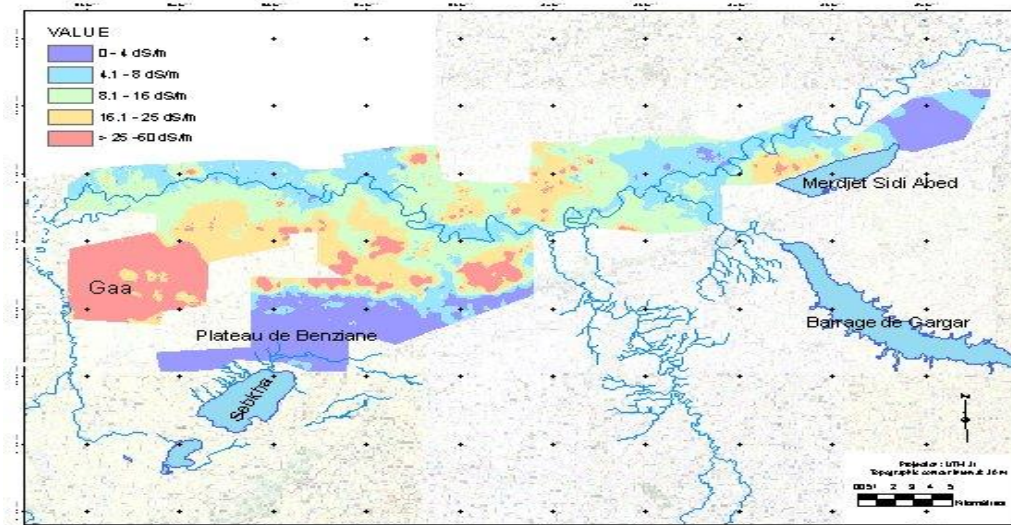
**Figure 1**-Répartition des sols salins en Algérie. (INSID, 2008).

Les sels les plus fréquents, dans les régions arides et semi- arides, sont surtout les chlorures, les sulfates de sodium, les sulfates de magnésium et à un moindre degré les carbonates de sodium (Haltim, 1988).

D'après les études spécialisées notamment par l'INSID en 1997 la plaine de Chélif est touchée par le phénomène de salinisation en particulier au niveau du Bas Chélif (40 000 hectares). 67% de la superficie des périmètres irrigués dans la plaine du bas Chélif est affecté par le phénomène salinisations au niveau du bas Chélif, 40% au niveau de moyen et 32% dans le haut Chélif (Tab.1).

**Tableau 1**-Pourcentage des superficies par la salinisation dans les périmètres irrigués dans l'ouest de l'Algérie (INSID, 2008).

Périmètres irrigués	Superficies irrigables(H)	Superficies affectées	%
Haut Chélif	20 200	6 400	32
Moyen Chélif	21 800	8 700	40
Bas Chélif	22 500	15 000	67
Mina	9 600	4 190	44
Habra	19 600	8 100	41
Sig	8 600	3 200	37



**Figure 2-** Carte de la salinité au niveau de la plaine du bas Chélif estimée par Krigeage à variogramme local (Douaoui, 2005).

La carte établie par Douaoui (2005). (Fig.2) de la plaine du bas Chélif a montré que les superficies dont la salinité est supérieure à 25 dS/m, sont localisées essentiellement dans la partie ouest de la plaine. D'un autre côté, les superficies ayant une salinité inférieure à 4 dS/m n'apparaissent pratiquement qu'au niveau du plateau de Benziane et de la colline de partage. Par ailleurs, les sols qui se trouvent de part et d'autre de l'oued Chlef sont dominés par la classe de la salinité comprise entre 4 et 8 dS/m suivie par la classe 8-16 dS.m<sup>-1</sup>.

## I-2 Diagnostic de la salinité des sols, la conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique. Cette notion est inversement proportionnelle à celle de résistivité électrique. L'unité de mesure communément utilisée est le Siemens (S.cm<sup>-1</sup>) exprimé souvent en dS.m<sup>-1</sup>. La conductivité est directement proportionnelle à la quantité de solides (les sels minéraux) dissous dans l'eau. Ainsi, plus la concentration en solide dissous sera importante, plus la conductivité sera élevée. Généralement, le rapport entre conductivité et concentration ionique s'exprime approximativement de la façon suivante :

$1 \text{ dS.m}^{-1} = 1 \text{ mmhos.cm}^{-1} = 640 \text{ mg de sels}$ , ou  $1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg.l}^{-1}$  correspond à la concentration en solide dissous.

L'activité ionique d'une solution varie en fonction de la température. Il convient donc, pour effectuer des mesures précises, de tenir compte de la température dans les mesures de la

température dans les mesures de conductivité. Les températures standard sont généralement prises à 25°C.

**Tableau 2-** Echelle de salure en fonction de la CE de l'extrait aqueux 1/5 (U.S. S. L. Staff. 1954).

Non salé	Peu salé	Salé	Très salé	Extrêmement salé
CE 1/5 dS.m <sup>-1</sup>	0,6	1,4	2,4	6
Salure (SST) Még.100g <sup>-1</sup>	3	6	12	30

**Tableau 3-** Echelle de salure de la CE eps (US Salinity Laboratory) (U.S. S. L. Staff. 1954).

Tableau. 1- Non salé	Peu salé	Salé	Très salé	Extrêmement salé
Extrait de pâte saturée (dS.m <sup>-1</sup> )	4	8	16	

### I-3 Dégradation des sols par salinisation

L'origine de la salinisation des sols agricoles varie d'une région à l'autre. Les causes sont multiples et sont liées, d'une part, à la nature géologique et chimique de la roche mère qui est constituée de minéraux sodiques, potassiques, magnésiques, carbonates et bicarbonates et dont l'altération donne souvent des sels solubles dans la solution du sol, on parle de la salinisation primaire (Aubert G, 1976). D'autre part, les conditions climatiques arides caractérisées par les précipitations très limitées, les évaporations considérables et l'utilisation des eaux d'irrigation de qualité médiocre sans système de drainage fonctionnel. Tous ces facteurs anthropiques favorisent considérablement la salinisation secondaire des terres agricoles ainsi que la détérioration de la qualité des eaux des nappes souterraines. En Algérie, la dégradation des sols par la salinité s'accroît, ce qui est défavorable pour le système écologique et le potentiel de la production agricole. La salinisation constitue l'un des obstacles principaux pour la production agricole dans les zones arides et semi-arides. Le phénomène de la salinité des sols implique des processus complexes (sodicité, salinité) et évolutifs dans le temps. En effet, l'évolution dans le temps de la salinité des sols dans la plaine se confirme à travers le temps par les travaux de cartographie réalisés par (Boulaine, 1956) et qui montrent que 34% des sols sont touchés par la salinité (CE > 4 dS.m<sup>-1</sup>). Selon Douaoui et Lépinard (2010), la salinité s'étend davantage pour atteindre 76% des sols de la plaine (CE > 4 dS.m<sup>-1</sup>) dont 16% sont très salés (CE > 16 dS.m<sup>-1</sup>).

La plupart de ces sols sont situés, en région aride et semi-aride, mais aussi sous bioclimat subhumide (Halitim, 1973). Selon Djili (2000), les sols salés sont localisés au Nord qu'au Sud

Algérien, et s'expriment mieux entre les isohyètes 450 mm qui semblent être la limite supérieure des sols fortement sodiques.

En 1954 l'équipe de « United States Salinity Laboratory » a proposé le seuil de 4 dS.m<sup>-1</sup> pour reconnaître comme salé un sol. Ce seuil a été choisi suite à l'étude des effets de différents niveaux de salinité sur la croissance et le rendement des plantes. En effet, ces chercheurs ont trouvé qu'une salinité de 4 dS.m<sup>-1</sup> réduit de moitié le rendement des plantes sensibles (Balba, 1995). Par ailleurs, ils ont défini une échelle agronomique variant de 0 à 16 dS.m<sup>-1</sup> (tab I) et ils ont estimé qu'à partir de 8 dS.m<sup>-1</sup>, la plupart des plantes cultivées voient leurs rendements nettement affectés par la salinité et seuls les végétaux halophiles prospèrent dans des milieux à salinité supérieure à 16 dS.m<sup>-1</sup> (Baize, 2000)

**Tableau 4**-Classification de la salinité des sols en fonction de leurs effets sur la croissance et le rendement des plantes (Abrol et al. 1988).

Classe	CE (dS.m <sup>-1</sup> )	Effets sur la croissance et le rendement des plantes
<b>Non salin</b>	0-2	Effets de la salinité négligeables
<b>Légèrement salin</b>	2-4	Certaines plantes sensibles peuvent être affectées.
<b>Modérément salin</b>	4-8	La croissance et le rendement de la plupart des plantes sont restreints.
<b>Fortement salin</b>	8-16	Seules les plantes tolérantes au sel ne sont pas affectées.
<b>Très fortement salin</b>	>16	Seul un très petit nombre de plantes tolérantes au sel ont une production ou un rendement satisfaisant.

#### I-4 Effets de la salinité sur la biologie du sol

Durant notre recherche bibliographique depuis 2014, nous avons remarqué une rareté des travaux qui traitent sur l'influence de la salinité sur les nématodes phytoparasites des sols salés, ce qui nous mena à réaliser le présent travail pour mieux déceler le comportement des nématodes à kystes en milieu salé. Néanmoins, beaucoup de travaux ont abordé l'influence des autres paramètres édaphiques sur la communauté des nématodes de sol. Les travaux de Cralley, (1949) ont montré que la matière organique du sol, qu'elle soit naturellement constitutive (sols tourbeux par exemple) ou qu'elle soit apportée en amendements, contribue généralement à abaisser la pression parasitaire des nématodes. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette observation.

Sara et *al.*, (1991), ont rapportés que les données de l'influence du pH du sol sur les relations plantes-nématodes sont relativement peu nombreuses et parfois contradictoires, le développement des populations étant favorisé par l'augmentation du pH, parfois par sa baisse. En fait, la contradiction n'est qu'apparente puisque ces études concernent des couples de nématodes avec des espèces de plantes différentes.

D'autres auteurs se sont intéressés aux facteurs chimiques. Les fortes concentrations en sels minéraux ( $\text{KNO}_3$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ ), ont un effet répulsif sur *Meloidogyne*, mais ce comportement n'est pas généralisable à toutes les espèces de nématodes (Prot, 1979). Une protection de 86 à 91 % de plants de tomate contre *M. incognita* a été obtenue par apport de quatre nitrates et d'un sulfite. Indépendamment du mode d'action de ces sels, ces résultats indiquent que l'on peut contrôler une population de nématodes en manipulant des facteurs environnementaux abiotiques (Le Saulx and Quénéhervé, 1997). Les compétitions interspécifiques sont généralement évoquées pour expliquer cette situation, mais on peut également émettre l'hypothèse selon laquelle des variations spatiales de teneur en certains éléments physico-chimiques de l'horizon superficiel du sol pourraient aussi intervenir (Cadet, Albrecht, 1992).

Les nématodes sont généralement plus abondants en absence de travail de sol qui induit une modification des caractéristiques physico-chimiques des sols ainsi qu'une modification de la structure spécifique du peuplement de nématodes phytoparasites (Thomas, 1978). Cependant, les effets du travail de sol varient en fonction des espèces de nématodes phytoparasites présentés (Norton, 1979 ; McSotley, 1996).

## **I-5 Effets de la salinité sur les plantes**

La salinité représente une contrainte environnementale majeure dans le secteur de l'agriculture car elle limite la production de beaucoup de plantes cultivées dans de nombreuses régions du monde (Ahmad & Prasad, 2012). La salinité des sols provoque chez les plantes des effets ioniques, osmotiques et nutritionnels (Levignron et al., 1995 ; Tsoata, 1995 ; Maas, 1996 ; Shannon ,1997 ; Yeo, 1998 ; Parida et Das, 2005).

Particulièrement à faible ou à moyenne concentrations, un effet initial de la salinité est dû à ses effets osmotiques (Muuns et Termmaat, 1986). l'effet osmotique est le résultat de la réduction du potentiel hydrique du sol suite à une augmentation du potentiel osmotique dans la zone racinaire (Shannon, 1992 ; Levignron et al., 1995; ). Une forme de sécheresse physiologique survient lorsque l'ajustement osmotique n'est pas suffisant, ce qui rend de plus en plus difficile l'acquisition d'eau et de nutriments par les plantes et le maintien de la turgescence (Hopkins,

2003). Parida et Das (2005), notent que l'altération de l'état hydrique conduit à la réduction de la croissance et la limitation de la productivité des plantes.

La toxicité ionique survient lorsque l'accumulation des ions, particulièrement  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  (Levitt, 1980) dans le cytoplasme perturbe l'activité métabolique. Les effets de la salinité nutritionnels surviennent lorsque l'accumulation des ions  $\text{Na}^+$  dans la plante limite l'absorption des cations indispensables tels que  $\text{K}^+$  et  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{NO}_3^-$  (Gratten et Grieve, 1999 ; Khan *et al.*, 1999 ; Khan, 2001).

Des études conduites par plusieurs auteurs sur différentes plantes ont montré que la capacité photosynthétique est réduite par de fortes concentrations de sels (Chaudhuri, 1997 ; Sousi *et al.*, 1998 ; Wilson *et al.*, 2006), alors que le taux de respiration augmente (Slama, 2004). telles modifications des structures anatomiques ou des voies métaboliques peuvent permettre de faire face à la diminution de la disponibilité en eau du milieu, qui constitue une des composantes majeures du stress salin (Levigneron *et al.*, 1995).

La réponse immédiate au stress salin est la réduction du taux d'expansion de la surface foliaire jusqu'à sa cessation avec l'augmentation des concentrations de sels. Des nombreux travaux ont montré que la réponse générale des plantes à la salinité est la réduction de la croissance (Hernandez *et al.*, 1995 ; Takimura., 2000 ; Ghoualem *et al.*, 2002).

## Chapitre II – Situation et contraintes de la production agricole dans la plaine du Chélif

### II-1 Importance et contraintes de la production céréalière dans la plaine du Chélif

#### II-1.1 Etat des lieux de la production des céréales dans la plaine du Cheliff

Dans le monde, 700 millions d'hectares de céréales sont cultivés, soit plus de 15 % de la surface agricole mondiale (Fig.02). Les surfaces cultivées de blé dans le monde couvraient 221 millions d'hectares en 2011 (Boussac et al., 2012). Actuellement, près de 2774 millions de tonnes des céréales sont produites chaque année dans le monde qui fait de lui la céréale la plus consommée par l'homme avec le riz.



**Figure 3-** Evolution de la production, consommation et stocks mondiaux des céréales (FAO, 2022).

En 2018, la production mondiale de blé a atteint 758 millions de tonnes selon la FAO, ce qui représente 24,04 tonnes par seconde, le record historique de la production mondiale de blé.

Pour l'année 2019, la production devrait connaître une baisse sensible à cause de rendements moins importants que prévu dans l'Union européenne et en Russie, pays dont le poids va grandissant sur le marché : en 2017-18, la Russie a représenté 23,1% des exports mondiaux de blé, contre 13,3% en 2013-14.

La sécheresse persistante dans les pays de l'hémisphère Nord a donné lieu à une importante révision à la baisse des prévisions de la FAO concernant la production céréalière en 2022. Établie à 2 774 millions de tonnes, la production mondiale de céréales pour 2022 a été baissée de 17,2

millions de tonnes, on s'attend à présent à un recul de 1,4 pour cent (38,9 millions de tonnes) en glissement annuel.

La campagne agricole 2017/2018 a été marquée par une importante production évaluée à 60,57 millions de quintaux de céréales toutes catégories confondues, contre 34,7 millions de quintaux enregistrés durant la campagne agricole 2016/2017, soit une hausse de 75% (plus de 25 millions de quintaux). Dans le détail, la production céréalière d'hiver est répartie entre le blé dur, à hauteur de 31,8 millions de quintaux, contre 19,9 millions de quintaux marqués durant la campagne précédente, soit une hausse de 60 %, l'orge avec 19,6 millions de quintaux, contre 9,7 millions de quintaux enregistrés lors de la campagne 2016-2017, soit une croissance de 102% et le blé tendre avec 8 millions de quintaux contre 4,4 lors de la campagne agricole antérieure, soit une augmentation de 80%. (DSAS/MADR , 2018).

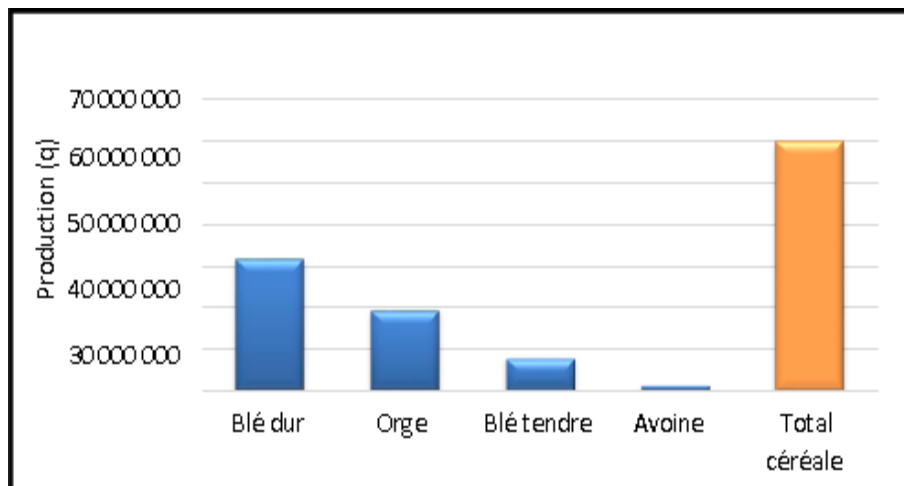
La production de l'avoine a atteint, quant à elle 1,18 millions de quintaux contre 0,64 millions de quintaux lors de la campagne agricole antérieure, soit une augmentation de 84%. En Algérie, le blé dur est une culture ancestrale dont le produit constitue la base de l'alimentation de la population sous diverses formes notamment semoule et pâtes (Hannachi, 2013). La production algérienne, quoiqu'en augmentation, passant de 2.1 millions de tonnes, moyenne de la période en 2009-2015, à 3.9 millions de tonnes, moyenne de la période 2017-2018, est loin de couvrir les besoins du pays, estimés à 8 millions de tonnes par an (Benbelkacem, 2013 ; IGC, 2019). Le faible niveau des rendements explique en grande partie celui de la production, puisque les superficies allouées à cette culture varient peu dans le temps (Benbelkacem, 2013).

En Algérie, le blé dur est une culture ancestrale dont le produit constitue la base de l'alimentation de la population sous diverses formes notamment semoule et pâtes (Hannachi, 2013). La production algérienne, quoiqu'en augmentation, passant de 2.1 millions de tonnes, moyenne de la période en 2009-2015, à 3.9 millions de tonnes, moyenne de la période 2017-2018, est loin de couvrir les besoins du pays, estimés à 8 millions de tonnes par an (Benbelkacem, 2013 ; IGC, 2019). Le faible niveau des rendements explique en grande partie celui de la production, puisque les superficies allouées à cette culture varient peu dans le temps (Benbelkacem, 2013).

Pour combler l'écart entre les besoins domestiques et la production nationale de céréales, l'Algérie doit quadrupler sa production locale soit en augmentant virtuellement la superficie emblavée jusqu'à 12 millions d'hectares, en réduisant la superficie de la jachère, ou en augmentant le rendement moyen de 0,7 à 2,8 t/ha (Merouche et *al.*, 2014), ce qui exige un énorme progrès technique.

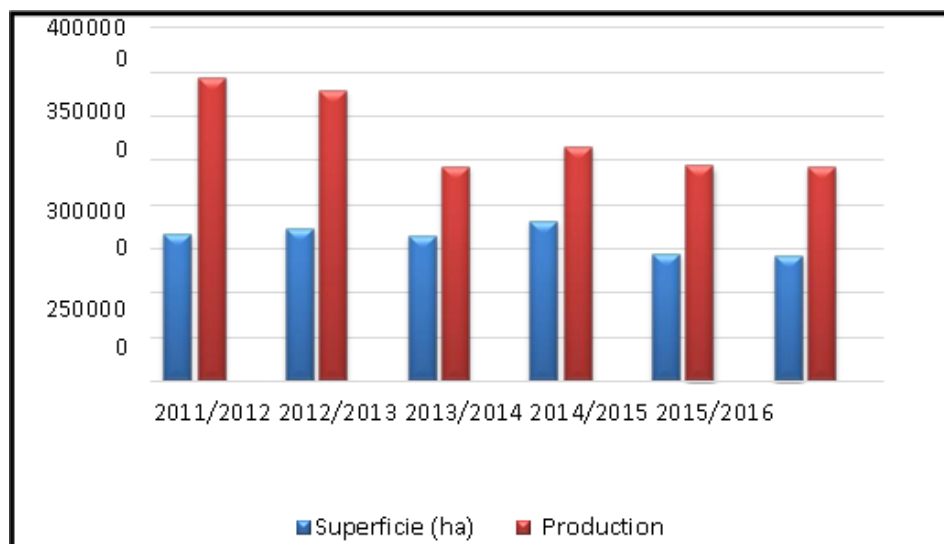
L'analyse par espèce montre la prédominance du blé dur de près de 1 599 294 ha de

(46,41 % de la superficie céréalière totale), 1 284 726 ha d'orge (37,28 %), 480 725 ha de blé tendre (13,95 %) et 81 201 ha d'avoine (2,35 %). La superficie totale récoltée a été de 3 101 512 ha, soit 90% de la superficie totale emblavée, dont 1 487 685 ha de blé dur, 1 085 056 ha d'orge, 451 665 ha de blé tendre et 77 106 ha d'avoine (Fig. 03).



**Figure 4-** Superficie emblavée en céréales par espèce (DSASI/MADR/Alger, 2019).

La production céréalière totale obtenue a été de 60 298 003 quintaux (q), dont 31 636 398 q de blé dur (52,46 %), 19 505 047 q d'orge (32,35 %), 7 982 079 q de blé tendre (13,24 %) et 1 174 479 q d'avoine (1,95) (DSASI/MADR/Alger, 2019). (Fig.4)



**Figure 5-** Superficie emblavée en céréales par espèce (DSASI/MADR/Alger, 2019).

La production fluctue et les rendements restent faibles comparés aux performances des autres pays du Bassin méditerranéen et se situent entre 9 et 19 quintaux à l'hectare (Djermoun, 2009, ITGC, 2019). La raison de la mauvaise performance et de l'instabilité dans le temps du rendement, autrement dit, l'instabilité de la production, est l'une des caractéristiques de la culture du blé pluvial avec ces conséquences économiques sur le revenu des céréaliers en Algérie et en

Afrique du Nord. Cette instabilité est due en partie aux conditions climatiques, notamment la sécheresse. La céréaliculture algérienne est conduite en mode pluvial qui, ajouté à une conduite de l'itinéraire technique inadéquate, à la faible mécanisation et à la non application des facteurs d'intensification (semence de qualité, engrais et produits phytosanitaires), la production est souvent en dessous des objectifs fixés dans les programmes de développement des céréales (Ait Abdallah et al., 2010). Les résultats des essais montrent, par ailleurs, que le travail du sol, le désherbage, la date de semis et la fertilisation ont une influence plus au moins importante, mettant en second ordre un autre facteur moins important qui est celui des maladies (Sayoud et Benbelkacem, 1996). Ainsi que, des attaques dues aux parasites (Viroses et Mycoses) ; la pullulation de certaines espèces animales déprédatrices et l'apparition de nouveaux ravageurs constituent l'une des principales causes de la diminution des rendements et des faibles productions. Parmi les facteurs biotiques, les nématodes pourraient constituer l'un des principaux organismes impliqués dans le dit phénomène. Cependant, de tous les dangers potentiels qui menacent les cultures, les nématodes peuvent également causer des dégâts non négligeables. Parmi eux, le nématode à kyste *Heterodera avenae* (Wollenweber., 1924), représente une menace assez sérieuse. En effet, ce bio-agresseur constitue l'espèce la plus dangereuse sur les céréales dans le monde (Rivoal et al., 1986), et particulièrement dans les pays du Maghreb : en Algérie (Mokabli et al., 2001), Tunisie (Namouchi-Kachouri et B'Chir, 2004) et au Maroc (Mokrini et al., 2009). Les nématodes sont souvent les moins connus et ont été en grande partie exclus de l'attention de la recherche (Reversat, 1988).

D'un point de vue d'agronome et de sélectionneur, les deux sortes de facteurs biotique et abiotique impactent de façon comparable le rendement et la qualité de la production des céréales. Concrètement, il n'est pas toujours évident de savoir si des symptômes sont liés à un « désordre physiologique » (par exemple une carence minérale), ou à l'action d'un agent pathogène. Par ailleurs, face à un certain nombre de stress abiotiques comme le déficit hydrique, carences en minéraux ou les attaques parasitaires, il existe des solutions culturales (irrigation, amendements, traitements phytosanitaires...etc.).

Les données sur l'importance des nématodes, la composition et la densité des populations, leur caractère pathogène, en particulier la survenue des dommages causés par certaines espèces ou groupes d'espèces sont peu nombreuses (Talwana et al., 2008).

C'est d'ailleurs, dans cette perspective que nous avons entrepris l'étude sur les nématodes phytoparasites à Kyste du genre « *Heterodera spp.* », dans les conditions climatiques de la plaine de Chélif en Algérie.

L'amélioration variétale des céréales a connu depuis longtemps une attention particulière. L'objectif d'amélioration fixé est une combinaison entre le potentiel de production, l'adaptation aux différentes zones agroécologiques, la tolérance aux stress biotiques et abiotiques et la qualité technologique.

Le matériel génétique utilisé dans ce programme pour les espèces blés, orges et avoines est constitué essentiellement de matériel végétal issu des centres internationaux de recherche : ICARDA, CIMMYT, ACSAD ou de la coopération bilatérale, avec différents pays.

Au cours de ces vingt dernières années, le travail de sélection du programme d'amélioration des céréales a permis de sélectionner une centaine de variétés. Pour chaque espèce, la sélection variétale a été faite pour répondre à la grande diversité agro écologique (sols, climats) des zones de production d'une part et aux besoins spécifiques des agriculteurs (nutrition humaine et alimentation animale) d'autre part.

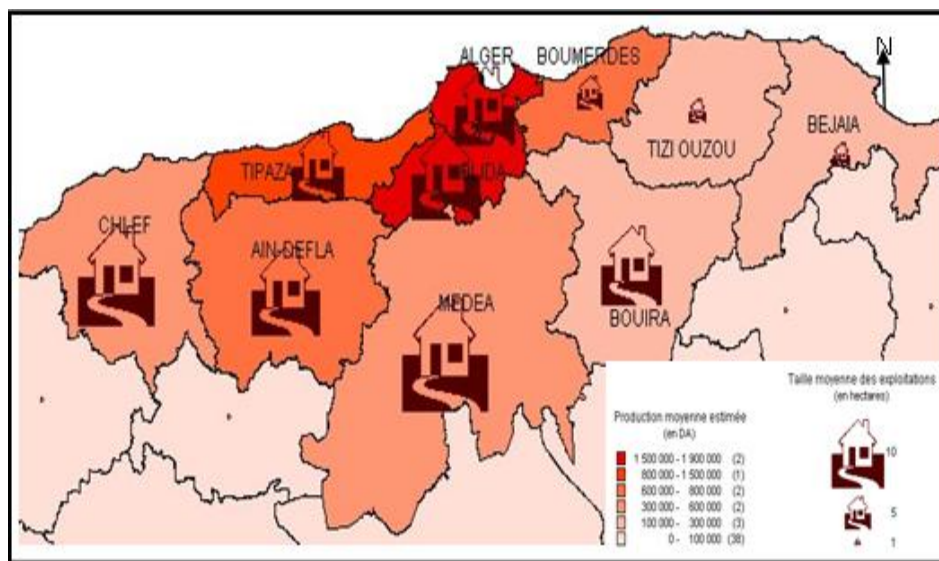
En 2006, avec les nouvelles variétés sélectionnées et homologuées, le nombre de variétés autorisées à la production et à la commercialisation a atteint 103 variétés, réparties comme suit : Blé dur: 32 variétés, Blé tendre: 26 variétés, Orge: 23 variétés, Avoine : 11 variétés et les Triticales avec 11 variétés. (Righi, 2016).

Selon l'INRAA, (2006), la répartition du matériel végétal produit et commercialisé à travers l'ensemble des zones de production montre que pour:

- **Le blé dur:** sur l'ensemble de ce matériel végétal en production, les variétés Vitron et Waha sont les plus demandées sur le marché.
- **Blé tendre:** seule la variété Hiddab, confirme sa suprématie depuis 12 ans (1994 -2005) avec un taux d'occupation pratiquement de 80% du programme de semences.
- **Orge:** deux variétés locales (Saida 183 et Tichedrett) très appréciées par les agriculteurs, occupent respectivement 72% et 17% de la sole semencière d'orge.
- **Avoine:** la demande des agriculteurs se limite uniquement à quelques variétés locales pour laproduction de paille destinée à l'alimentation du bétail.

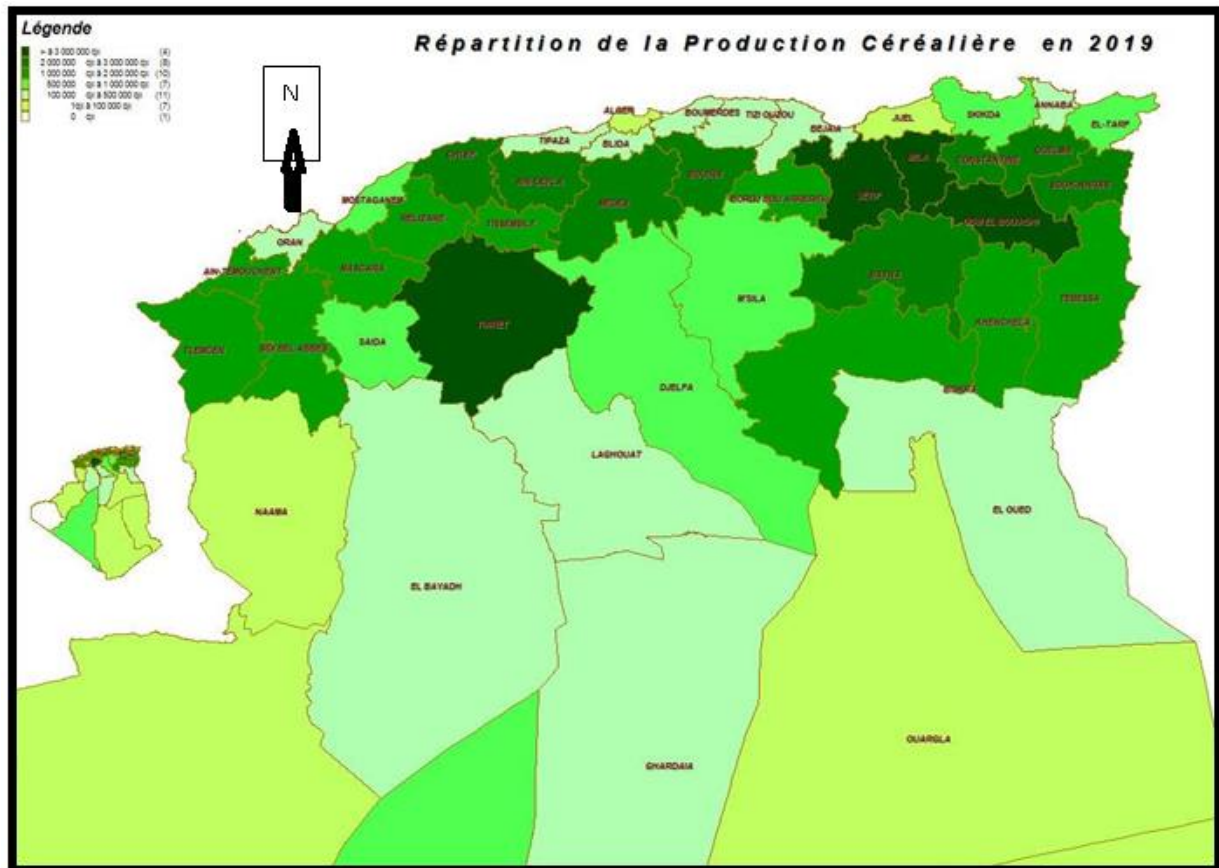
Le territoire algérien comprend deux types de régions : une zone saharienne dominante (84% du territoire) et une zone côtière (16%) dont la plaine de Chélif fait partie. La surface des terres agricoles couvre 20% de la superficie totale du pays, soit environ 40Mha, dont environ 8,5Mha de surfaces cultivées et 31,5Mha de parcours, à laquelle s'ajoutent 4Mha de forêts et maquis. La surface irriguée représente 13% des surfaces cultivées (1,1Mha). Les principales cultures algériennes sont les céréales (33%).(MADR, 2014)

Dans le nord Algérien la plaine de Chélif fait partie de la région centre ouest. les principales wilaya qui fait partie de la plaine sont : la Wilaya de Médéa, Ain defla , Chlef et la région Est de la wilaya de Relizane, constituent une plaine de 4000 km<sup>2</sup> 19.8% sont des sols agricole utilisables (S.A.U) Elle sont distinguées par la grande taille de ses exploitations (28% ont une SAU comprise entre 5 à 10 ha, la moitié des exploitations s'étendent sur 05 à 50 ha.). Cette particularité s'explique par l'activité dominante sur ces terres : les grandes cultures, céréales, cultures fourragères et cultures industrielles. il faut révéler que ces structures, malgré leur taille moyenne supérieure (15.7 ha dans cette zone), ne parviennent pas à dégager une production importante en valeur. (Fig.5)



**Figure 6-** Estimation de la production moyenne et taille moyenne des exploitations de la région (M.A.D.R, 2018).

Selon Ministère de l'agriculture et du développement rural (MADR), En 2019 la superficie récoltée des céréales est de l'ordre de 3,18 millions d'ha ; elle enregistre une augmentation par rapport à la campagne précédente de +3 %. La production est estimée à 56,26 millions de quintaux, par rapport à celle enregistrée au cours de la campagne précédente, elle affiche une baisse de l'ordre de 7 %. La plaine de Chélif est la deuxième importante région après la région de l'est Algérien région avec une production des céréales qui atteindre 4.981.107(q) (Fig. 06).



**Figure 7-** Répartition de la production céréalière en Algérie (D.S.A.S/M.A.D.R, 2019).

### II-1.2 Principales contraintes de production des céréales

Il est actuellement bien établi que les principaux facteurs intervenants directement et dans une large proportion dans la baisse des rendements des céréales sont essentiellement d'origine (biotique) animale et végétale (AGRIOS, 1997 ; AGRIOS, 2005 ; Lepoivre, 2003 et Hamadache et al., 1998).

Les oiseaux sont à régime granivore, leurs dégâts peuvent être causés sur champ et même jusqu'au sein d'entrepôts. Toutefois leurs attaques sur les champs peuvent être très graves (Bakour et Bendifallah, 1990).

Les rongeurs peuvent aussi être très nuisibles. En Chine, plus de 33 millions d'hectares sont chaque année la proie des rongeurs. En Algérie, les dégâts sont estimés de 5 à 10 p. cent de la production totale des céréales (Bakour et Bendifallah, 1990).

Les principaux insectes susceptibles de s'attaquer aux céréales sont fort nombreux et appartiennent à divers ordres entomologiques : homoptères (punaises des céréales, pucerons), orthoptères (sauterelles, sautereaux), lépidoptères (mineuses, tordeuses) etc.

Les céréales sont confrontées particulièrement à de nombreux nématodes appartenant aux genres *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, et surtout les nématodes à kystes. Dans le monde, un complexe d'au moins 10 espèces de nématodes est inféodé aux céréales (Rivoal et al., 1985). Parmi les plus dangereux, *H. avenae* est considéré actuellement comme étant l'espèce la plus dommageable en raison de sa large distribution géographique et ses spécificités aux graminées (Rivoal et al., 1978).

Les prospections menées dans quelques régions d'Algérie ont montré qu'il peut exister un mélange d'espèces de nématodes à kystes des céréales à savoir (*H. avenae*, *H. latipons* et *H. mani*). *H. avenae* a été découverte pour la première fois à Birtouta, Sidi bel Abbes et à Ain Defla (Ritter, 1982).

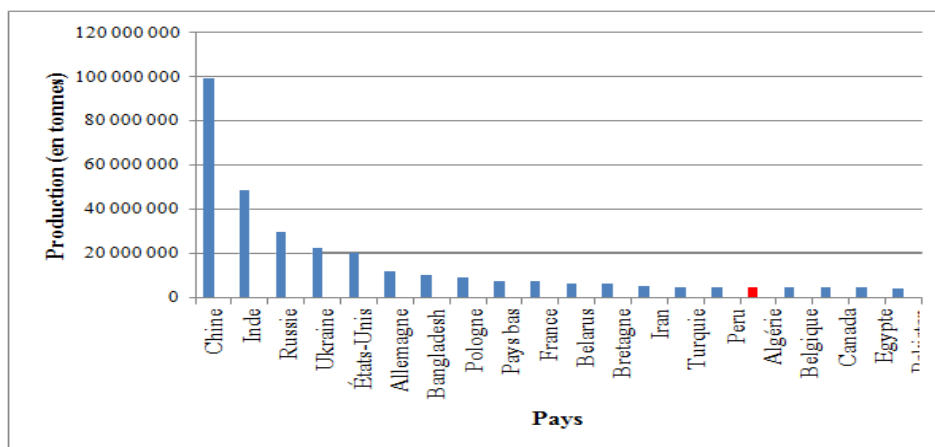
## **II-2 Contraintes de la production de la pomme de terre**

### **II-2.1 Situation et importance de la pomme de terre**

La pomme de terre *Solanum tuberosum* L. est originaire d'Amérique du sud. Son introduction en Europe s'est produite quelques années avant la fin du 16ème siècle par deux entrées; la première par l'Espagne vers 1570 et la seconde par les îles Britanniques entre 1588 et 1593 (Spire et Rousselle, 1996). Par la suite elle s'est retrouvée successivement en Italie, puis en France et en Belgique (Darpoux et Debelley, 1967). Depuis l'Europe, la culture de la pomme de terre s'est étendue dans d'autres régions du monde par les coloniales (Spire et Rousselle, 1996).

Cultivée dans plus de 150 pays, la pomme de terre joue un rôle clé dans le système alimentaire mondial. C'est la principale denrée alimentaire non céréalière du monde ; elle vient en quatrième position après le blé, le riz et le maïs qui constituent la base de l'alimentation humaine. (FAOSTAT, 2015).

La culture de pomme de terre représente un secteur économique important au niveau international. En 2017, la production mondiale de pomme de terre est estimée à 388,19 millions de tonnes pour une superficie cultivée de 19,3 millions d'hectares, ceci lui confère la cinquième place après la canne à sucre, le maïs, le blé et le riz. Le rendement moyen est plus de 20,1 tonnes par hectare. Les trois premiers pays producteurs dans l'ordre ; la Chine, l'Inde et la Russie avec une production respectivement de 99,29, de 48,60 et de 29,59 millions de tonnes (Fig.12). La consommation mondiale moyenne de ce légume est de l'ordre de 31 kg/habitant/an (FAOSTAT, 2019).

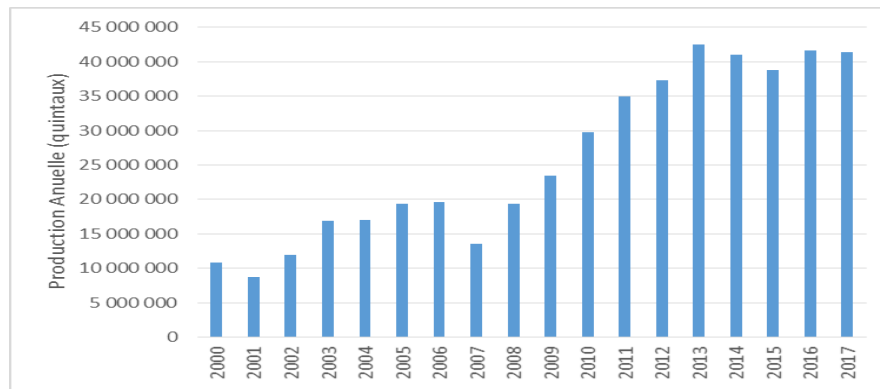


**Figure 8-** Production de la pomme de terre dans les vingt principaux pays producteurs en 2017 (FAOSTAT, 2019).

Etant un produit stratégique dans l'alimentation des Algériens, la culture de la pomme de terre occupe une superficie de 115 000 Ha soit 2% de la SAU nationale et 30% de la SAU des cultures maraichères. La filière a connu une mutation importante au cours de ces dernières années avec l'émergence de nouvelles zones de production notamment dans la partie sud du pays, la wilaya d'El Oued représente 22% de la superficie consacrée à la pomme de terre. D'ailleurs, la production de la pomme de terre est extrêmement concentrée. En effet, la moitié de la surface agricole consacrée à la culture de la pomme de terre se situent sur 7 wilayas : El oued, Mascara, Mostaganem, Tiaret, Bouira, Chlef et Ain Defla.(TIMAC-AGRO, 2020).

On distingue en Algérie, deux grandes zones de production : les zones littorales et sublittorales dont 42000 ha sont réservés à la production de pomme de terre, soit 61% de production nationale, les zones des plaines intérieures ou se trouve la plaine du Chélif et les hauts plateaux ; dont 14000 ha réservés à la pomme de terre, soit 17% de la production nationale. Il y'a l'apparition de nouveau bassin au sud, où la production de pomme de terre a été initiée il y'a une vingtaine d'années et qui est représentée par la wilaya d'El Oued avec une surface de 6749 ha, soit 8,2% de la production nationale (ITCMI, 2013).

La production de la pomme de terre en Algérie a quadruplé, entre les années 2000 et 2017 passant approximativement de 10 millions de quintaux à plus de 40 millions de quintaux.(Boussaoud et Lefki, 2018). Le quadruplement de la production entre 2000 et 2017 est le résultat de doublement de la superficie consacrée à la pomme de terre qui passe de 64 694 ha à 129 821 ha. (Fig.13), aussi Le doublement du rendement passant d'approximativement 160 quintaux/ha à plus de 320 quintaux/ha. (Fig.14).



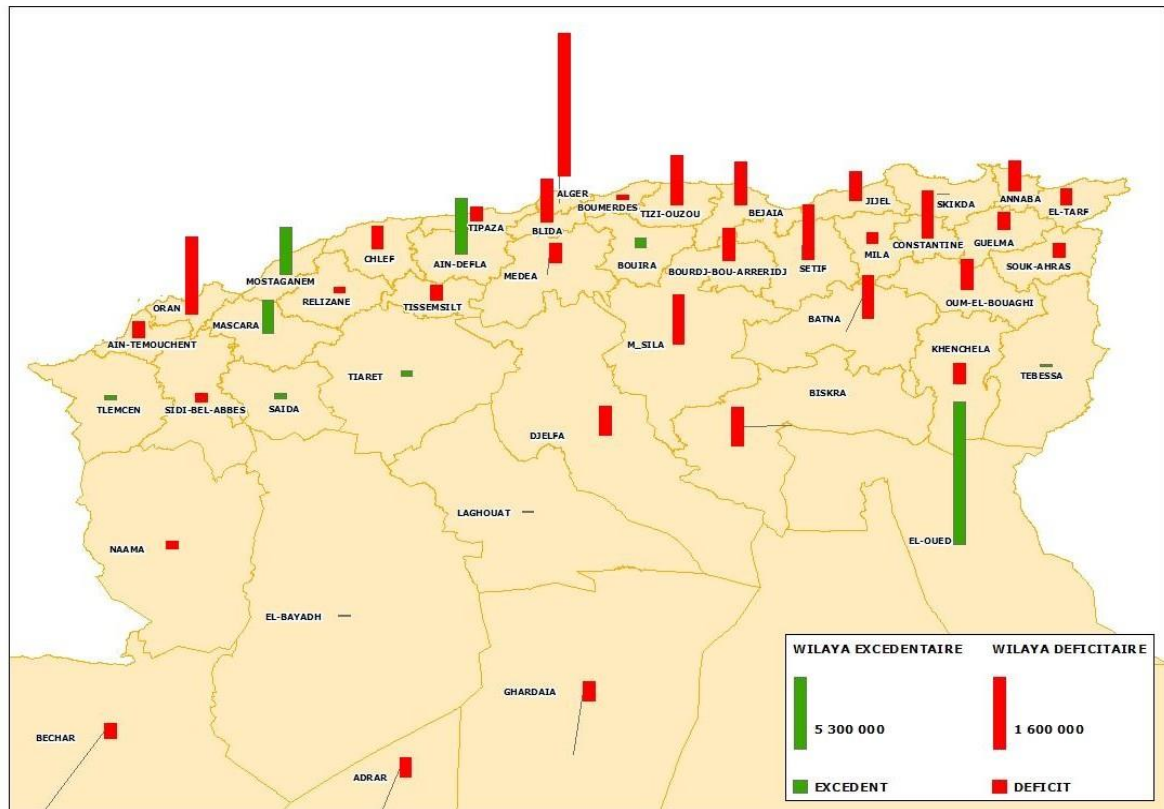
**Figure 9-** Evolution de la production de pomme de terre (2000-2017). (MADRP- DRDPA, 2018).

La production nationale a permis non seulement de couvrir les besoins nationaux mais également d'exporter. En 2016, l'Algérie a exporté 2600 tonnes vers 16 pays dont 849, 605 et 487 tonnes vers les Emirats Arabes Unis, le Qatar et l'Espagne respectivement. Les quantités exportées en 2017 sont de 817 tonnes dont 500 tonnes vers le Qatar et 249 tonnes vers l'Espagne (MADR, 2018).

On distingue en Algérie, deux grandes zones de production : les zones littorales et sublittorales dont 42000 ha sont réservés à la production de pomme de terre, soit 61% de production nationale, les zones des plaines intérieures où se trouve la plaine du Chélif et les hauts plateaux ; dont 14000 ha réservés à la pomme de terre, soit 17% de la production nationale. Il y'a l'apparition de nouveau bassin au sud, où la production de pomme de terre a été initiée il y'a une vingtaine d'années et qui est représentée par la wilaya d'El Oued avec une surface de 6749 ha, soit 8,2% de la production nationale (ITCMI, 2013).

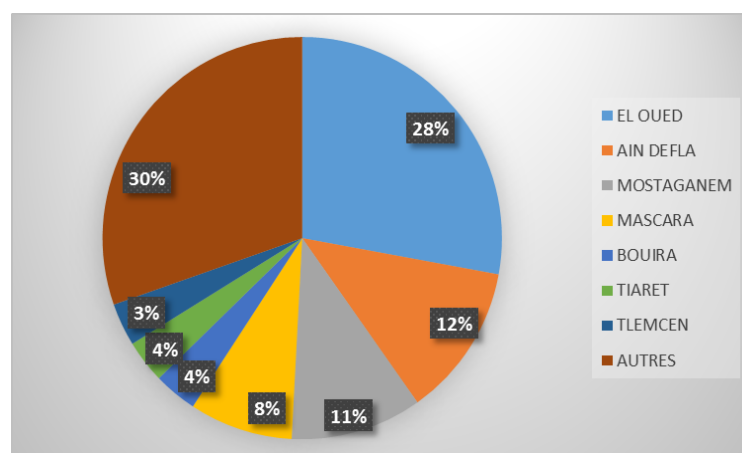
La production de la pomme de terre dans les wilayas retenues dans la plaine de Chélif dépasse les 1,4 million de tonnes en 2018, soit une part de 30,51% de la production globale de l'Algérie (Hitouche et Al, 2019). Une forte présence de la pomme de terre dans les systèmes culturels de cette zone. Il est à noter que la plupart des agriculteurs enquêtés dans la région appliquent une rotation culturale sur deux cultures : la pomme de terre et les céréales.

Située au milieu de la plaine de Chélif la Wilaya d'Ain defla est définie par les services du ministère de l'agriculture Algérienne parmi les Wilayas excédentaires en qualité de production de la pomme de terre contrairement aux Wilaya de Chlef et Médéa qui s'ont Connues un déficit pour cette matière.(Fig15). Durant la période 2008-2017, la production du pomme de terre dans la wilaya d'Ain defla a faiblement augmenté qui est passé de 4,4 millions de quintaux à 5 millions de quintaux, la production dans la Wilaya de Chlef a baissé qui est passé de 1,1 millions de quintaux à 0,7 millions de quintaux.(DSASI/MADR, 2018).



**Figure 10-** Wilayas excédentaires et wilayas déficitaires en pomme de terre (2017-2018). (MADRP-DRDPA, 2018).

La Wilaya d’Ain defla représente 12% de la production nationale, elle a enregistré pour la saison agricole 2021-2022 une production de 2,2 millions de quintaux de pomme de terre de consommation et de semence, pour une superficie globale exploitée de 6200 hectares", a indiqué le chef de service des inspections phytosanitaires à la DSA Ain defla (Fig.16).



**Figure 11-** Les principales Wilayas productrices de la pomme de terre en 2017. (MADRP-DRDPA, 2018).

En Algérie, les variétés inscrites au catalogue sont de l'ordre de 195 variétés dont les plus cultivées sont Spunta, Bartina, Fabula et Diamant qui sont à peau blanche ; Désirée, Kondor et Kuroda à peau rouge (CNCC, 2019).

Pour qu'une variété de pomme de terre soit importée et cultivée en Algérie, elle doit obtenir l'homologation délivrée par le centre national de contrôle et de certification des semences et plants (CNCC), ceci après des essais de tests de comportement sur plusieurs saisons dans différentes régions du pays.

La liste provisoire des variétés de pomme de terre autorisées à la production et à la commercialisation en Algérie est présentée en Annexe 10.

### **II-2.2 Les principaux facteurs limitant la production de la pomme de terre.**

La pomme de terre est soumise à la pression des attaques d'un grand nombre de maladies et de ravageurs qui constituent une contrainte biotique majeure à la production. Les principales maladies rencontrées sur cette culture sont d'origine fongique (le mildiou causé par *Phytophthora infestans*, l'alternariose causée par les espèces *Alternaria solani* et *Alternaria alternata*), bactérienne (la gale commune *Streptomyces scabies*, la pourriture brune *Ralstonia solanacearum*) et virale (la mosaïque plane de la pomme de terre causée par le Virus X de la pomme de terre (PVX)) (Karlen et al., 1996 ; Chibane, 1999).

Parmi les ravageurs qui s'attaquent à cette culture, de nombreux insectes sont notés ; la teigne de la pomme de terre *Phthorimaea operculella* et les pucerons principalement *Myzodes persicae*, *Aphis rhamni*, *Macrosiphum solani* ( Duvauchelle et Dubois, 1997 ; Chibane, 1999). De même les nématodes des genres (*Globodera*, *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Ditylenchus*) peuvent également affecter significativement la production de pomme de terre (Schneider et Mugniéry, 1971 ; Mugniéry et al., 1996 ; Hlaoua et al., 2010).

### **II-2.3 Dégâts causés par les nématodes dans la production de la pomme de terre**

Les nématodes à kystes de la pomme de terre parasitent les racines des plantes qu'ils endommagent en causant un retard de la croissance, un stress hydrique, un déficit en nutriments et une sénescence rapide des plantes (Schneider et Mugniéry, 1971 ; Mateille, 1994 ; Franco, 1986). Ainsi, s'ils restent incontrôlés, ces parasites sont capables de causer de lourdes pertes aux rendements de la pomme de terre (Greco et al., 1993 ; EFSA, 2012 ; Hajihassani et al., 2013). L'étendue des dégâts, en particulier en relation avec le poids de tubercules produits, est fortement liée à la quantité d'œufs du nématode par unité de sol. On estime une perte d'environ 2 t/ha de

pomme de terre pour chaque 20 œuf par g du sol (Brown, 1969 in CABI et OEPP, S.D). En France, le seuil de nuisibilité est estimé à 10 larves de deuxième stade (L2) par gramme de sol (Mugniery, 1975 ; Mugniery, 1982). En Europe, les pertes de rendement causées par ces espèces sont approximativement 9% de la production de la pomme de terre (Turner et Rowe, 2006). Si les niveaux de populations du nématode sont très élevés, à cause de la culture répétée de pomme de terre, jusqu'à 80% de la récolte peut être perdue (CABI et OEPP, S.D). Ainsi, ils font l'objet d'une réglementation stricte de quarantaine à l'échelle internationale (Ritter et al., 1971 ; Bélair, 2005; Bélair, 2008 ; Chauvin et *al.*, 2008).

## Chapitre III-Les nématodes à kyste des céréales *Heterodera* et de la pomme de terre *Globodera*

---

Les nématodes phytoparasites sont des vers microscopiques, présents dans la grande majorité des sols, depuis la zone équatoriale jusqu'aux régions tempérées froides. Ces nématodes parasites de plantes sont responsables d'un tiers des pertes agronomiques mondiales attribuées aux bio-agresseurs. Ils constituent de graves ravageurs des cultures, induisant de profondes altérations de l'anatomie des racines. Ainsi, ils provoquent des retards de croissance, des flétrissements et une sensibilité accrue aux autres agents pathogènes (Laëtitia, 2013).

Les céréales sont exposées aux attaques de plusieurs espèces de nématodes qui peuvent provoquer des diminutions importantes de rendement. En dehors des nématodes de la tige, les espèces les plus dangereuses sont inféodées au système racinaire. Ce sont de petits parasites pour la plupart invisibles à l'œil nu. Le plus dangereux est le nématode à kyste *Heterodera avenae*, spécifique aux graminées (Esmenjaud *et al.*, 1987).

*Heterodera glycines* est ainsi considéré comme le pathogène majeur du soja aux Etats-Unis. *Globodera pallida* et *G. rostochiensis* provoquent, quant à eux, des dommages importants dans toutes les zones de culture de la pomme de terre. Parmi les espèces de nématodes à galles recensées, la plupart (32 sur 54 espèces testées) se développent, comme les nématodes à kystes, sur une plante hôte spécifique (Blok *et al.*, 2008).

Le développement de la culture de pomme de terre rencontre un certain nombre de contraintes parmi lesquelles des contraintes climatiques, les maladies et les attaques de ravageurs et parasites tels que les insectes et les nématodes (Soltner, 1979 ; Rousselle *et al.*, 1996 ; Fiers *et al.*, 2012) dont les nématodes à kystes du genre *Globodera* qui sont très redoutables. Les nématodes à kystes sont des parasites qui n'attaquent généralement qu'un petit nombre d'espèces végétales de la même famille, mais leurs dégâts peuvent être très importants.

### III-1 Les nématodes à kystes du genre *Heterodera*

La liste des descriptions s'allonge chaque année d'une centaine d'espèces et d'une dizaine de genres pour les seuls nématodes phytophages (Ritter, 1985). Si l'appartenance des nématodes à kystes de la famille des *Heteroderidae* fait l'unanimité au sein des taxonomistes, il n'en est pas de même pour la répartition des genres à l'intérieur de cette famille.

Selon Turner and Rowe (2006), les espèces du genre *Heterodera* sont des Métazoaires appartenant à l'embranchement des Némathelminthes, au phylum Nematoda, à la classe des Secernentae, à la sous classe des *Diplogasteria*, à l'ordre des *Tylenchida*, à sous ordre des

*Tylenchina*, à la super-famille des *Tylenchoidea*, à la famille des *Heteroderidae*, à la sous famille des *Heteroderinae* et au genre *Heterodera*. Ce dernier est représenté par plusieurs espèces, qui peuvent être différenciées par plusieurs critères. Le nématode à kyste du genre *Heterodera* appartient à un groupe d'espèces caractérisées par la transformation des femelles matures en kystes. Ces derniers résistent fort bien à la dégradation naturelle et peuvent être présents dans le sol en quantités non négligeables.

### **III-1.1 Extension géographique**

Le genre *Heterodera* a été décrit en 1871 par l'allemand Schmidt en même temps que l'anguillule de la betterave *Heterodera schachtii* sur blé et l'orge (Monsif el Horabi, 1982), et *Heterodera avenae* a été découverte par Kuhn dès 1874.

*H. avenae* est largement distribué de par le monde (Meagher, 1977). Dans l'hémisphère boréal, on le rencontre sous diverses latitudes, aussi bien en Europe septentrionale que méridionale (Mezetti, 1953 ; Ritter, 1961), en Inde (Swarup & Singh, 1964), au Moyen-Orient (Minz, 1957), en Afrique du Nord, (Ritter, 1959 ; Scotto la Massese, 1961), l'Asie occidentale dont le Maroc, la Tunisie, le Pakistan, et la Libye (Sikora, 1988) et récemment l'Algérie (Mokabli et al., 2001) et l'Arabie Saoudite (Ibrahim et al., 1999).

*Heterodera avenae* Wollenweber (1924), parasite obligatoire des graminées est un sérieux agent pathogène pour les cultures céréalières dans le monde entier (Meagher, 1977 ; Ritter, 1982).

En Algérie ce nématode a été identifié par Scotto la Massese en 1961. Il a été mis en évidence par Lamberti en 1975 sur l'orge à Birtouta et sur le blé à El Amra (wilaya d'Ain Defla) et à Sidi Belabbès d'après trente-quatre échantillons prélevés au niveau des céréales lors d'une enquête de dépistage des principaux nématodes.

### **III-1.2 Morphologie et cycle de vie**

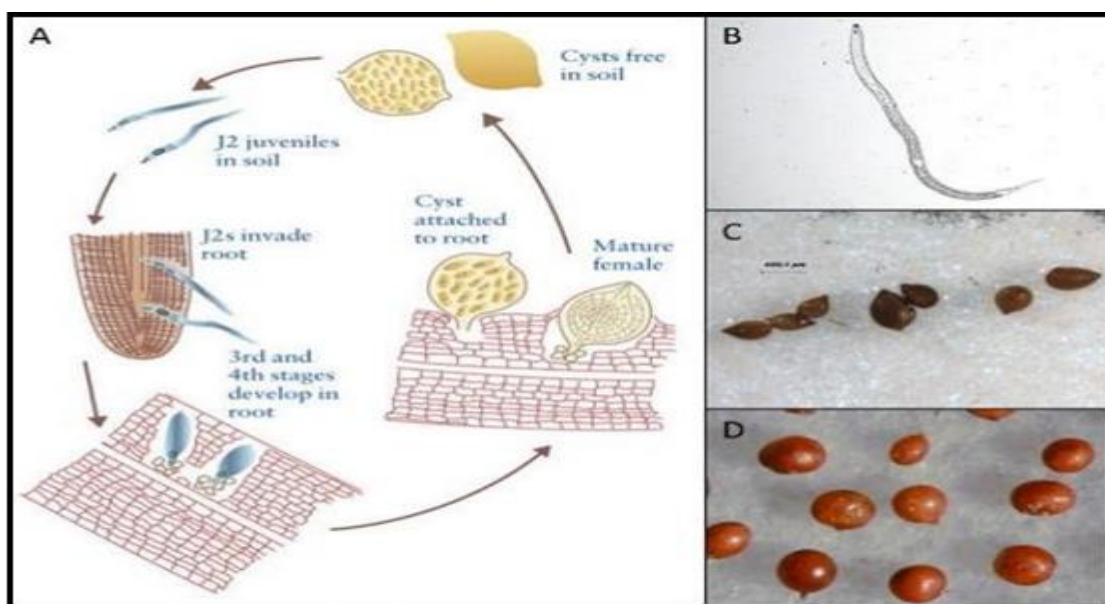
Thorne (1961) explique que des différences morphologiques entre les espèces d'Australie et d'Europe par la variabilité géographique sont des critères de distinction des espèces (Subbotin et al., 2002).

Les kystes sont recouverts rarement sur toute la surface par une couche subcristalline épaisse. La paroi propre du kyste est ornée de lignes en zigzag court, sans orientation reconnaissable. Cette orientation est surtout visible à l'avant du kyste, la région avoisinant le reste de la tête et dans la portion postérieure à la base du cône vulvaire. Au centre du kyste, il est généralement impossible de couvrir la moindre trace d'ornementation vue de face.

L'extérieur du cône vulvaire apparaît du type ambifenestré avec des fenêtres basses, un pont vulvaire étroit et linéaire et une fenêtre vulvaire de même longueur que le pont des bullae existant moyennement développés et situés à une certaine distance en dessous de l'ouverture vulvaire se rapprochant plus ainsi du type *schachtii* que du type *major*.

Selon Taylor (1988), les kystes d'*Heterodera* peuvent contenir jusqu'à 600 œufs et peuvent se conserver dans le sol quatre à cinq ans et libérer leurs larves progressivement.

Comme tous les *Heteroderidae*, *H. avenae* est un endoparasite sédentaire. C'est un endoparasite car le développement se déroule à l'intérieur des tissus végétaux et sédentaire car les différentes mues se font au même endroit.



**Figure 12-** Cycle biologique schématique d'un endoparasite sédentaire à kyste (d'après Bridge and Starr (2007)) et exemples (photographies au microscope optique) (crédits : ANSES, LSV).

C'est par la pénétration des juvéniles infectieux (J2) dans les tissus racinaires que le cycle débute (Fig. 12). Ces juvéniles, au deuxième stade de leur développement, envahissent les céréales au niveau de l'apex des racines puis migrent et se fixent près du cylindre central pour s'alimenter. Là, elles vont subir trois mues pour aboutir soit à un mâle filiforme de 2mm de long, soit à une femelle blanche en forme de citron de 0.5 mm de diamètre. Ce dimorphisme sexuel accentué est d'ailleurs à l'origine du nom donné au genre *Heterodera*.

La différenciation sexuelle s'effectue après la quatrième mue. Les femelles produisent des œufs fertiles par reproduction sexuée parthénogénèse ou hermaphrodisme (Blair, 2005).

### III-2 Les nématodes à kystes du genre : *Globodera*

Selon Reddy (1983), les espèces du genre *Globodera* sont des Métazoaires appartenant à l'embranchement des Nématelminthes, au phylum Nematoda, à la classe des Secernentae, à la sous classe des *Diplogasteria*, à l'ordre des *Tylenchida*, à sous ordre des *Tylenchina*, à la super-famille des *Tylenchoidea*, à la famille des *Heteroderidae*, à la sous famille des *Heteroderinae* et au genre *Heterodera*. Ce dernier est représenté par plusieurs espèces, qui peuvent être différenciées par plusieurs critères. Le nématode à kyste du genre *Globodera* appartient à un groupe d'espèces caractérisées par la transformation des femelles matures en kystes. Ces derniers résistent fort bien à la dégradation naturelle et peuvent être présents dans le sol en quantités non négligeables.

#### III-2.1 Extension géographique

Les nématodes à kystes du genre *Globodera* sont originaires de la Cordillère des Andes en Amérique du Sud (Evans et Stone 1977). Ils ont été longtemps considérés comme une seule espèce : *Heterodera rostochiensis* depuis sa description par Wollenweber en 1923 et appelé communément nématode doré de la pomme de terre. Des études plus poussées ont conduit à l'identification deux espèces différentes, par Stone en 1972, *Heterodera rostochiensis* et *Heterodera pallida*. Plus tard, les deux espèces ont été assignées dans le genre *Globodera* par Behrens en 1975 (Mulvey et Stone, 1976).

Les deux espèces, *Globodera rostochiensis* (Wollenweber, 1923) et *Globodera pallida* (Stone, 1972) ont été introduites en Europe au milieu du 19ème siècle probablement avec les tubercules collectés après 1845 pour leur résistance supposée à *Phytophthora infestans*. De là, à la suite de la sélection des variétés modernes de leur multiplication et de leur exportation, elles ont été disséminées largement à travers le monde (Mugniéry et al., 1996) par l'intermédiaire des distributions de plants européens, issus de parcelles contaminées. Actuellement, ces nématodes présentent une répartition cosmopolite. Ils ont été signalés dans 71 pays et 6 îles du monde entier ; 35 pays possèdent les deux espèces de *Globodera*, 33 pays présentent que *Globodera rostochiensis* et 3 pays possèdent uniquement *Globodera pallida* (Fig.3) (Grenier et Mimee, 2017). (fig.8)

En Algérie, ces nématodes ont été signalés pour la première fois à Alger en 1953 suite à l'introduction de semences de pomme de terre d'origine britannique. Ensuite, ils sont propagés dans le littoral algérois touchant différentes localités (Frezal, 1954). Depuis, les espèces sont disséminées dans diverses régions du pays dont les plus importantes sont Ain Defla, Tipaza, Chlef, Mascara et Sétif (INPV, 2009). En 2017, l'INPV rapporte que ces bioagresseurs se répartissent largement à travers les terres maraîchères du territoire.

Récemment, ces nématodes ont été détectés à Boumerdes, Blida et même au sud à Bechar et à El Oued (Mezerket et *al.*, 2018).

Deux nouvelles espèces de *Globodera* ont été décrites récemment ; *Globodera ellingtonae*, détectée sur la pomme de terre en Oregon, États-Unis (Handoo et *al.*, 2012) et en Argentine (Lax et *al.*, 2014) et *Globodera capensis* détecté dans une parcelle de pomme de terre en Afrique du Sud (Knoetze et *al.*, 2013). Une forte ressemblance entre les diverses espèces citées et les espèces *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida*. Seule des méthodes moléculaires peuvent permettre une distinction fiable de la diversité spécifique des *Globodera*.

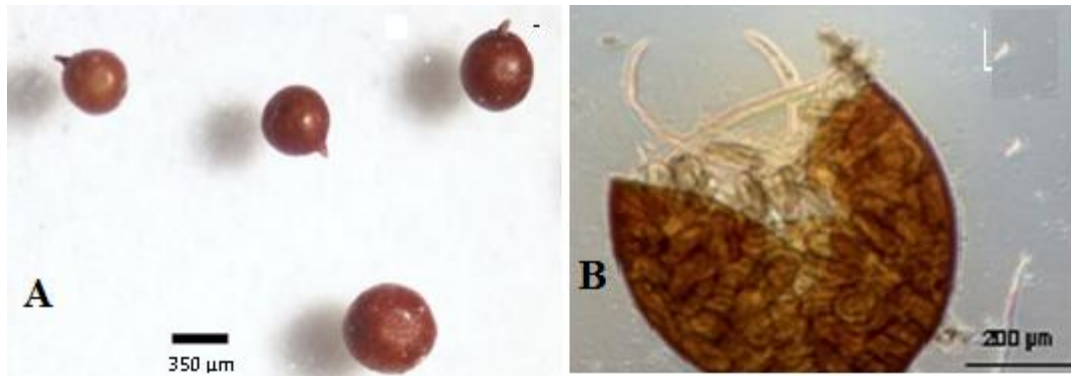


**Figure 13-** Aire de répartition des espèces du genre *Globodera* inféodées à la culture de la pomme de terre dans le monde (Grenier et Mimee, 2017).

### III-2.2 Morphologie et cycle de vie.

Les espèces de nématodes du genre *Globodera* sont caractérisées par un dimorphisme sexuel très prononcé au stade adulte. Les mâles sont filiformes allongés de 1 mm de longueur environ et leur queue est courte et effilée portant les organes copulateurs. Par contre les femelles sont de forme sphérique remplis d'œufs de 0,3 à 0,9 mm de diamètre avec un cou qui fait saillie et qui contient l'œsophage et les glandes associées (Fig. 14-A, B) (Schneider et Mugniéry, 1971 ; Golden et Ellington, 1972).

Les formes juvéniles de deuxième stade sont vermiformes de 0,440 à 0,470 mm de longueur environ. Leur bouche est munie d'un puissant stylet pour traverser les parois cellulaires et leur queue est effilée (Schneider et Mugniéry, 1971 ; Golden et Ellington, 1972).



**Figure 14-** Nématodes à kystes de la pomme de terre ; A : kystes de *Globodera ssp.* (OEPP, 2017).

B : kyste ouvert avec des œufs et les juvéniles de *Globodera rostochiensis* (Yu et al., 2010).

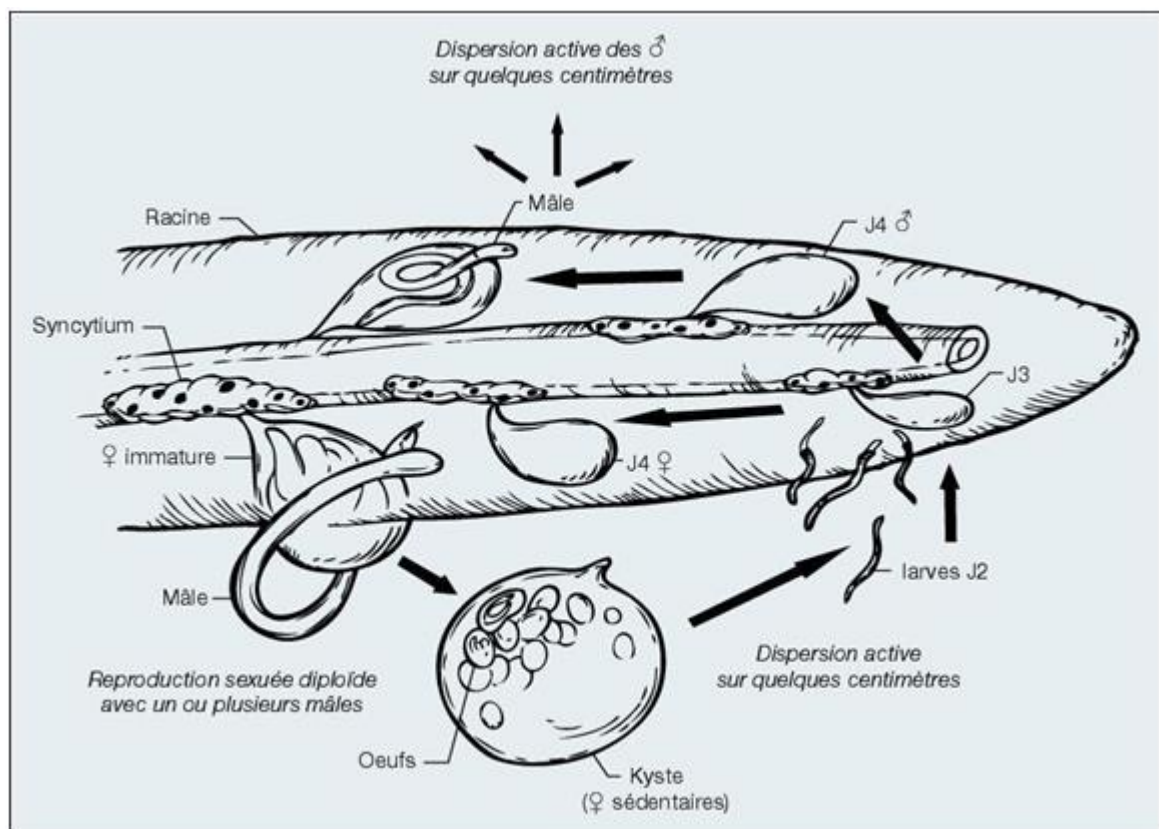
Les nématodes à kystes de la pomme de terre sont des endoparasites sédentaires qui passent par 4 stades larvaires et un stade adulte. Les écophases de développement sont illustrés sur la figure 14.

Le premier stade larvaire (L1) se déroule à l'intérieur de l'œuf contenu dans le kyste où le nématode mue pour donner le second stade larvaire (L2) avant l'éclosion (Raski, 1950). Sous l'effet des exsudats racinaires de la plante hôte, et dans des conditions optimales de température et d'humidité, les larves de deuxième stade L2 (stade infectieux) quittent les kystes et se déplacent dans le sol humide à la recherche de racelles d'un hôte favorable à la pénétration. A l'aide du stylet buccal, les larves percent l'écorce de la racine près de la coiffe et y pénètrent. Elles progressent par la suite parallèlement au cylindre central où elles induisent la formation de cellules géantes appelées « Syncytium » dont elles se nourrissent et finissent par s'immobiliser. A ce stade le nématode se sédentarise (Schneider et Mugniéry, 1971 ; Jones et Northcote, 1972).

Les larves de deuxième stade se développent dans cet endroit et passent par les stades larvaires L3 et L4 pour devenir un adulte mâle ou femelle (Schneider et Mugniéry, 1971). La détermination du sexe est strictement épi génétique, c'est-à-dire, tout facteur favorable aux nématodes induit le phénotype femelle, et tout facteur défavorable comme la surpopulation, un mauvais état physiologique de la plante attaquée, induit le phénotype mâle (Mugniéry et al., 1996).

Le dernier stade de développement est le stade adulte qui correspond à la libération des mâles dans le sol et au gonflement et l'émergence des femelles à l'extérieur de la racine (mais y restent attachées avec le cou) sous forme de petites boules blanches. Elles sont ensuite fertilisées par les mâles adultes qui se trouvent dans le sol (Schneider et Mugniéry, 1971 ; Jones et Northcote, 1972).

Après l'accouplement, les mâles meurent et les femelles demeurent sur la racine pendant que les œufs se développent dans leur intérieur. Quand les femelles sont totalement développées elles meurent ; leur peau durcit, leur coloration passe du blanc au jaune doré puis au brun- rouge chez *Globodera rostochiensis* de du blanc au brun- rouge chez *Globodera pallida* et se transforment en une enveloppe protectrice (le kyste) autour des œufs à l'intérieur. A ce moment, les kystes se détachent de la surface de la racine et se retrouvent libre dans le sol. Le kyste peut contenir jusqu'à un millier d'œufs qui peuvent rester viables pendant 20 à 30 ans en l'absence des Solanacées hôtes et permettent d'assurer plusieurs infestations consécutives (Schneider et Mugniéry, 1971 ; Brodie et al., 1993 ; Turner, 1996) . Le kyste constitue un excellent organe de dissémination et de conservation. Une durée de 38 à 48 jours (dépendant de la température du sol) est nécessaire pour accomplir le cycle (Gréco et al., 1988). Dans les régions froides (comme la France) il n'y a qu'une seule génération par an, correspondant à une culture de la plante hôte. Toutefois, dans les régions plus chaudes comme l'Algérie, où l'on pratique souvent deux cultures de pomme de terre la même année, il y'a au moins deux générations (Schneider et Mugniéry, 1971). (Fig.15).



**Figure 15-** Cycle de développement de nématodes à kystes de la pomme de terre (Chauvin et al., 2008).

### III-2.3 Mode de dissémination des nématodes phytoparasites.

Les nématodes phytoparasites ne se déplacent que sur de petites distances : un nématode peut parcourir en moyenne 20 cm par an. A ce rythme, il semble surprenant que les populations de nématodes soient aussi largement distribuées à travers le monde (Sadek, 1977). Ainsi, pour les nématodes qui sont transportés passivement, le vecteur est un facteur important, car leur survie dépend du lieu de dépôt. La colonisation ultérieure d'un espace se ferait soit parce que le milieu est ou leur est devenu favorable, soit par suite d'une adaptation de certains individus à un environnement nouveau (Sadek, 1977 ; Cadet et al., 1994). De par leur petite taille, les nématodes peuvent être transportés passivement par plusieurs vecteurs (Sadek, 1977).

Les nématodes peuvent être transportés par les engins aratoires. Une étude, a été faite sur trois années successives, de la répartition de *Pratylenchus penetrans* suggère que ce *Pratylenchidae* serait disséminé à l'intérieur d'une même parcelle par les outils de labours, mais pas par les outils de récolte (Morgan et al., 2002).

La dissémination des nématodes par le vent a été mise en évidence pour plusieurs espèces de *Tylenchida* (Meagher, 1977). Elle nécessite non seulement des conditions climatiques particulières (vents violents sur sols découverts) mais surtout la capacité pour le nématode de supporter des conditions de sécheresse très défavorables (Carroll et Viglierchio, 1981).

De nombreux auteurs (Croll et Mathews, 1977 ; Ferraz et Brown, 2002 ; Burr et Robinson, 2004) considèrent que la dissémination des nématodes par les eaux est un phénomène acquis

Bien que considérés comme secondaires (Norton, 1978), les déplacements actifs de nématodes phytoparasites dans le sol sont connus depuis longtemps. De nombreux composants des exsudats racinaires sont en effet susceptibles d'attirer les nématodes (Spiegel et al., 2003).

### III-2.4 Gestion des nématodes phytoparasites

Dans les systèmes culturels où les rendements ne correspondent pas aux objectifs fixés. Il est essentiel d'établir un diagnostic, ensuite, des mesures d'intervention adaptées permettront de maintenir les densités de populations au-dessus des niveaux nuisibles.

#### III.2.4).1 Mesures prophylactiques.

La base de lutte contre les nématodes durables est de maintenir un sol sain.

- L'utilisation des variétés résistantes aux nématodes (Sikora et al., 2005).

- A une interdiction d'exportation des produits agricoles (si les échantillons contiennent des nématodes de quarantaine) du fait du statut de quarantaine de certaines espèces de nématodes afin de ne pas les introduire dans le pays (Blanchard, 2006).
- Nettoyer le matériel après un travail dans une parcelle contaminée (Caporalino et al., 2009).

#### **III.2.4).2 Les méthodes de lutte physique.**

Les *Ditylenchus* mobiles sont tués en 2 heures à 43 C° et en une heure à 44C°. Ce sont les températures que l'on choisira pour le traitement des échalotes (Whitehead, 1997).

C'est une procédure hydrothermale qui se fait en sol humide couvert d'un film plastique et exposé au soleil pendant les mois chauds. Le processus de chauffage et l'efficacité de solarisation du sol dans le contrôle des ravageurs sont en fonction de la relation entre le temps et la température (Barakt, 2005).

#### **III.2.4).3 Les méthodes de lutte biologique.**

La lutte biologique contre les nématodes phytoparasites emploie des organismes vivants antagonistes aux nématodes comme des champignons ou des bactéries (Stirling, 1991; Davies & Spiegel, 2011). Des différents types des champignons utilisés en lutte contre les nématodes phytoparasites ont été décrits tels que : les champignons prédateurs comme *Arthrobotrys irregularis*, un hyphomycète qui est capable de piéger rapidement les juvéniles de nématodes à galles (Cayrol, 1981). Les champignons ovicides comme *Paecilomyces lilacinus* (Jatala et al., 1979 ; Cayrol et al., 1992 ; Kiewnick & Sikora 2006) ou *Verticillium chlamydosporium*, qui attaquent les embryons dans les œufs de nématodes (Godoy et al., 1983a ; Kerry et al., 1984 ; Rodriguez-Kabana et al., 1984 ; Kerry & Deleu, 1991 ; de Leij et al., 1993). Cependant, malgré leur grande ubiquité et leur polyphagie, certains de ces organismes sont difficiles à cultiver sur des milieux synthétiques ; alors, leur utilisation en tant qu'agents de lutte biologique reste limitée.

Ils existent aussi des bactéries antagonistes des nématodes, par exemple, *Pasteuria spp.*, une bactérie à endospores. *Pasteuria spp.* sont des agents pathogènes de plusieurs genres des nématodes phytoparasites (Mukhaimar, 2016).

#### **III.2.4).4 La lutte chimique.**

L'application des produits chimiques est difficile, de plus ils sont coûteux et toxiques (Caporalino, 2009). Les plus utilisés sont les fumigants du sol, les nématicides les organophosphorés et les carbamates qui sont aussi des insecticides. Cependant, leur toxicité pour l'environnement réside dans les débris toxiques dans les parties comestibles de la plante (Blanchard, 2006). En effet, plusieurs nématicides chimiques sont utilisés pour lutter contre les

nématodes phytoparasites, incluant des fumigants (1,3-dichloropropène, chloropicrin, dazomet, éthylène dibromide, métham-sodium, méthyle bromide, méthyle isothiocyanate) et de non-fumigants tels que des organophosphates (Ebufos, Ethoprophos, Fenamiphos, Fensulfotion, Isazofos, Terbufos, Thionazin) et des carbamates (Aldicarb, Aldoxycarb, Carbofuran, Cleothocarb, Oxamyl) . En générale, les fumigants, sont plus efficaces contre les nématodes phytoparasites que les non-fumigants (Mukhaimar ,2016), mais ils sont aussi plus nocifs sur l'environnement (Hutchinson et *al.*, 1999).

La majorité de nématodes phytoparasites passent leurs vies confinées dans le sol ou dans les racines de plantes, et la livraison d'un produit chimique directement à la rhizosphère de plantes est difficile. La surface extérieure de nématodes est biochimiquement une faible cible et imperméable à de nombreuses molécules organiques. La livraison d'un composé toxique par une voie orale est presque impossible, car la plupart des nématodes phytoparasites ingèrent les molécules des nématicides seulement lors de l'alimentation sur les racines des plantes. Les nématicides efficaces sont généralement très toxiques à un large spectre d'espèces et leur utilisation présente un risque élevé pour la santé humaine et de l'environnement (Chitwood, 2003).

#### ***III.2.4).5 La lutte génétique.***

La lutte génétique est le plus important moyen de lutte contre les nématodes phytoparasites par l'utilisation de plantes cultivées résistantes. La lutte génétique contre les maladies des plantes repose sur l'amélioration et/ou la création de variétés cultivées en introduisant des gènes de résistance dans des lignées cultivées d'espèces sauvages apparentées ou encore chez des variétés populations locales. Cette stratégie repose sur les connaissances des mécanismes moléculaires de résistance des plantes (Le Roux, 2008).

L'origine des résistances contre des nématodes phytoparasites sont très souvent des plantes sauvages apparentées, où les résistances ont été introgressées chez des plantes cultivées.

**Deuxième**  
**partie - Etude**  
**Expérimentale**

## Chapitre IV- Matériels et méthodes

---

### IV-1 Présentation de la région d'étude

#### IV-1.1 Situation géographique

La plaine du Chélif constitue une vaste dépression s'étendant d'est en ouest dans la partie orientale sublittoral de l'Algérie (Fig.16) sur une superficie totale de 44,630 km<sup>2</sup>, le long d'oued Chélif (Pomel et Pouyane ,1897 ; Baulaine ,1957 ;Saidi et al. ,1999 ;Walter et al. ,2001 ;Benkrid ,2008 ) , elle est située entre 34° et 36° 30' de latitude Nord et 0° et 3° 30' de longitude Est (Baulaine ,1957). Elle fait partie du grand bassin versant « Chélif-Zahrez » qui occupe plus de 22 % de la superficie de nord Algérie (Benkrid , 2008). Elle est limitée par les monts de (Tetteri) media à l'Est, le périmètre de la Mina à l'Ouest, le massif du Dahra au Nord et le massif d'Ouarsenis au Sud (Pomel et Pouyane , 1897 ; Baulaine ,1957 ; Walter et al. ,2001 Benkrid ,2008 ).

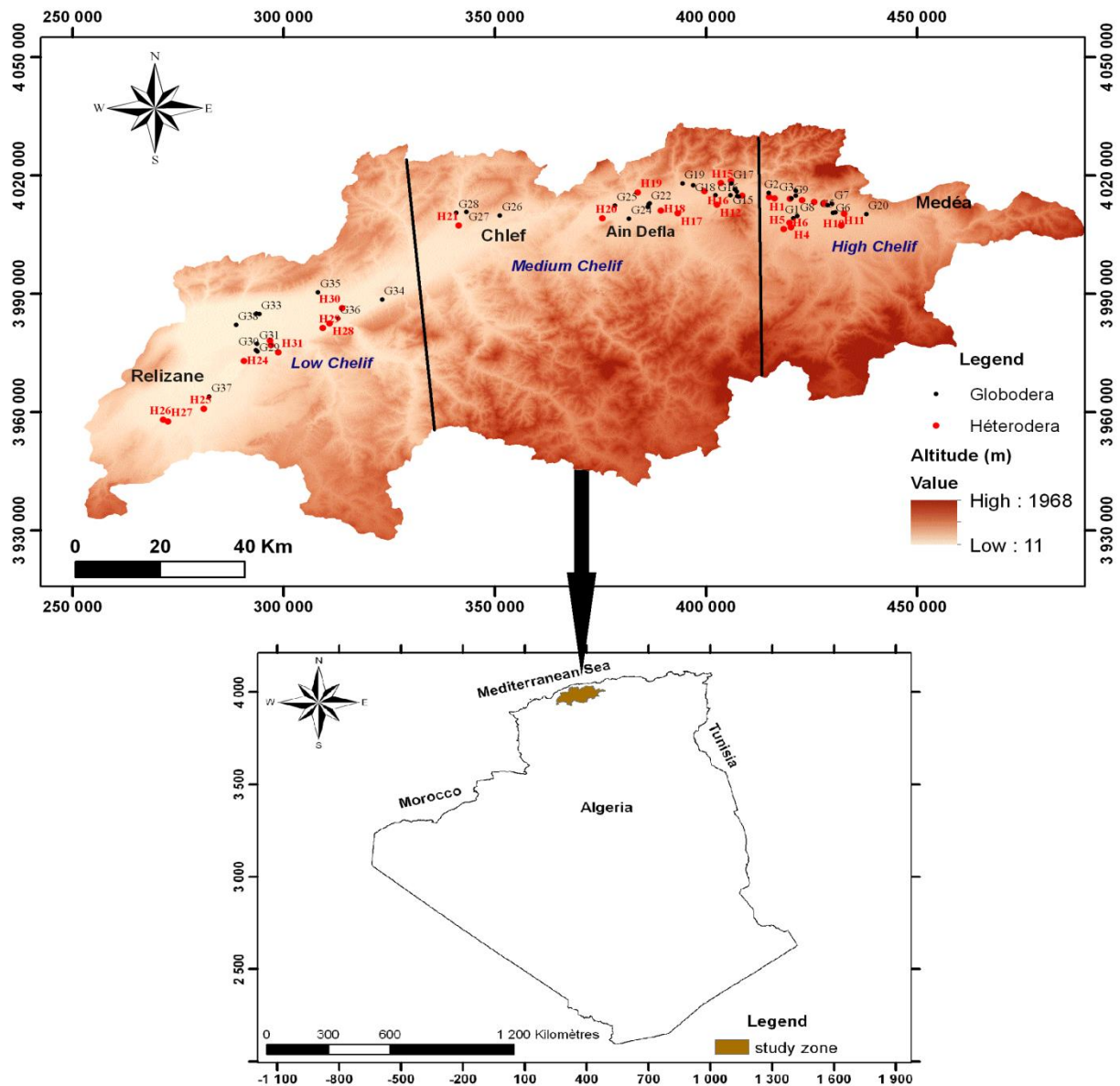
La plaine alluviale du Haut-Chélif appelée aussi plaine d'El-Khemis est située à 120 Km au Sud-Ouest d'Alger. Elle a une superficie de 21035 Km<sup>2</sup>. Elle est limitée au Nord par les monts du Zaccar, au Sud par les contreforts de l'Ouarsenis, à l'Ouest par le massif de Doui et à l'Est par Djebel Gountas. Elle a une pente relativement faible (15%). La plaine est comprise entre les coordonnées suivantes :

- 6°12' et 36°17' de latitude Nord, c'est-à-dire entre les communes de Bir-Ouled-Khelifa et de Miliana ;
- 2°12' et 2°17' de longitude Est, soit entre djebels Doui et Gontas.

La plaine du Moyen-Chélif se situe au centre du bassin du Chélif à 200 km à l'Ouest d'Alger et 35 km à vol d'oiseau de la méditerranée. Elle est limitée au Nord par les monts de Medjadja, à l'Est par le seuil d'Oum Drou (Pontéba), au Sud par les monts de l'Ouersenis et à l'Ouest par le seuil de Boukadir.

La plaine du Bas-Chélif se situe à l'extrémité nord du bassin du Chélif (nord-ouest de l'Algérie), à environ 250 km à l'ouest d'Alger et à 35 km à vol d'oiseau de la méditerranée, avec en son centre la ville d'Oued Rhiou (wilaya de Relizane). Elle est limitée par le périmètre du Moyen-Chélif à l'Est, le périmètre de la Mina à l'Ouest, le massif du Dahra au Nord et le massif de l'Ouarsenis au Sud. Elle se trouve entre :

- 0° 40' et 1° 6' 8'' de longitude Est.
- 34° 3' 12'' et 36° 5' 57'' de latitude Nord



**Figure 16-** Position géographique de la plaine du Chélif .

#### IV-1.2 Données climatiques

Les plaines du Chélif, en général, ont un climat spécial, de type continental semi - aride, célèbre par sa dureté, malgré la proximité de la mer (50 km en moyenne) (Scet-Agri, 1985), et qui a été cité comme une curiosité météorologique (Seltzer, 1946).

On parle du "four du tell" ou de "portion de Sahara égarée dans le tell». En effet la chaleur qui règne dans le Chélif en été et qui est notablement plus élevée que dans les régions voisines est une des caractéristiques les plus notables de ce climat. Il en est d'autre. Comme les basses températures de l'hiver ou la sécheresse de l'air, Qui constituent un ensemble de conditions climatiques particulières et justifient la notion de climat Chélifien (Yacono, 1954).

Pour les données pluviométriques, il existe des stations gérées par l'A.N.R.H et réparties dans toute la plaine de Chélif (tableau 05). Ce dernier mentionne les moyennes pluviométriques interannuelles qui s'étalent sur une période allant de l'année 1968 jusqu'à l'année 2001.

**Tableau 5-** Données pluviométriques année 2001/2002 et moyennes interannuelles (1968- 2001), d'après l'ABH-CZ, 2004.

Stations Mois	Haut-Chélif		Moyen-Chélif		Bas-Chélif	
	Miliana	Khemis.M	Larebt Ouled Fares	Chlef DDA	El hmadna INRA	Djidiouia
Septembre	25,7	44,4	31,1	16,3	13,4	16,1
Octobre	4,3	45,2	3,2	3,4	9,5	4,8
Novembre	105,2	77	134,4	97,6	128,7	123,5
Décembre	31,6	32,7	33,2	32,7	36,3	25,3
Janvier	15,3	25,9	17,3	15,2	5,3	6,6
Février	14	12,8	13,3	5,2	0,0	0,0
Mars	50,4	28	49,7	33,7	53,5	51,6
Avril	37,7	26,4	51,6	39,9	33,5	34,7
Mai	27,9	38,3	34,8	27,2	42,9	42,1
Juin	0,0	0,4	3,0	0,0	0,0	0,0
Juillet	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Août	14,6	14,9	7,9	8,2	6,6	4,6
<b>Total (mm) (2001-2002)</b>	<b>326,7</b>	<b>347,1</b>	<b>379,5</b>	<b>279,4</b>	<b>329,7</b>	<b>309,3</b>
<b>Moyenne interannuelle (1968-2001) (mm)</b>	<b>436</b>	<b>424</b>	<b>375</b>	<b>355</b>	<b>279</b>	<b>325</b>

Selon le tableau N°05, on peut dénoter un régime pluviométrique irrégulier entre les trois parties de la plaine de Chélif avec un régime pluviométrique qui se régressait de l'Est vers l'Ouest de la plaine, une moyenne de 436 mm est enregistrée au niveau de la station de Khemis Miliana, 375 mm au niveau de la station d'Ouled Fares contre, 279 enregistré au niveau de la station de Hamada.

Les données existantes en températures sont celles des stations gérées par l'ANRH et l'ONM (l'office national de la météorologie) et concernent les températures moyennes annuelles (Tableau 6) :

- Les plus élevées sont enregistrées dans les plaines du Moyen Chélif et Bas Chélif et qui varient entre 21,266°C et 19,33°C (station Chlef est celle de Hmadena).
- La région du bas Chélif a enregistré des valeurs moyennes plus au moins basse par rapport aux deux régions précédentes avec une moyenne générale de 17,99°C.

La région ouest est très rude et très contrastée par ses étés très chauds et ses hivers à températures basses à tels points que cela a été cité comme une curiosité climatique par Seltzer (1946). Cette particularité lui a aussi valu d'autres qualificatifs non moins célèbres tels que «le four du tell» ou encore «une portion du Sahara égarée dans le tell» (Boulaine, 1957).

**Tableau 6-** Températures moyennes mensuelles et pluies mensuelles (période 1975 à 2006).  
(O.N.M (2008).

Stations	Haut-Chélif		Moyen-Chélif		Bas-Chélif	
	Khemis Miliana		Chlef		H'madna	
Mois	T Moy (°C)	P (mm)	T Moy (°C)	P (mm)	T Moy (°C)	P (mm)
Janvier	9,47	55,15	10,5	42,78	12	33,25
Février	10,4	55,56	11,8	44,09	14	32,1
Mars	13,02	46,05	14,3	38,62	17	26,36
Avril	14,88	35,96	17	35,52	21	23,62
Mai	19,48	25,92	21,5	26,66	25	16,35
Juin	24,56	9,23	27,2	6,28	29	2,74
Juillet	27,87	3,96	39,2	2,44	30	0,86
Août	28,34	3,37	38,4	4,14	25	1,8
Septembre	24,11	23,03	26,4	17,59	20	15,51
Octobre	19,4	32,02	21,2	35,89	15	20,3
Novembre	13,87	50,07	15,7	54,82	12	35,52
Décembre	10,49	55,17	11,9	47,03	12	30,12
<b>T °Moyenne et P total</b>	<b>17.99</b>	<b>395,49</b>	<b>21.26</b>	<b>355,86</b>	<b>19.33</b>	<b>238,53</b>

Bagnouls et Gaussen (1953) ont déterminé pour le mois sec un quotient entre les précipitations mensuelles (P) exprimées en mm et la température moyenne (T) exprimée en °C égal ou inférieur à 2 (Guyot, 1999). Ce diagramme permet de calculer très facilement le nombre de mois secs représentant la saison sèche et de comparer d'une manière cohérente les régions à climat semblable (Hufty, 2001).

Afin d'obtenir le diagramme ombrothermique qui permet de mettre immédiatement en évidence les périodes chaudes et sèches et les périodes humides et pluvieuses (Fig.17), trois stations pluviométriques sont été retenues respectivement pour les trois plaines du bassin versant du Chélif. Ainsi, la détermination sur un même graphique de la durée de la période humide et de la période sèche de notre zone étude a été faite sur la base du report des valeurs des précipitations mensuelles et des températures moyennes en ordonnée selon le rapport  $P \geq 2T$ .

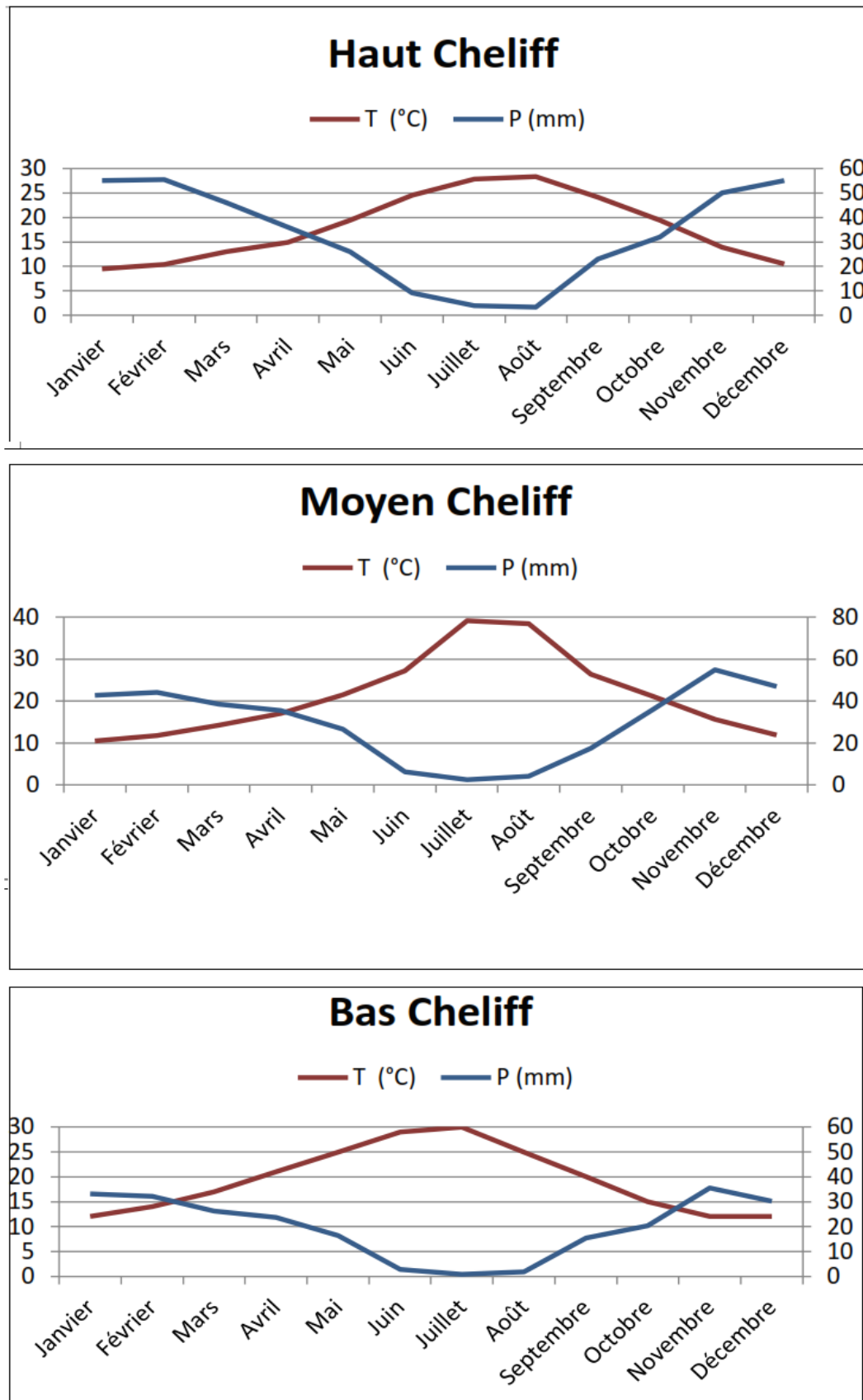


Figure 17- Diagrammes Ombrothermiques des Trois parties de la plaine du Chélif d'après les données de l'ONM 1975 à 2006

Selon les diagrammes Ombrothermiques établies pour les trois parties ,le haut, le moyen et le bas Chélif est qui s'étalent sur une période haut de 32 ans (1975-2006) (Fig.17) montrent que la période de sécheresse la plus longue est observée dans le Bas-Chélif, elle s'étale sur plus de huit mois, allant du fin février jusqu'au fin octobre. Survenant ensuite le Moyen-Chélif avec une saison sèche plus au moins longue qui débute à la dernière décade du mois d'avril jusqu'à la dernière décade du mois d'octobre. La période sèche dans le Haut-Chélif commence avec le mois de mai et achève avec la fin d'octobre.

Les valeurs annuelles de l'humidité relative au bassin versant du Chélif enregistrées au niveau des stations de Khemis Miliana (haut Chélif) et de Ouled Fares (moyen Chélif) et celles d'El Hmadna (bas Chélif) représentent respectivement une humidité relative moyenne de 50,25 %, 68,1% et 58,1% (Fig.18 – ONM Chlef, 2009 et ANRH, 2009).



**Figure 18**-Humidité relative moyenne annuelle des trois stations dans la plaine du Chélif.  
(ONM, 2009).

L'insolation moyenne annuelle du bassin du Chélif tourne au voisinage de 2800 heures/an si l'on considère uniquement les données disponibles pour la période 1993-2004 fournies par les stations d'El Khemis et d'Ouled Farés d'après l'ONM Chlef.

#### IV-1.3 Ressources en eau.

Dans l'aire géographique que couvre notre bassin versant, s'inscrit l'Oued Chélif le plus long cours d'eau de notre pays en plus d'un réseau hydrographique de 6 500 Km façonnant ainsi le paysage de cette région en drainent les eaux de surface du bassin (Fig.19).

Les apports totaux du bassin du Chélif Zahrez sont estimés à 1 227 Hm<sup>3</sup> dont les apports aux barrages ne dépassent guère la valeur de 870 Hm<sup>3</sup>.

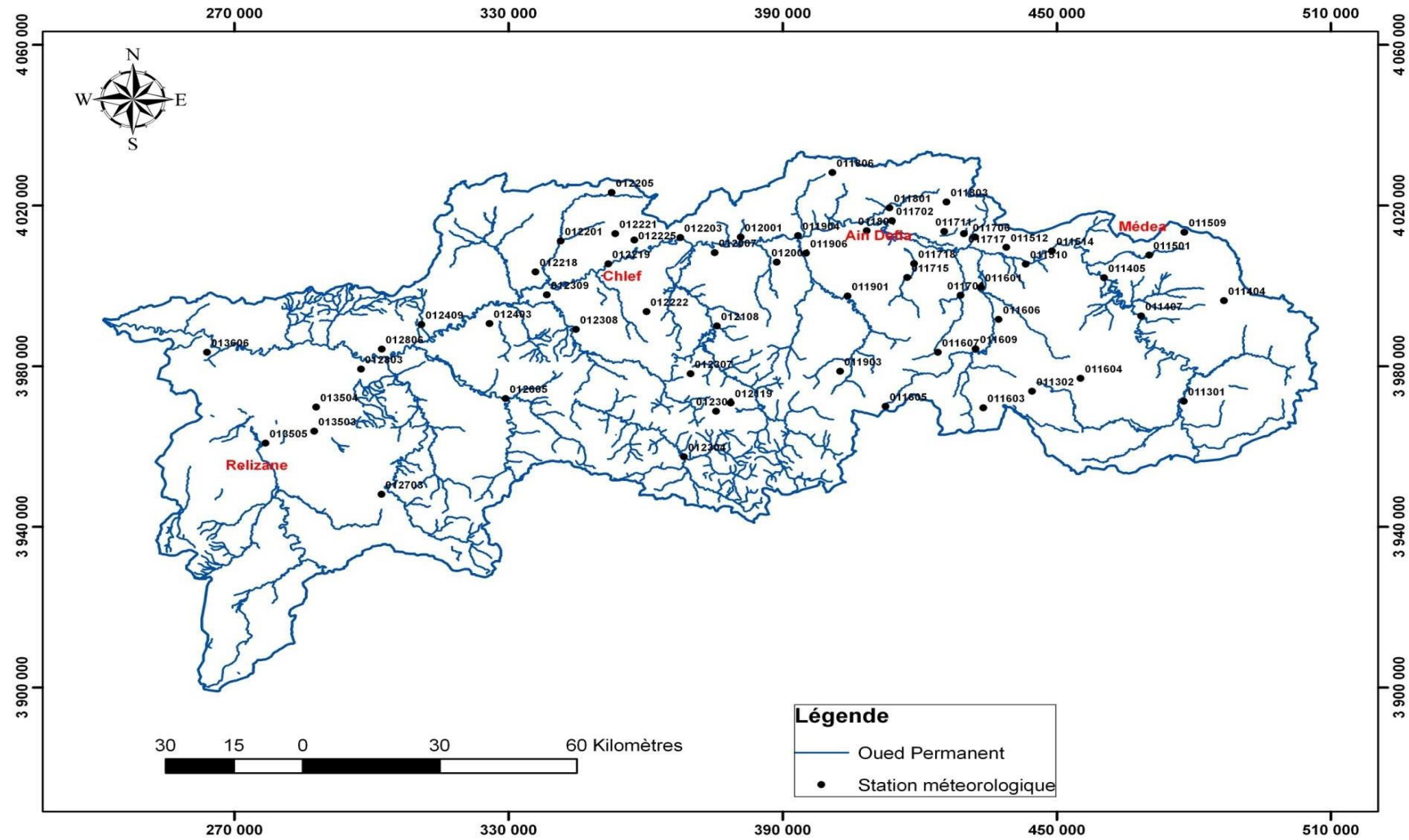


Figure 19- Réseaux hydrographique de bassin versant du Cheliff. (Rata, 2020).

Les ressources en eau disponible correspondant à la capacité des retenues en service sont de 46 Hm<sup>3</sup>. Vingt retenues collinaires sont en construction et auront une capacité de 13 H m<sup>3</sup> et 150 autres sont projetées avec une capacité de 44 H m<sup>3</sup> (ABH-2020).

Au Chélif, plusieurs facteurs sont à l'origine du régime irrégulier des eaux qui fonctionne selon la variabilité de la pluviométrie imprimant ainsi les grands traits de la répartition des ressources en eaux souterraines et superficielles à travers le bassin. Les ressources en eau du bassin du Chélif sont relativement bien connues, mais la sécheresse qui sévit depuis des décennies nécessite une actualisation de leur évaluation dans cette région. Les apports sont évalués à 1 540 millions de m<sup>3</sup> /an pour des années pluvieuses et 1078 millions de m<sup>3</sup> /an pour des années sèches (MRE, 2008). Ils dépendent de l'hydraulicité de l'année.

**Tableau 7-** Les ressources en eau mobilisées dans le Bassin du Chélif (ABH Chlef, 2008).

<b>Ressources en eaux interannuelles moyennes</b>	<b>Mobilisables (millions m<sup>3</sup>)</b>	<b>Mobilisées (millions m<sup>3</sup>)</b>	<b>Taux Mobilisées (%)</b>
<b>Eaux superficielles</b>	1024,99	593,7	58
<b>Eaux souterraines</b>	354,28	177,7	50
<b>Total</b>	<b>1379,27</b>	<b>771,4</b>	<b>56</b>

#### IV-1.4 Données pédologiques

Le bassin du Chélif appartient aux bassins sédimentaires sub-littoraux allongés Est - Ouest et mis en place après la dernière phase alpine de la tectonique tangentielle.

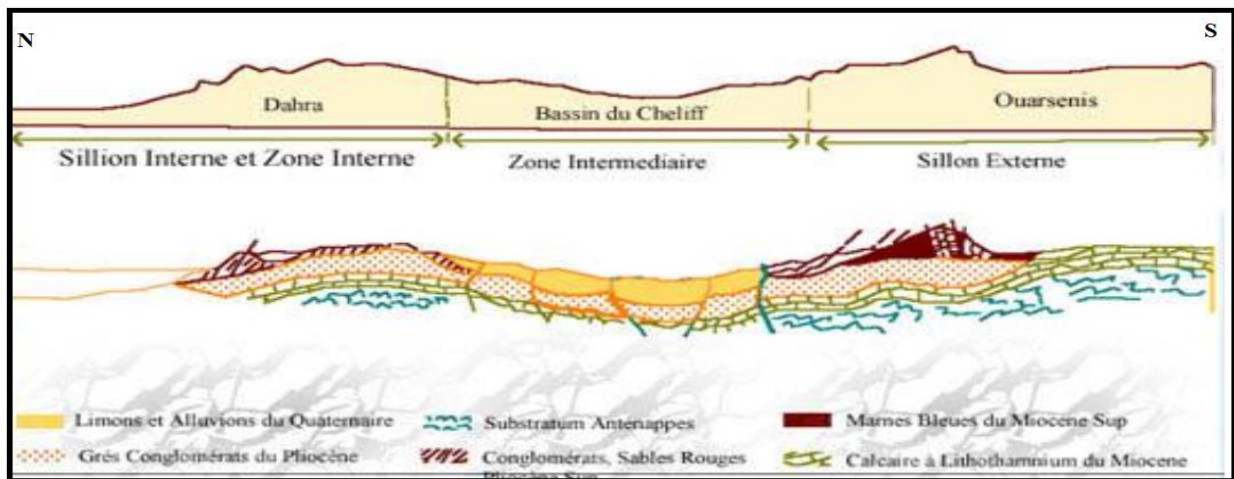
Au Nord, cette dépression est séparée de la mer par le Tell septentrional représenté par une suite de reliefs parallèles formés essentiellement de terrains jurassico-crétacés que l'on retrouve aussi dans la plaine (Dahra et massifs épi-métamorphiques à schistosités du Doui, Rouina et Témoulga).

Au sud, le bassin du Chélif est limité par le Tell méridional représenté par un ensemble de massifs montagneux où le substratum y est principalement marno-calcaire et correspond à l'allochtone tellien avec ses différentes nappes.

Une phase infra-crétacé compressive donne des plis NE-SW. Une phase à composante tangentielle intervient après le Sénonien et le Paléocène et serait en partie responsable de l'épimétamorphisme. Une phase datée Aquitano-Burdigalienne compressive et profonde a généré le nouvel épimétamorphisme.

Pendant que les nappes telliennes achèvent leur mise en place, un nouveau cycle sédimentaire s'amorce marqué par une transgression qui envahit le bassin et finit par déposer une épaisse sédimentation mio-plio-quadernaire. Parallèlement, le bassin du Chéiff a été soumis pendant tout le néogène à une importante tectonique principalement dispersive pour certains auteurs (Gourinard, 1958 Perrodon, 1957 Fenet, 1975) et polyphasée pour Thomas G, 1974. Cette tectonique continue jusqu'à présent comme en témoigne l'intense activité sismique de la région (ABH, 2020).

Les ensembles lithologiques rencontrés dans la plaine sont représentés sur la Figure 20 : les terrains néogènes et quadernaies dans la zone centrale du bassin ; le substratum, essentiellement secondaire sur les bordures du bassin représenté par les terrains allochtones mis en place lors des différentes phases tectoniques (Eocène moyen, Miocène inférieur). (Perrodon, 1957).



**Figure 20-** Coupe géologique Nors-Sud de bassin de Chéiff (Boulaine, 1956).

Selon Boulaine, (1957), on y retrouve très nettement les deux grands ensembles de sols des bordures des plaines et les sols de la plaine.

Les sols des bordures des plaines sont formés par des associations de sols plus ou moins érodés, qui peuvent évoluer sur du calcaire dur ou tendre, des grès ou des marnes. Lorsque la roche n'affleure pas à la surface, ce sont des sols généralement calcimagnésiques. La texture de ces sols est équilibrée, la structure est bonne et la perméabilité (Hennia, 2012). Ils sont caractérisés par des teneurs moyennes en calcaire total et par l'absence de la salinité ; toutefois, leur irrigation par des eaux chargées en sels peut être responsable d'une salinisation secondaire.

Les sols de la plaine sont répartis en cinq classes: les sols peu évolués alluviaux et colluviaux, on les rencontre sur la majorité de la plaine (80%), les vertisols sont riches en argiles gonflantes, les sols calcimagnésiques, les sols salés et les sols sesquioxydes de fer qui sont riches en sesquioxydes.

En conclusion on peut dire que les sols de cette plaine sont formés dans des alluvions quaternaires (Boulaine, 1956, 1957 ; Kayser ,1959). Dans le lit majeur de Chélif et les bourrelets de ces affluents, il y a la formation des sols alluviaux non évolués, très souvent des sols sablonneux perméables. Des sols calciques se trouvent répartie un peu par tous en bordure des ravins, et sur le rebord des glacis anciens, Ce sont des sols peu épais, rarement argileux toujours riches en sables et en cailloux, le plus souvent calcaires.

La vallée du Chélif est caractérisée par des sols d'apport colluvial et surtout alluvial. La pédogénèse est très marquée par des phénomènes d'hydromorphie, halomorphie, tirsification et la rubéfaction qui sont liés aux propriétés morphologiques.( Boulaine, 1956).

Au périmètre du Haut-Chélif, on distingue :

- Les sols alluviaux sableux de la terrasse moderne du Chélif, qui sont peu évolués, profonds et perméables ;
- Les sols alluviaux de texture limoneuse de la terrasse récente du Chélif, qui sont faiblement argileux ;
- Les sols des terrasses anciennes, qui sont rouges sur tuf ou sur croute décalcifiée en surface.

Alors que les sols du périmètre du Moyen-Chélif sont caractérisés par :

- Les sols d'apport colluvial se trouvant à la lisière de la plaine et sont profonds ;
- Les sols hydromorphes se trouvent pour la plupart dans les vallées de la Merdja et de l'Oued Fodda ;
  - Les sols salés se localisent dans la partie Ouest du périmètre, surtout dans la région de Bled Souala.

Au périmètre du Bas-Chélif, ses sols peuvent être classés en deux principaux types généraux :

- Les sols légers et non salés qui se trouvent sur le plateau de Benziane et les périphéries de la plaine ;
- Les sols lourds et salés qui occupent la partie centrale de la plaine.

#### **IV-1.5 Usage des sols et conduite de l'irrigation**

Le bassin versant du Chélif est dans sa majeure partie affecté par un régime climatique semi-aride qui détermine la couverture végétale. En matière d'érosion des sols, c'est le facteur recouvrement qui intervient le plus. Les forêts (bois et broussailles) et les prairies occupent

respectivement plus de 40% de la superficie du haut et moyen Chélif et 20% partie non négligeable du haut et moyen Chélif situé à l'Est du bassin. Les cultures et les terres arrosées sont concentrées au centre du bassin du Chélif. Le reste, ce sont des terres au repos et des sols nus, tandis que l'Amont de Boughzoul est essentiellement couvert par le sable (ABH, 2006).

Le bassin du Chélif possède de grandes potentialités agricoles, naturelles, en fertilités des sols, en ressources en eaux et des infrastructures très importantes liées à l'irrigation.

On trouve une quinzaine de barrages, quatre périmètres d'irrigation couvrant 61500 ha, réalisés depuis les années trente (Moyen Chélif mis en service en 1936, Bas Chélif mis en service 1937, Haut Chélif 1937 et la Mina en 1941), des stations de pompes et de dérivations de l'eau, en plus les moyens humains spécialisés qui maîtrisent les outils de la production moderne du point vu techniques ou pratique, rendant ce bassin à vocation agricole.

On remarque que les agriculteurs de cette région exploitent la terre depuis leurs existences et cultivent leurs terres principalement sous le régime pluviométrique. A cause de la sécheresse répétée et persistante, cette agriculture pluviale d'après plusieurs spécialistes concernés par ce domaine n'a pas de tendance au future proche.

Selon les bilans des campagnes d'irrigation fournis par l'ONID, l'eau d'irrigation des quatre grandes plaines et des superficies irriguées est gérée par cet organisme. Pour une année moyenne de forte demande de cette matière indispensable à la production agricole, la sécheresse peut toucher environ 110 000 ha de SAU toutes spéculations confondues (maraîchage, céréales, fourrages verts indispensables à la production animale, arboriculture fruitière diverses, cultures industrielles, etc.) dont 95 000 ha sont irrigués à partir de la grande hydraulique où 8 barrages assurent un volume annuel moyen de 200 millions m<sup>3</sup>.

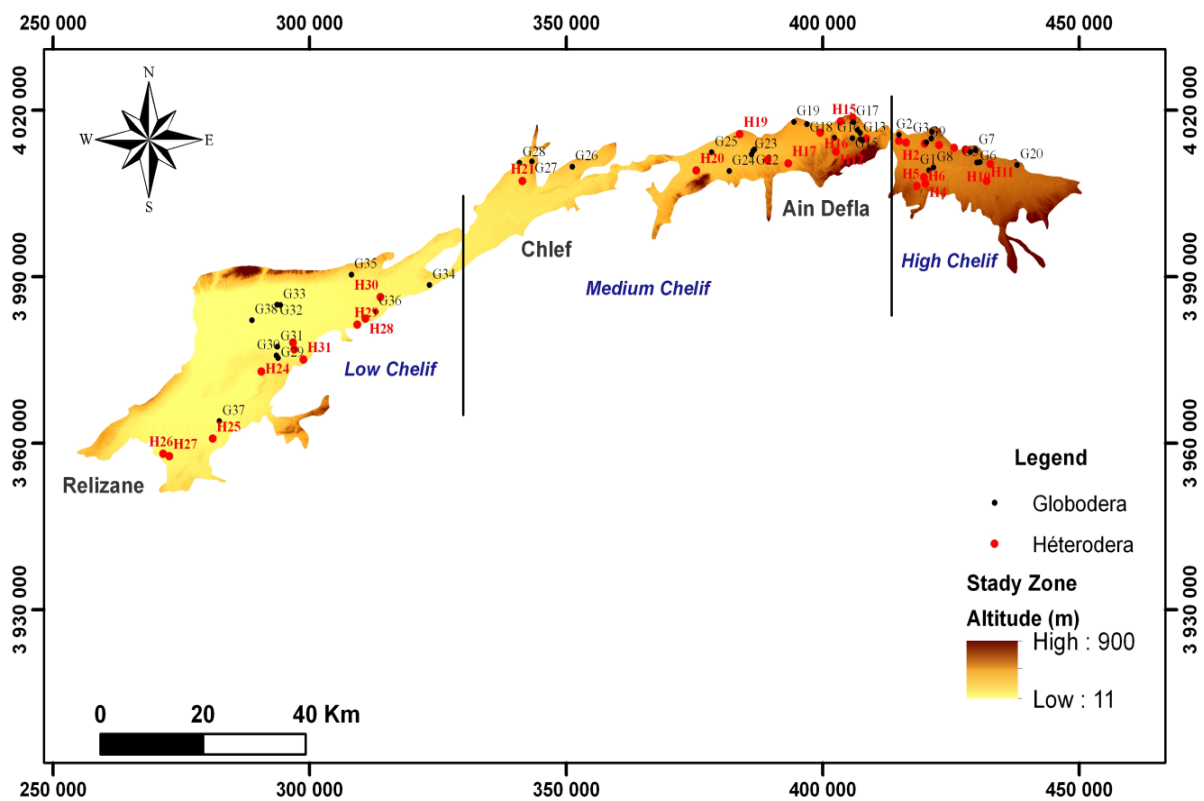
## **IV-2 Echantillonnage et méthodes d'analyses**

Des enquêtes sont effectuées auprès des producteurs de pomme de terre dans différentes zones de culture de la pomme de terre de saison en Algérie entre les mois d'avril et juin 2018 et auprès des producteurs de blé dur en phase montaison les mois mars et avril 2018. L'étude a concerné toute le long de la plaine du Chélif dans ces trois parties (le haut, le moyen et le bas), une variabilité de degré de salinité a été recherché de façon à déposer apriori une large gamme de qui représente l'influence.

Trente-un échantillons ont été prélevés réservés a la recherche des kystes *Heterodera ssp* dans les parcelles des champs de blé dur des déférentes plaines de Chélif dont 11 échantillons du haut-Chélif, 10 du moyen-Chélif et enfin 10 du bas-Chélif (surface moyen de chaque parcelle est deux Hectares). Le même principe a été appliqué dans les champs de la pomme de terre pour

la recherche des kystes *Globodera ssp* dont le nombre des échantillons est Trente-huit, 10 échantillons du haut-Chélif, 18 du moyen-Chélif et enfin 10 du bas-Chélif. (Fig.21).

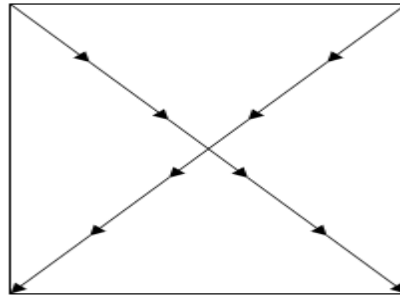
Selon Merny et Luc(1969), la technique utilisée est celle de l'échantillon global qui consiste à prélever des échantillons élémentaires dans plusieurs points de chaque parcelle qui vont être réunis en un seul échantillon global (Fig. N°22). Dans chaque parcelle Nous avons prélevé 25 échantillons élémentaires d'environ 100g selon les deux diagonales de la parcelle qu'on a mélangé en un échantillon global d'environ 2,5 kg représentatif de la parcelle (pour palier à l'hétérogénéité de la distribution des nématodes). Les prélèvements sont effectués un sous-total de 2,5 kg a été collecté autour des systèmes racinaires à 15–20 cm de profondeur après avoir enlevé les 5 cm supérieurs, dans chaque parcelle nous avons prélevés un échantillon environs 01 Kg de 5 à 25 cm réservés pour les analyses des paramètres du sol.



**Figure 21-** Position géographique des points échantillonnés dans les trois parties de la plaine du chelif (le haut, le moyen et le bas).

Les échantillons sont ensuite acheminés au laboratoire dans des sacs en matière plastique portant des étiquettes indiquant : le lieu de prélèvement (commune et parcelle), la date d'échantillonnage. Le sol prélevé est mis à l'ombre avec une bonne aération et étalé sur du papier

journal pour permettre un séchage rapide qui dure généralement 2 à 3 jours. Pour un meilleur séchage, le sol doit être tamisé et remué pour faciliter l'évaporation.



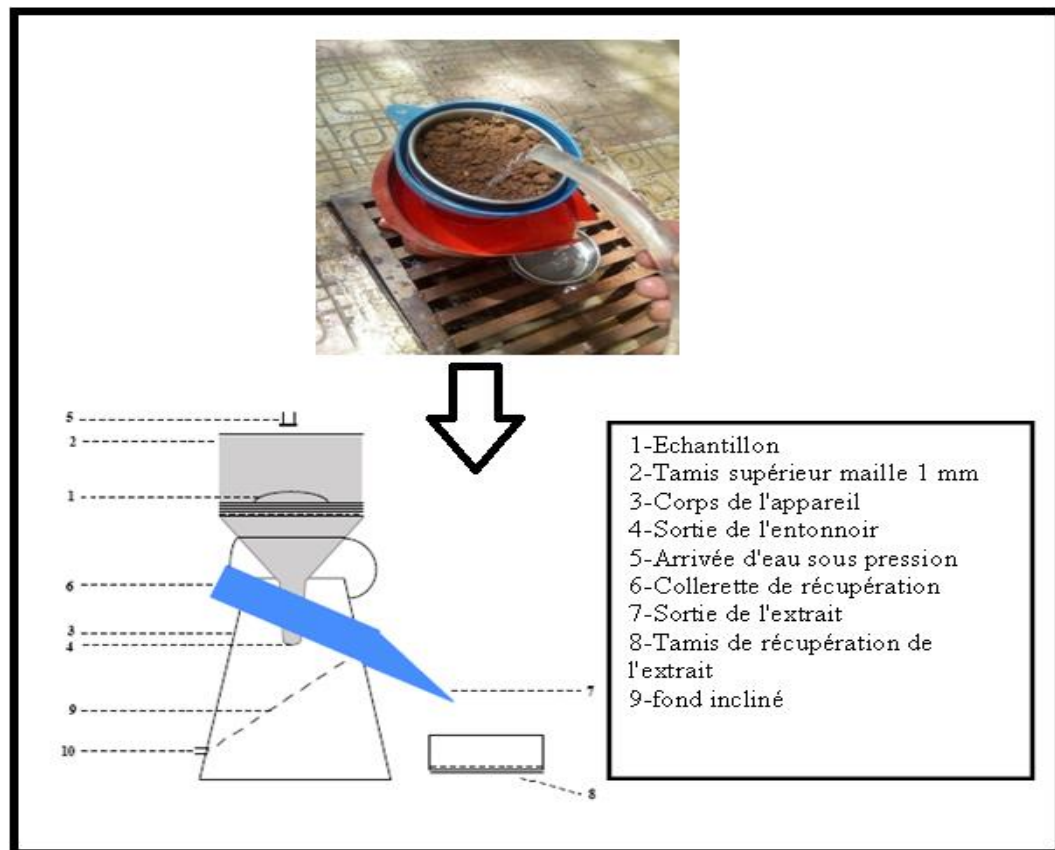
**Figure 22-** Schéma d'échantillonnage au niveau des parcelles prospectées.

#### IV-2.1 Extraction et comptage des nématodes

Pour extraire les kystes de *Globodera* et les kystes de *Heterodera* des échantillons du sol, nous avons utilisé la méthode classique décrite par Fenwick en 1940 qui est basée sur le principe de flottaison. Les kystes pleins et humides de *Globodera* ont une densité supérieure à 1,08, ils sédimentent donc très vite. Par contre, les kystes secs, ont une densité inférieure à 1 (densité de l'eau), ainsi, ils flottent à la surface de l'eau, ce qui permet leur récupération. C'est pourquoi, les échantillons doivent être mis au séchage avant qu'ils soient analysés (Nakachia et Jacqemont, 1971).

Après pesage du sol séché, l'échantillon est versé dans une passoire de 1 mm de maille à travers laquelle il sera entraîné par un jet d'eau dans le corps de l'appareil. La passoire retient les gros éléments alors que les kystes et les particules fines sont entraînés dans le récipient où ils flottent et débordent à travers la gouttière de l'appareil dans un tamis de 250 microns. Le contenu de ce dernier est ensuite récupéré sur un papier filtre par le jet d'une pissette. Le filtre et son contenu sont alors mis dans une boîte de Pétri et sont laissés pour sécher naturellement à la température ambiante pendant 24 heures environ.

L'appareil de Fenwick (Fig.23) est un récipient en forme de cône tronqué, dont le fond est constitué par un plan oblique incliné vers un orifice permettant la vidange.

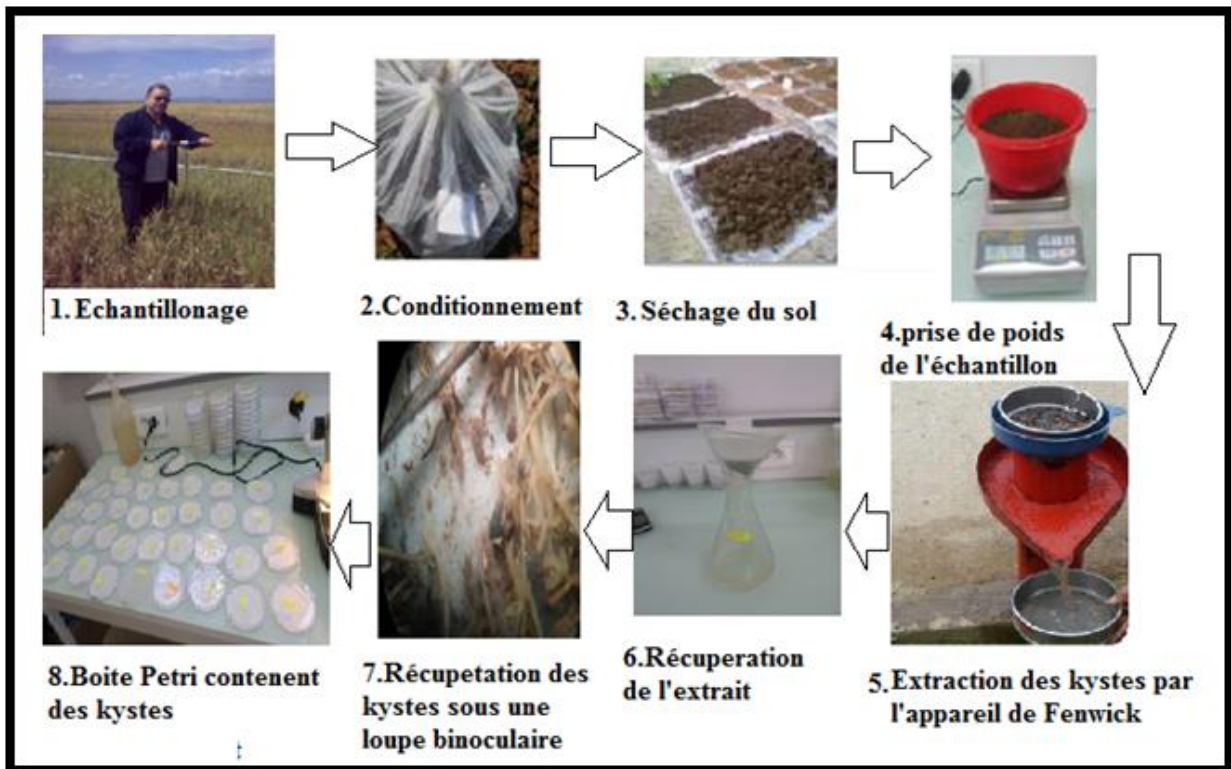


**Figure 23-** Schéma de l'appareil du FENWICK.

A sa partie supérieure, il est aménagé d'une déverse qui est munie d'une gouttière périphérique, oriente l'écoulement lorsque le récipient déborde (Sosa mosse, 1966).

Après décantation, les kystes deviennent plus légers que la matière organique. Ils sont récupérés à l'aide d'un pinceau sous une loupe binoculaire et mis dans une boîte de Pétri tapissée de papier filtre portant une étiquette où sont mentionnées des indications relatives à l'échantillon.

Chaque échantillon de sol a été soigneusement mélangé. Les kystes ont été extraits de cinq sous-échantillons de 500 g selon la technique modifiée de la boîte de Fenwick (Fenwick, 1940; Smiley, 2011) et les kystes matures retenus sur le tamis de 250  $\mu\text{m}$  ont été prélevés avec une aiguille à dissection sous un stéréomicroscope. Les espèces ont été identifiées sur la base de caractéristiques morphologiques (Handoo, 2002). Les kystes recueillis *Heterodera ssp* étaient généralement de forme ovoïde à citronnée, mais avaient des tailles différentes (Haddadi et Mokabli, 2015). les kystes recueillis *Globodera ssp* étaient généralement ronds d'une couleur brune rouge appelé kyste de 0,3 à 0,9 mm de diamètre de terre (Richard et Sawyer, 1972) ; (Ritter, 1971 ; Stone, 1973).

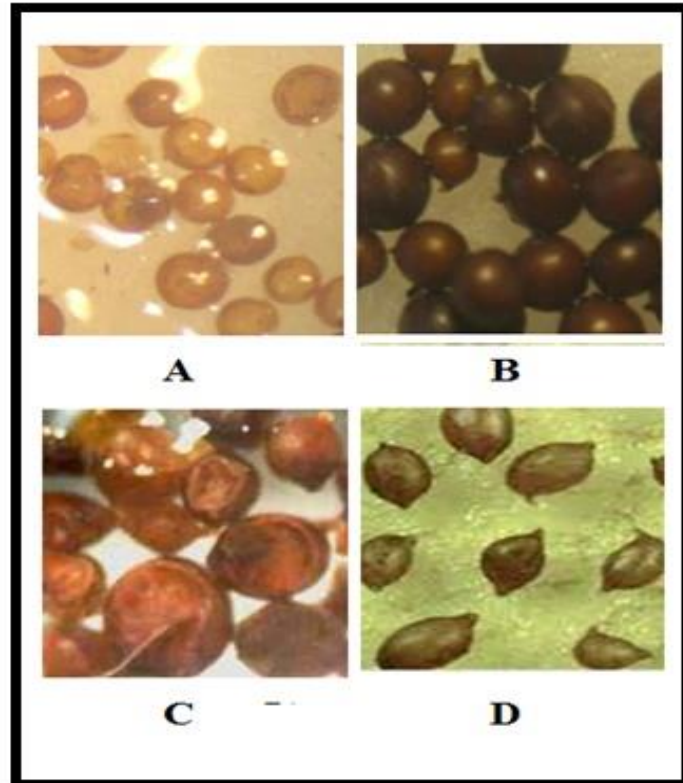


**Figure 24-** étapes de l'analyse nématologique (Original).

Les kystes ont été comptés dans 500 g de sol. Le dénombrement des kystes pleins et vides de *Globodera ssp* et *Heterodera ssp* se fait sous une loupe binoculaire. Les kystes pleins sont reconnus grâce à leur aspect turgescent et leur couleur foncée mais parfois claire, alors que les kystes vides sont identifiés par leur couleur claire qui par transparence au contact d'une goutte d'eau apparaissent dépourvus des œufs ou des larves (Fig.25), on peut aussi procéder à l'écrasement des kystes afin de s'assurer si les kystes sont pleins ou vides.

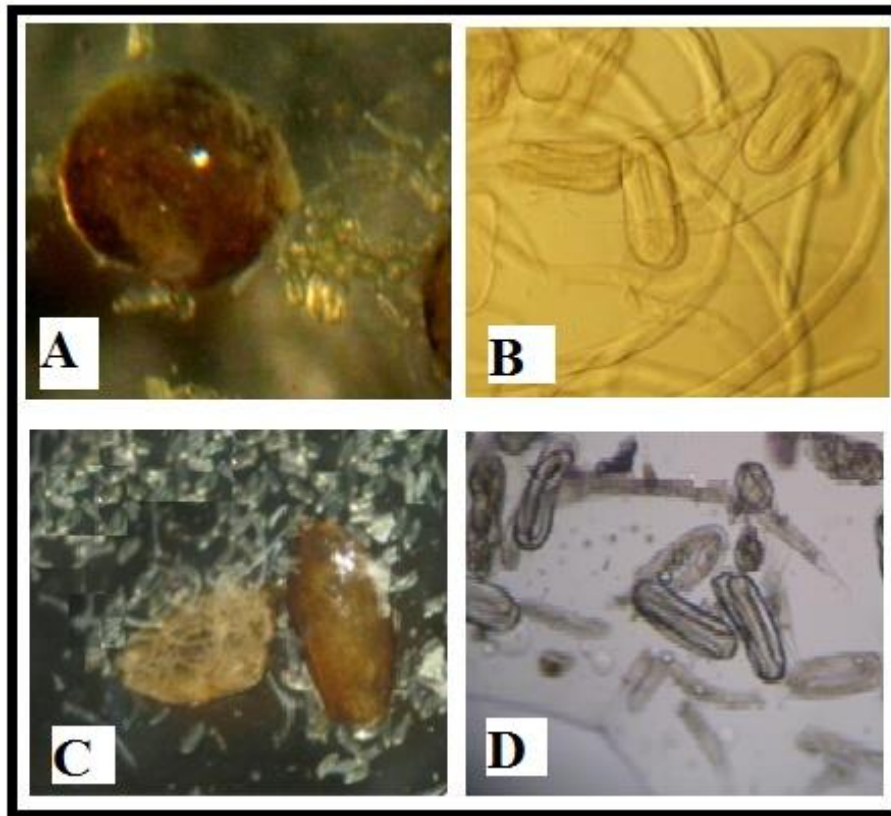
Les kystes sont ensuite séparés en kystes vides et kystes pleins. Ils sont comptés et conservés dans des boîtes de Pétri.

Enfin, le pourcentage des kystes vides et de kystes pleins est calculé ainsi que le degré d'infestation qui est exprimé en nombre d'œufs ou de larves infestantes L2 par gramme de sol (Wolfgong, 1991).



**Figure 25-** la différence entre les kystes pleins (A) et les kystes vides (B) de *Globodera ssp* et la différence les kystes pleins (C) et les kystes vides (D) de *Heterodera ssp*. Vus sous loupe binoculaire (G : 4XI0) (Originale).

Le dénombrement des œufs et des larves contenus dans les kystes pleins se fait sous une loupe binoculaire. Opération consiste à mettre un kyste dans une goutte d'eau mise sur une lame, le sectionner en deux à l'aide d'un scalpel, libérer les œufs et les juvéniles qu'il contient ensuite les compter en séparant les œufs et les juvéniles regroupés en amas à l'aide d'une épingle (Fig.26). Pour chaque échantillon, l'ensemble des œufs et des juvéniles de chaque kyste sont comptés. Ensuite, on a calculé la somme des œufs et juvéniles contenus dans l'ensemble des kystes pour avoir une densité par kg du sol et enfin les degrés d'infestation sont obtenus en reportant cette densité à un gramme du sol afin d'estimer si le niveau des différentes populations a atteint le seuil de nuisibilité.



**Figure 26-**A. Kyste écrasé libérant les larves et les œufs de *Globodera* spp. B. Kyste écrasé libérant les larves et les œufs de *Heterodera* spp vu sous loupe binoculaire (G : 4XIO). C. Larves et œufs de *Globodera* spp. D. Larves et œufs de *Heterodera* spp. Vus sous V vus sous microscope optique (G : XIO) (Original).

#### IV-2.2 Analyses physicochimiques du sol

Dans chaque parcelle nous avons prélevés un échantillon environs 01 Kg de 5 à 25 cm sur trois reprises réservées pour les analyses des paramètres physico-chimiques du sol. Les sols sont prélevés le jour de prélèvements des examens nématologique par la tarière sur des profondeurs coïncidant avec la longueur des racines. Le prélèvement a été répété trois fois.

Ils sont ensuite analysés au laboratoire d'analyse des sols de l'université de Khemis-Miliana. Les analyses concernent l'humidité pondérale (W%) le potentiel d'hydrogène pH, la salinité (CE), le calcaire total (%  $\text{CaCO}_3$ ), le carbone organique (% C) et la matière organique (% Mo).

##### IV.2.2.1 Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH constitue un facteur dont le rôle est crucial pour la mobilité des ions italiques, car il agit sur le nombre de charges négatives pouvant être mises en solution (Wu, 1989). Le pH est

déterminé selon la norme Afnor X 31-103 (Afnor, 1994) par la mesure du pH d'une suspension de sol dans l'eau à 1/5 après 20 minutes d'agitation puis décantation (24 h) à l'aide d'un pH mètre.

#### ***IV.2.2).2 Conductivité électrique (CE)***

La conductivité électrique est mesurée sur l'extrait de sol dilué au 1/5. Elle doit être exprimée en micro-siemens par centimètre ( $\mu\text{s/cm}$ ) (Baize, 2000). Elle a été déterminée par un conductimètre.

#### ***IV.2.2).3 Calcaire total (Méthode de Calcimètre)***

Le calcaire total est dosé par la méthode gazométrique en utilisant le Calcimètre de Bernard ; la méthode consiste à décomposer les bicarbonates du sol par l'acide chlorhydrique (6N) et à mesurer le volume de gaz carbonique (CO) dégagé. La connaissance du calcaire total dans un sol agricole est un moyen de caractérisation du sol, de point de vue fertilité physique, chimique et même biologique et de donner une vision sur l'activité biologique du sol mais aussi d'évaluer le pouvoir fixateur du sol.

#### ***IV.2.2).4 Carbone organique total (Méthode de Walkley et Black)***

Le dosage de la matière organique est réalisé à partir du dosage de l'un de ses constituants : le carbone organique (C.O) qui est estimé à 58% de la matière organique d'où  **$\% \text{ C.O.} \times 1,724 = \% \text{ M.O.}$**

La méthode de détermination du carbone organique (Alisson, 1986) est basée sur l'oxydation de ce dernier par le bichromate de potassium ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) en milieu acide sulfurique (source de chaleur).

La quantité de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  utilisée excède la quantité nécessaire pour l'oxydation du CO. L'excès de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  qui n'a pas réagi est ensuite dosé en retour par une solution titrée d'un réducteur qui est le sulfate ferreux (sel de Mohr) en présence de ferroïne (indicateur redox). Ce dosage en retour, permet donc de calculer la quantité de bichromate qui a été neutralisée par le carbone organique.

#### ***IV.2.2).5 Humidité pondérale***

C'est la perte de poids après séchage à 105°C exprimée en pourcentage (ou en pour mille) par rapport à la terre séchée à l'air.

$$\%H = (P - P_{105^\circ C}) / P \text{ sec } \times 100.$$

Cette détermination est facile à réaliser par simple pesée après un séchage en étuve d'une durée suffisante (vérification de poids constant).

L'utilisation de capsule en verre à couvercles rodés permet d'éviter un réhumectation au cours du transport de l'étuve à la balance. Elle est aussi appelée "Humidité résiduelle "quantité d'eau restante (BAIZE, 2000).

#### **IV.2.2).6 Traitement et analyse des données**

Deux groupes de variables ont été considérés dans notre étude, Variables liées aux ravageurs (état d'infestation) et variables liées aux paramètres physicochimiques des sols dans les parcelles étudiées, la localisation géographique des échantillons a été délimité et divisée selon les trois parties de la plaine du Chélif le haut, le moyen et le bas, le nombre de kystes a été calculé pour les cinq sous-échantillons et exprimé par Kilogramme du sol (Nbr KN.g/Sol) ,le degré d'infestation des kystes (DIK) est exprimé par le nombre d'œufs et J2 dans un gramme du sol nbreJ2.O (g/sol). Les données obtenues ont été saisies dans Excel feuille de calcul; la moyenne et l'écart type pour chaque variable ont été calculés. Pour enquêter sur la relation entre les paramètres physicochimique du sol en et l'état d'infestation les données ont été soumis sous une analyse des composantes principales à l'aide de logiciel IBM SPSS Statistics version 21, cette méthode nous permettre qui permet d'explorer des données dites multivariées (données avec plusieurs variables et c'est le cas de notre étude). Chaque variable pourrait être considérée comme une dimension différente. Si vous avez plus de 3 variables dans votre jeu de données, il pourrait être très difficile de visualiser les données dans une "hyper-espace" multidimensionnelle.

L'analyse en composantes principales est utilisée pour extraire et de visualiser les informations importantes contenues dans une table de données multivariées. L'ACP synthétise cette information en seulement quelques nouvelles variables appelées composantes principales. Ces nouvelles variables correspondent à une combinaison linéaire des variables originels. Le nombre de composantes principales est inférieur ou égal au nombre de variables d'origine.

L'information contenue dans un jeu de données correspond à la variance ou l'inertie totale qu'il contient. L'objectif de l'ACP est d'identifier les directions (i.e., axes principaux ou composantes principales) le long desquelles la variation des données est maximale entre les données nematologique et les caractéristiques physicochimiques du sol.

En d'autres termes, l'ACP réduit les dimensions d'une donnée multivariée à deux ou trois composantes principales, qui peuvent être visualisées graphiquement, en perdant le moins possible d'information qui explique la relation nématodes-sol.

#### **IV-2.3 Cartographie et Krigeage**

Pour calculer les valeurs des variogrammes expérimentaux ainsi que les modèles théoriques qui leur ont été ajustés, on a utilisé le logiciel VarioWin 2.2 (Pannatier, 1996 ; Portales et *al.*,

2010). La réalisation des cartes de région d'étude choisie a été effectuée à l'aide de ARC.Gis 10.0. Ce logiciel permet l'acquisition, la gestion l'analyse ainsi que la présentation des informations localisées géographiquement.

Ces cartes d'infestation sont établies selon une échelle obtenue à partir de l'étude de la fécondité des kystes des différentes populations. Ainsi, le taux moyen des œufs / larves viables et le seuil de nuisibilité (10 larves au stade J2/g de sol) avancé par Mokabli (2002) sont pris en considération pour l'élaboration de cette échelle (0 = parcelle indemne ; 1 à 5œufs O-J2/g de sol = faiblement infestée ; 5 à 10 = moyennement infestée ; 10 à 15 = fortement infestée et 15 à 25 hautement infesté).

La procédure d'interpolation spatiale des degrés d'infestation, on a retenu le krigeage. Le krigeage est une technique de régression par la méthode des moindres carrés généralisés qui permet de prendre en compte la dépendance spatiale entre les observations, telle que révélée par le semi-variogramme, dans la prédiction spatiale. La géostatistique est basée sur le concept de fonction aléatoire, l'ensemble des valeurs inconnues étant considéré comme un ensemble de variables aléatoires spatialement dépendantes. Chaque mesure  $z(u_\alpha)$  est ainsi interprétée comme une réalisation particulière d'une variable aléatoire  $Z(u_\alpha)$ . L'interpolation géostatistique permet d'estimer la valeur inconnue de degré d'infestation  $z$  l'emplacement non échantillonné  $u_0$  sous la forme d'une combinaison linéaire d'observations voisines :

$$\hat{Z}(u_0) = \sum_{\alpha} \lambda_{\alpha} Z(u_{\alpha})$$

$\hat{Z}(u_0)$  étant la valeur à estimer de la variable d'intérêt (degré d'infestation) à l'endroit non échantillonné cible  $u_0$  et  $Z(u_\alpha)$  des valeurs observées des degré d'infestation aux endroits échantillonnés dans le voisinage de  $u_0$ .

Les pondérateurs  $\lambda_{\alpha}$  sont calculés de telle façon que cet estimateur soit optimal, c'est-à-dire sans biais,  $E[\hat{Z}(u_0) - Z(u_0)] = 0$ , et de variance d'erreur,  $\text{Var}[\hat{Z}(u_0) - Z(u_0)]$ , minimale. Les pondérateurs (poids) sont déterminés à partir du modèle théorique du variogramme ajusté au variogramme expérimental calculé à partir des données. (Deutsch et Journel, 1998 ; Goovaerts, 1997).

Ensuite, un modèle théorique doit être ajusté à ce variogramme expérimental. Différents modèles peuvent être ajustés comme le sphérique, l'exponentiel, le gaussien ... etc.

Les paramètres du modèle sont estimés en utilisant la méthode des moindres carrés pondérés (Cressie, 1985 ; 1993) avec les poids étant l'inverse des nombres de paires de points séparés par une distance donnée. Le choix d'un modèle s'opère suivant une validation croisée

qui donnerait une erreur moyenne tendant vers 0 (non biais) et une racine carrée de l'erreur quadratique moyenne minimale.

## IV-3 Enquête sur les nématodes auprès des agriculteurs

### IV-3.1 Choix des agriculteurs enquêtés

Nous prendre en considération la distribution des exploitations sur les trois parties de la plaine de Chélif (le haut, le moyen et le bas) pour assurer la représentativité, nous avons enquêté sur 36 exploitations agricoles de blé et 31 exploitations de la pomme de terre. Le nombre et le choix de ces dernières Le choix des agriculteurs est aussi en fonction de l'accessibilité aux exploitations agricoles. Des agriculteurs potentiels sont enquêtés parmi les exploitations réparties en différentes catégories (exploitation agricole individuelles-EAI, collectives-EAC et des agriculteurs privés).

### IV-3.2 Elaborations du questionnaire

L'enquête a nécessité l'élaboration d'un questionnaire pour récolter des informations sur les questions suivantes :

- Type de l'exploitation, localisation superficie occupée par la culture de pomme de terre ou de blé, niveau de technicité du gérant.
- Mode de conduite de la culture, on prend en considération l'environnement de la parcelle cultivée en pomme de terre ou de blé et toutes les techniques culturales (variété, précédent cultural, système de culture, type d'irrigation...) qui peuvent influencer le développement des nématodes à kystes *Globodera* et *Heterodera*.
- La Connaissance des nématodes à kystes *Globodera* et *Heterodera* par les agriculteurs (appellations, forme, couleurs, symptômes).
- Méthodes de lutte utilisées contre les nématodes ce type de culture contre ces parasites (utilisation de nématicides, rotations,).

Il faut signaler que nous avons rencontré quelques difficultés avec quelques agriculteurs qui s'ont jugé que quelque réponse sont confidentiels.

## CHAPITRE V- RESULTATS ET DISCUSSIONS

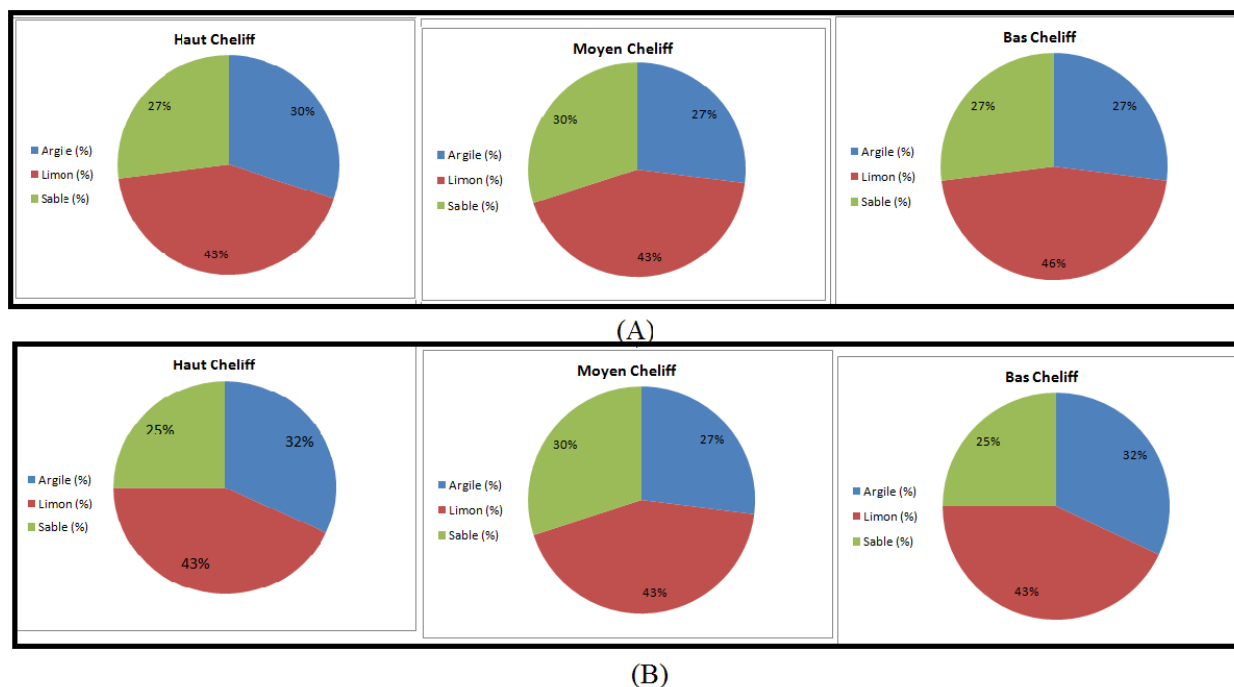
### V-1 Résultats physico-chimiques et nématologiques

#### V-1.1 Caractéristiques physicochimiques des sols

##### V.1.1).1 Texture.

D'après l'analyse granulométrique, on constate que le limon est la fraction la plus dominante. En deuxième lieu vient l'argile, tandis que le taux sable est faible dans les trois secteurs de la plaine.(Fig.27).

Le calcul des moyennes des fractions de sol dans les parcelles prospectés de la pomme de terre et de blé selon leurs origines de la plaine de Chélif (le haut, le moyen et le bas), nous indique que les sols de la plaine sont d'une texture argilo-limoneuse concernant les parcelles prospectées dans les trois secteurs est légère.

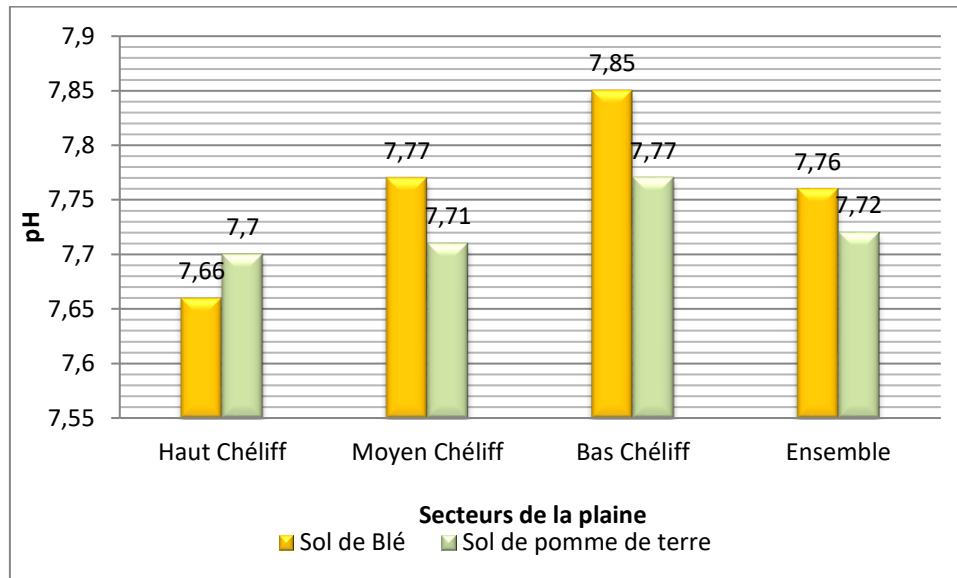


**Figure 27-** Moyenne de pourcentage des fractions du sol selon leur origine (secteurs) au sein de la plaine du Chélif. (A) : parcelles de la pomme de terre, (B) parcelles de blé.

##### V.1.1).2 pH

Les moyennes de pH dans les parcelles échantillonnées dans les parcelles de blé et selon les secteurs de la plaine (Haut, le moyen et le bas Le Chélif) varient entre 7,66 et 7,85 dans les parcelles de blé, et entre 7,70 et 7,77 dans les parcelles prospectées de la pomme de terre, ce qui nous indique que la majorité des sols sont de nature basique avec une légère augmentation dans

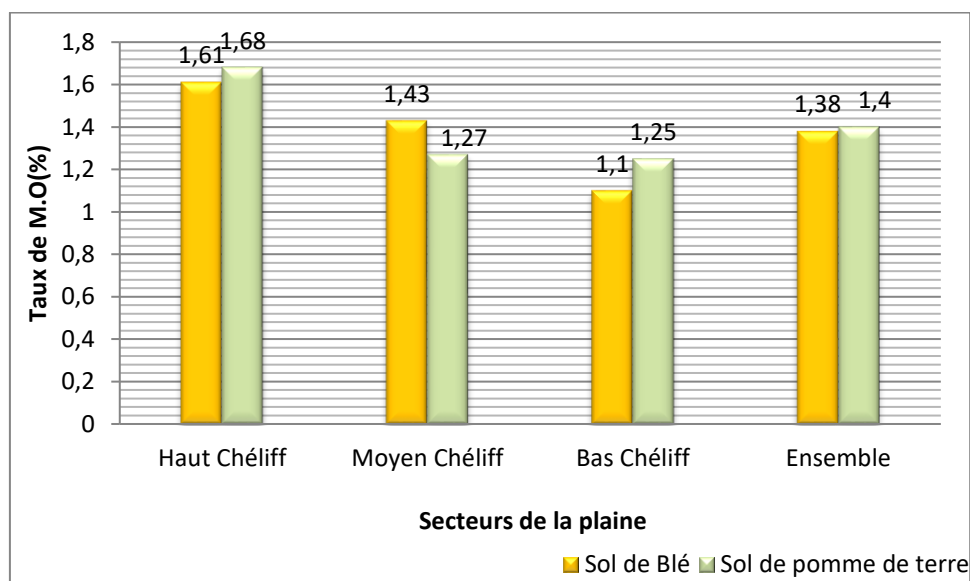
le sens Est-ouest (de haut vers le bas Chélif), la plus grande valeur sont situées au niveau du bas Chélif. (Fig.28).



**Figure 28**-moyenne des pH selon les secteurs de la plaine dans les parcelles prospectées de blé et de la pomme de terre.

### V.1.1).3 Calcaire total (CaCO<sub>3</sub>).

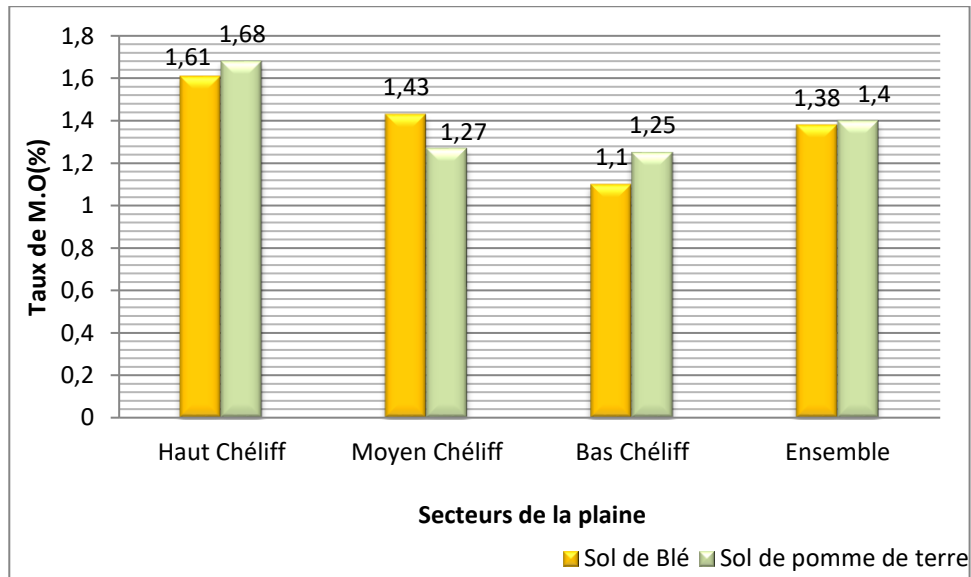
La moyenne de la teneur de calcaire totale dans les parcelles échantillonnées dans les de blé et de pomme de terre nous indique que les sols des trois secteurs de la plaine le haut, le moyen et le bas Chélif sont moyennement calcaires (entre 14,95et 24,29%). (Fig.29).



**Figure 29**-moyenne des teneurs en calcaire total selon les secteurs de la plaine dans les parcelles prospectées de blé et de la pomme de terre.

### V.1.1).4 Matière organique

Les analyses des taux de la matière organique indiquent que toutes les parcelles de la pomme de terre et de blé prospectées dans nos études sont pauvres en matière organique, où le taux varie entre 1,10 et 2%, une faible diminution spatiale de taux de M.O est observée dans le sens de secteur haut vers le bas Chélif (Fig.30).



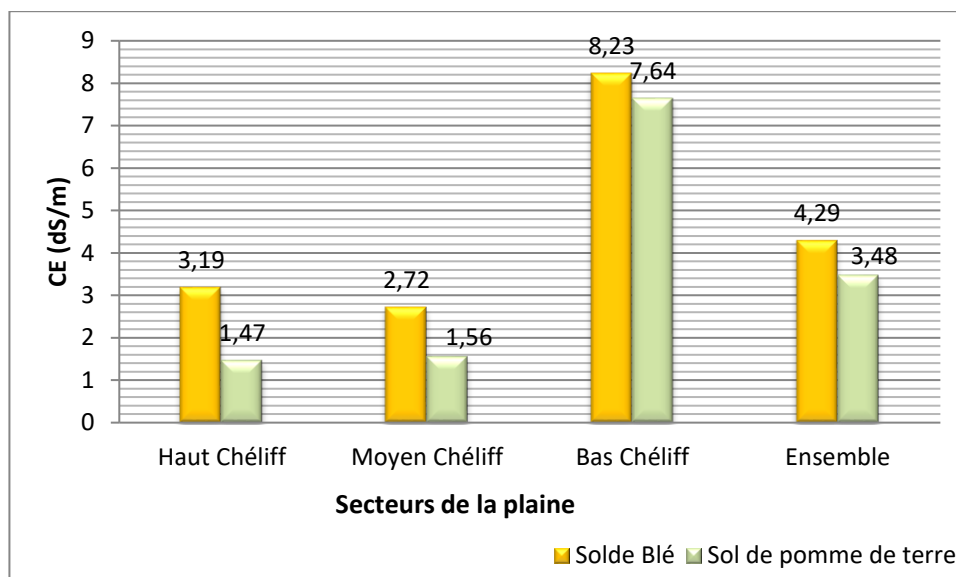
**Figure 30**-moyenne des taux de la matière organique selon les secteurs de la plaine dans les parcelles prospectées de blé et de la pomme de terre

### V.1.1).5 Conductivité électrique

Selon l'histogramme dans la figure 31 on peut observer que les moyennes de la conductivité électrique au niveau du bas Chélif dans les parcelles prospectées de blé ( $8,23 \text{ dS.m}^{-1}$ ) et de pomme de terre ( $7,64 \text{ dS.m}^{-1}$ ) sont les valeurs les plus élevées par rapport de haut et moyen Chélif, on peut conclure que ces sols sont salins.

Les valeurs des moyennes de la conductivité électrique aux niveaux des parcelles prospectées de blé indiquent que les sols de ces parcelles sont peut-être salins dans les deux secteurs haut et bas Chélif  $3,19 \text{ dS/m}$ ,  $2,72 \text{ dS.m}^{-1}$  respectivement.

Les moyennes de la conductivité électrique dans les parcelles prospectées de la pomme de terre dans les haut et moyen Chélif sont respectivement de l'ordre de  $1,45$  à  $1,56 \text{ dS.m}^{-1}$ , ce qui permet de les classer dans la catégorie des sols non salins.



**Figure 31**-moyenne de la conductivité électrique selon les secteurs de la plaine dans les parcelles prospectées de la pomme de terre.

Les statistiques générales des caractéristiques physicochimiques des sols des parcelles de la pomme de terre et de blé dur selon les différents secteurs sont représentés dans les tableaux 8 et 9, elles indiquent la prédominance des sols à Ph basique, généralement calcaires, avec teneurs en matière organique comprises entre 1 et 2% et une texture argilo-limoneuse.

Les échantillons de la plaine du bas Chéloff se distinguent par des moyennes élevées pour le Ph, la conductivité électrique et la teneur en calcaire, des moyennes faibles en matière organiques, excepté pour la conductivité électrique des écarts types faibles traduisent une variabilité moindre des résultats dans cette région par rapport au moyen et au haut Chéloff.

**Tableau 8**- Statistiques générale des différents paramètres physico-chimiques des échantillons de sol dans les parcelles de blé dur selon leur origine au sein de la plaine de Chéloff.

Ensemble	Moyenne Arithmétique				Ecart type			
	Haut Chéloff	Moyen Chéloff	Bas Chéloff	Ensemble	Haut Chéloff	Moyen Chéloff	Bas Chéloff	Ensemble
Cond. électrique dS.m <sup>-1</sup>	3,19	2,72	8,23	4,29	0,2	1,16	4,52	4,29
pH	7,66	7,77	7,85	7,76	0,16	0,23	0,23	0,22
Humidité de sol (%)	19,55	19,51	19,04	19,43	0,35	0,59	0,84	0,8
CaCO <sub>3</sub> (%)	15,65	17,72	24,7	19,01	7,48	7,62	1,7	7,32
Azote total (%)	0,19	0,19	0,17	0,18	0,01	0,01	0,01	0,01
Matière Organique (%)	1,61	1,43	1,1	1,38	0,19	0,35	0,09	0,32
Argile (%)	32	27	32	28	4,69	6,54	4,39	5,89
Limon (%)	43	43	43	44	2,74	8,48	2,66	6,2
Sable (%)	25	30	25	28	2,47	10,66	5,73	8,42

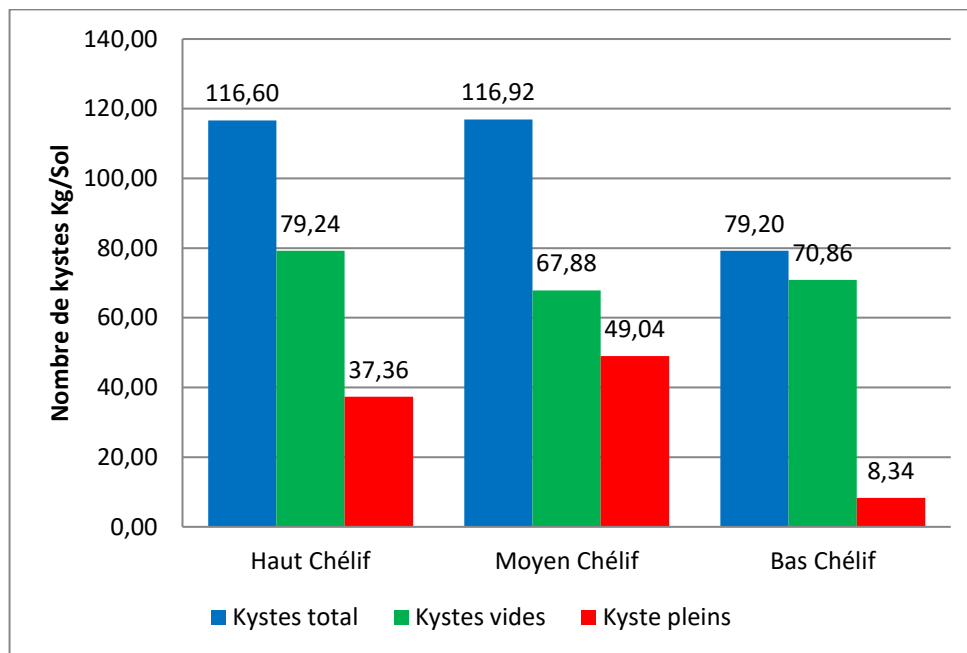
Tableau 9- Statistiques générale des différents paramètres physico-chimiques des échantillons de sol .dans les parcelles de la pomme de terre selon leur origine au sein du la plaine de Chélif.

Ensemble	Moyenne Arithmétique				Ecart type			
	Haut Chélif	Moyen Chélif	Bas Chélif	Ensemble	Haut Chélif	Moyen Chélif	Bas Chélif	Ensemble
Cond. électrique dS.m <sup>-1</sup>	1,47	1,56	7,64	3,48	0,32	0,28	4,75	3,91
pH	7,7	7,71	7,77	7,72	0,18	0,23	0,33	2,49
Humidité de sol (%)	22,44	21,59	18,95	21,04	2,14	1,97	1,21	2,32
CaCO <sub>3</sub> (%)	14,95	15,2	24,9	18,24	7,27	7,55	1,85	7,58
Azote total (%)	0,19	0,19	0,17	0,18	0,00	0,00	0,01	0,12
Matière Organique (%)	1,68	1,27	1,25	1,4	0,25	0,36	0,25	0,34
Argile (%)	32	27	27	29	4,44	6,18	4,39	5,45
Limon (%)	43	43	46	44	2,6	4,52	2,66	3,54
Sable (%)	27	30	27	27	6,38	8,09	5,63	6,87

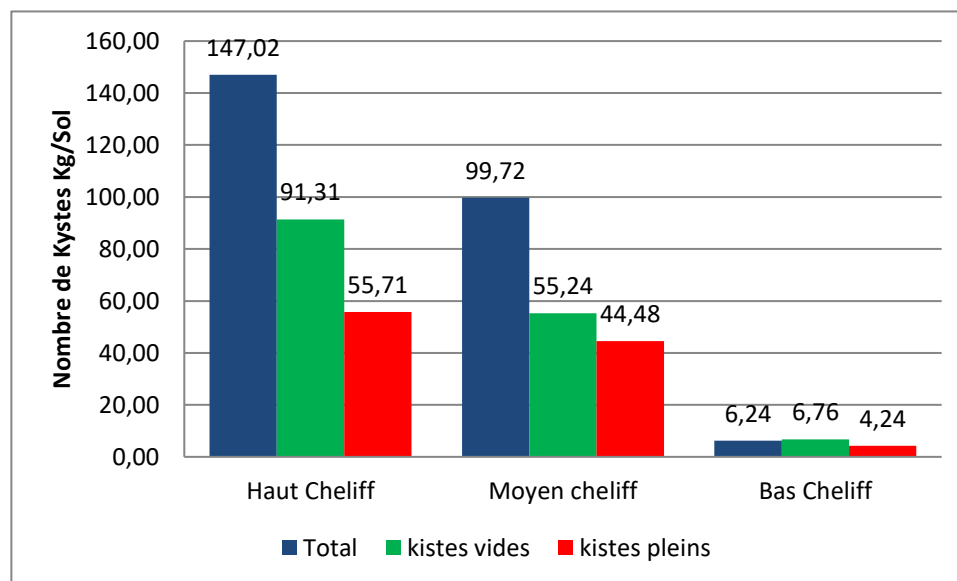
## V-1.2 Résultats nématologiques

### V.1.2).1 Fréquence de l'infestation

Des nombres importants de kystes *Globodera ssp* sont récoltés lors de nos prospections dans les parcelles de pomme de terre. Cependant, les kystes vides sont les plus abondants dans l'ensemble des secteurs de la plaine du Chélif (Fig. 32). Le nombre moyen de kystes vide le plus élevé est observé dans le haut Chélif (79,24 kystes/kg du sol) et le nombre le plus faible est enregistré dans le bas Chélif (6,76 kystes/kg du sol), La densité moyenne des kystes pleins varie d'un secteur à un autre. Le nombre moyen de kystes pleins le plus élevé est enregistré dans le moyen Chélif (49,04 kystes/kg du sol), suivie par le haut Chélif (37,36 kystes/kg du sol), une faible densité de 8,34 kystes/kg du sol des kystes pleins est enregistré dans le bas Chélif malgré que le nombre total relevé est élevé (70,86 kystes/kg du sol). Concernant la densité des kystes d'*Heterodera ssp* prospectés dans les parcelles de blé dur la densité des kystes vides est élevé dans les deux secteurs le haut et le moyen Chélif 91,31 et 55,24 kystes/kg du sol (Fig.33), contrairement au bas Chélif où il n'est ya pas une grande différence entre la densité des kystes vide est presque similaire avec des à s'elle des kystes pleins des faibles valeurs (6,75 et 4,24 kystes/kg du sol).



**Figure 32-** Nombres moyens des kystes (vides, pleins et totaux) de *Globodera spp* (dans les parcelles de la pomme de terre) selon leur origine au sein du la plaine de Chélif.



**Figure 33-** Nombres moyens des kystes (vides, pleins et totaux) de *Heterodera spp* (dans les parcelles de blé dur) selon leur origine au sein du la plaine de Chélif.

Les kystes pleins de *Globodera spp* sont détectés dans la totalité des parcelles de la pomme de terre prospectées au niveau des plaines de haut et moyen Chélif où la fréquence d'infestation atteint les 100 % dans les deux secteurs, dans les plaines du Bas Chélif cinq (5) parcelles sur dix (10) sont infectés, ce qui implique une fréquence de 50% d'infestation (Tab. 10). Les parcelles de blé dur échantillonnées au niveau des plaines de haut Chélif sont toutes infectées par les kystes

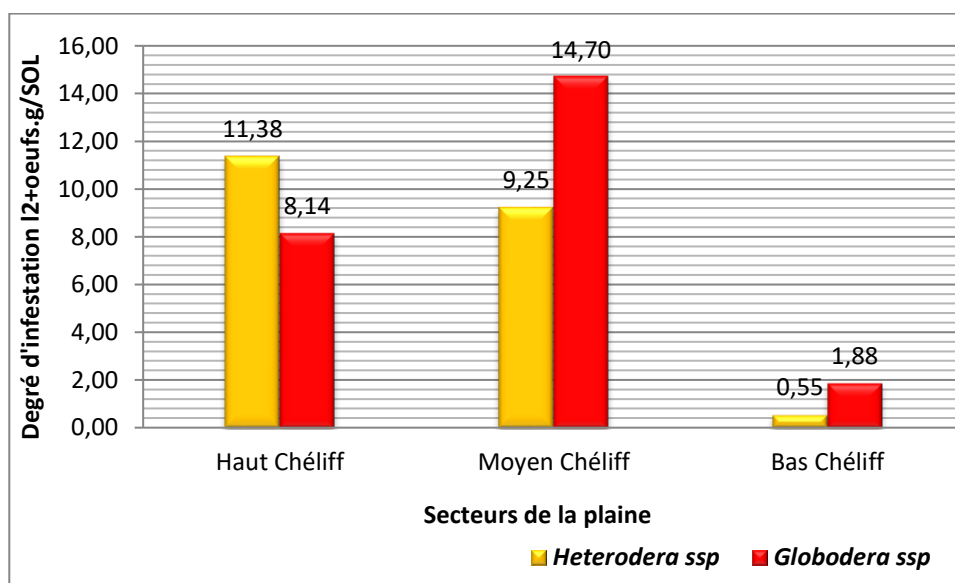
pleins d'*Heterodera ssp*, une fréquence d'infestation de 90% a été détectée dans les plaines du moyen Chélif et 50 % dans les plaines du bas Chélif.

**Tableau 10**-Fréquence d'infestation des différentes parcelles de blé dur (*Heterodera*) et de la pomme de terre (*Globodera*) selon leurs origines dans la plaine du Chélif.

Secteurs de Chélif	Parcelles échantillonnées		Parcelle infectées		Fréquence d'infestation (%)	
	<i>Heterodera</i>	<i>Globodera</i>	<i>Heterodera</i>	<i>Globodera</i>	<i>Heterodera</i>	<i>Globodera</i>
Haut Chélif	11	10	10	10	100	100
Moyen Chélif	10	18	9	18	90	100
Bas Chélif	10	10	5	5	50	50

### V.1.2).2 Degré d'infestation

Le degré d'infestation est calculé selon le nombre d'œufs ou de larves dans un gramme de sol (Mugniery, 1975 ; Mugniery, 1982). Le calcul des degrés d'infestation moyen des parcelles de pomme de terre par les nématodes *Globodera ssp* pour chaque secteur de la plaine du Chélif a révélé que la plaine du moyen Chélif est la plus infestée soit 14,70 O+L.J2/g. Sol, le seuil de nuisibilité (estimé à 10 larves/g par Mugniery, 1975) a été atteint ou voir même dépassé, suivi par la plaine du haut Chélif avec 8,14 O+L J2/Sol, les nombres d'œufs + juvéniles les plus faibles sont observés dans la zone du bas Chélif avec 1,88 œufs+ J2/ g (Fig. 34). L'état d'infestation des parcelles de blé dur par *Heterodera ssp* au sein des différents secteurs de la plaine montre que le seuil de nuisibilité est dépassé dans le haut et moyen Chélif avec respectivement 11,38 et 9,25 O+L J2/g.Sol (Fig.34). Un très faible degré d'infestation est observé dans le bas Chélif (0,55 O+L J2 /g.Sol).



**Figure 34**- Moyennes des degrés d'infestation de *Heterodera ssp* (parcelles de blé) et de *Globodera ssp* (parcelles de la pomme de terre) selon leur origine au sein du la plaine de Chélif.

### V-1.3 Analyse en composante principale

L'existence des différences entre le secteur de bas Chélif et les deux autres secteurs (haut et moyen Chélif) relevé sur les paramètres physicochimiques du sol particulièrement la salinité et les états d'infestation par les deux types de nématodes à kyste *Globodera ssp* et *Heterodera ssp*, nous a amené à appliquer une analyse en composante principale pour mettre en évidence la corrélation entre les états d'infestation et les paramètres physicochimiques du sol. L'analyse en composantes principales est utilisée pour extraire et visualiser les informations importantes contenues dans une table de données multivariées. L'ACP synthétise cette information en seulement quelques nouvelles variables appelées composantes principales. Ces nouvelles variables correspondent à une combinaison linéaire des variables originales (paramètres physicochimiques du sol et examen nématologique).

Tableau 11- Matrice de corrélation linéaire entre les paramètres du sol et la fréquence, degré d'infestation des parcelles de pomme de terre par le nématode *Globodera ssp*

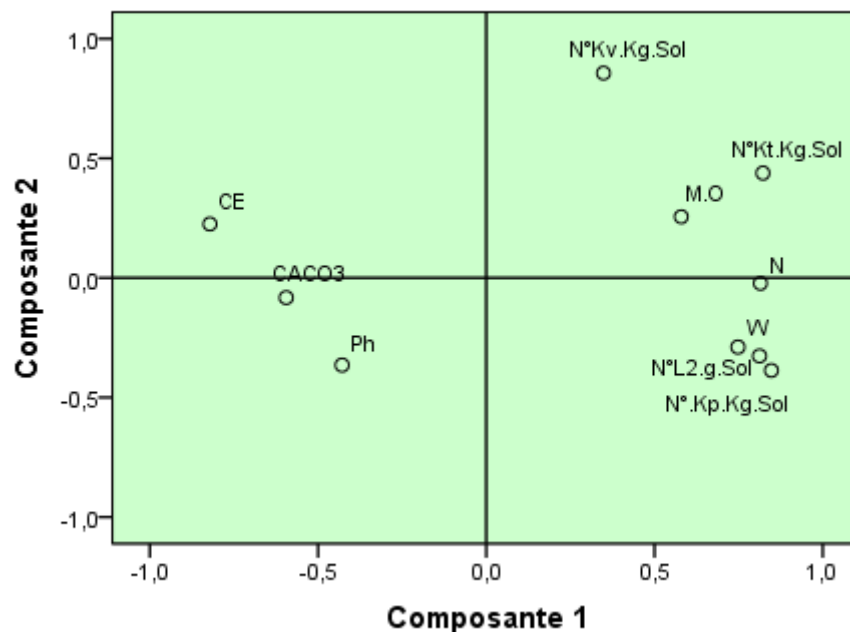
Corrélations	C.E dS/m	pH	W (%)	CaCO3 (%)	N (%)	M.O (%)	Nbre KT Kg/Sol	Nbre K,V Kg/sol	Nbre KP Kg/sol	l2+œufs g/sol
CE ds/M	1									
pH	0,08	1								
W(%)	-0,63	-0,14	1							
CaCO3 (%)	0,38	0,43	-0,27	1						
N (%)	-0,63	-0,51	0,54	-0,54	1					
M.O (%)	-0,41	-0,12	0,33	-0,29	0,45	1				
Nbre KT. Kg/sol	<b>-0,63</b>	-0,37	<b>0,52</b>	-0,39	0,53	0,5	1			
Nbre KV .Kg/sol	-0,17	-0,23	0,11	-0,15	0,16	0,33	0,77	1		
Nbre KP. Kg/sol	<b>-0,77</b>	-0,29	<b>0,67</b>	-0,35	<b>0,64</b>	0,36	0,6	-0,05	1	
l2+œufs. g/sol	<b>-0,64</b>	-0,17	<b>0,66</b>	-0,48	<b>0,55</b>	0,31	0,58	0,06	0,82	1

Les coefficients de corrélation entre les paramètres du sol et la fréquence (NKP Kg/sol), le degré d'infestation (l2+œufs.g/sol) indique des relations entre l'état d'infestation des parcelles de la pomme de terre (Tableau 11) et certains paramètres de sol (la conductivité électrique le degré l'humidité et le pourcentage de l'azote total). Une corrélation significative négative a été marquée entre la conductivité électrique et la fréquence d'infestation (NKP Kg/sol) où la signification négative atteint le seuil de 77 % et 64 % concernant le degré d'infestation (l2+œufs. g/sol). La deuxième corrélation significative de façon positive est enregistrée entre le pourcentage de l'humidité du sol et la fréquence d'infestation où le degré de la corrélation est dans le rang de 67 % pour la fréquence d'infestation et 66 % pour le degré d'infestation, l'azote total est corrélé plus au moins positivement avec la fréquence et le degré d'infestation (64 et 56%).

Tableau 12- Matrice de corrélation linéaire entre les paramètres du sol et la fréquence, degré d'infestation des parcelles de blé dur par le nématode *Heterodera ssp*

Corrélations	CE dS/m	pH	W (%)	CaCO3 (%)	N (%)	M.O (%)	Nber T. Kg/Sol	Nbre KV Kg/sol	Nbre KP Kg/sol	Nbre L2+œufs g/sol
CE dS/m	1									
pH	-0,03	1								
W(%)	-0,4	-0,14	1							
CaCO3 (%)	0,4	-0,09	-0,37	1						
N (%)	-0,69	-0,18	0,58	-0,53	1					
M.O (%)	-0,34	-0,22	0,27	-0,07	0,3	1				
Nbre KT g/sol	<b>-0,6</b>	-0,2	0,54	-0,52	0,69	0,36	1			
Nbre KV g/sol	<b>-0,58</b>	-0,18	0,45	-0,47	<b>0,65</b>	0,31	0,96	1		
Nbre KP g/sol	<b>-0,55</b>	-0,16	<b>0,6</b>	-0,5	<b>0,62</b>	0,36	0,91	0,78	1	
l2+œufs g/s	<b>-0,51</b>	-0,25	<b>0,76</b>	-0,39	<b>0,65</b>	0,49	0,76	0,6	0,88	1

Le tableau 12, indique que les mêmes paramètres du sol qui sont corrélés avec la fréquence d'infestation et le degré d'infestation de *Globodera ssp* dans les parcelles de pomme de terre sont corrélés aussi avec la fréquence et le degré d'infestation de *Heterodera ssp* qui sont la conductivité électrique, l'humidité et le pourcentage de l'Azote total dans le sol.



**Figure 35**-Diagramme des composantes entre les différentes variables (paramètres de sol et les degrés d'infestation de *Globodera ssp* dans les champs de la pomme de terre).

Une corrélation négative a été relevé avec la fréquence et le degré d'infestation des kystes *Heterodera ssp* dans les parcelles de blé dur mais de façon un peu moindre a c'elle de

corrélation de fréquence et degré d'infestation des kyste *Globodera ssp* dans les parcelle de la pomme de terre, la corrélation négative avec la fréquence d'infestation est de l'ordre de 55% et de 51% pour le degré d'infestation, pour l'humidité du sol et le pourcentage de l'azote total la même remarque a été enregistré à c'elle de *Globodera* la corrélation est positive, pour le pourcentage de l'azote total la corrélation est de l'ordre de 62% avec le degré d'infestation et de 65% avec la fréquence d'infestation.

**Tableau 13-** Variance total expliquée de l'analyse en composantes principales paramètres de sol et les degrés d'infestation de *Goblodera ssp* dans les champs de la pomme de terre).

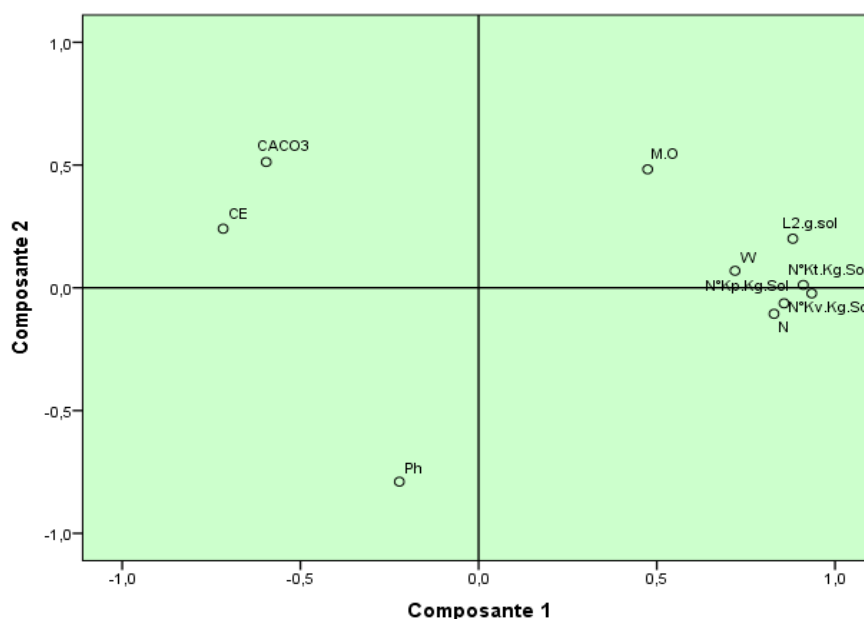
Composante	Valeurs propres initiales			Extraction Sommes des carrés des facteurs retenus		
	Total	% de la variance	% cumulés	Total	% de la variance	% cumulés
1	4,945	49,451	49,451	4,945	49,451	49,451
2	1,522	15,216	64,667	1,522	15,216	64,667
3	1,165	11,65	76,317			
4	0,717	7,165	83,483			
5	0,58	5,8	89,283			
6	0,385	3,853	93,136			
7	0,383	3,832	96,968			
8	0,22	2,197	99,165			
9	0,083	0,834	100			
10	2,53 10 <sup>-5</sup>	0	100			

Méthode d'extraction : Analyse en composantes principales.

**Tableau 14-** Qualité de représentation des différentes variables sur les deux axes de la matrice des composantes (paramètres de sol et le degré d'infestation de *Globodera ssp* dans les champs de la pomme de terre).

	Composante	
	1	2
CE dS.m <sup>-1</sup>	-0,822	0,225
pH	-0,429	-0,364
W(%)	0,748	-0,289
CaCO3 (%)	-0,595	-0,083
N (%)	0,815	-0,023
M.O (%)	0,579	0,256
Nbre KP Kg/sol	0,847	-0,387
I2+œufs g/sol	0,812	-0,327
Nbre KT. Kg/Sol	0,822	0,438
Nbre KV Kg/sol	0,348	0,856

L'analyse en composantes principales (ACP) permet de mettre en évidence les différentes caractéristiques des sols et les degrés d'infestation par les nématodes à kyste. Cette méthode autorise également à traiter dans un tableau et schématisé sous une matrice les données quantitative (c'est le cas de notre étude) et permettre de mise en évidence des liaisons non linéaires entre les variables. Le tableau N°13 de la variance totale expliquée de l'ACP entre les variables qui correspond aux degrés d'infestation de *Globodera ssp* et les différentes caractéristiques des sols indiquent que la majorité d'information est portée sur les deux premiers axes des composantes (64%) qui nous implique de lire les relations et la corrélation sur deux axes. Les valeurs des composantes portées dans le tableau N 14 montre que toutes les variables à l'exception des kystes vides sont bien représentées sur la première composante (axe N°1) dont la qualité de représentation est supérieure à 0,5 sur l'axe N° 01. La lecture de l'information sur la composante N°01 (Fig. 35) fait apparaitre deux groupes de variables un groupe qui se compose par les variables qui représente les degrés d'infestation (Nbre de kyste pleins/Kg SOL ; Nbre des œufs +larves/g sol),l'azote total ,l'humidité du sol, la matière organique, ces variables sont corrélées positivement entre eux et ont des corrélation négative avec les variables de deuxième groupe qui sont la conductivité électrique et le pourcentage de calcaire total. La représentation graphique de l'analyse en composantes principales des variables liées à la degré d'infestation des *Globodera ssp* dans les sols implanté dans la plaine Chélif (Fig.) montre qu'il y a de corrélations significatives d'une relation antagoniste entre la conductivité électrique, le pourcentage de calcaire total et les degrés d'infestation des sols par *Goblodera ssp* , les corrélations positive signalés qui représente une relation synergique entre l'azote total ,la matière organique et l'humidité du sol et les degrés d'infestation par les kyste *Globodera ssp*.



**Figure 36-** Diagramme des composantes entre les différents variables (paramètres de sol et les degrés d'infestation *Heterodera ssp* dans les champs de blé dur).

Tableau 15- Variance total expliquée de l'analyse en composantes principales des paramètres de sol et les degrés d'infestation de *Heterodera ssp* dans les champs de blé dur.

	Valeurs propres initiales			Extraction Sommes des carrés des facteurs retenus		
	Total	% de la variance	% cumulés	Total	% de la variance	% cumulés
1	5,562	55,621	55,621	5,562	55,621	55,621
2	1,237	12,375	67,996	1,237	12,375	67,996
3	0,815	8,151	76,147			
4	0,727	7,273	83,42			
5	0,609	6,088	89,508			
6	0,523	5,232	94,739			
7	0,271	2,706	97,445			
8	0,212	2,122	99,567			
9	0,041	0,412	99,979			
10	0,002	0,021	100			

Méthode d'extraction : Analyse en composantes principales.

Tableau 16- Qualité de représentation des différentes variables sur les deux axes de la matrice des composantes (paramètres de sol et le degré d'infestation de *Heterodera ssp* dans les champs de blé).

	Composante	
	1	2
<b>CE dS.m<sup>-1</sup></b>	-0,717	0,241
<b>pH</b>	-0,222	-0,79
<b>W(%)</b>	0,719	0,069
<b>CaCO3 (%)</b>	-0,596	0,512
<b>N (%)</b>	0,829	-0,106
<b>M.O (%)</b>	0,474	0,483
<b>N tot Kg/Sol</b>	0,935	-0,023
<b>NKV Kg/sol</b>	0,857	-0,063
<b>NKP Kg/sol</b>	0,911	0,012
<b>I2+œufs. g/sol</b>	0,881	0,2

Selon le tableau N° 15 de la variance total expliquée dans l'analyse en composantes principales entre les variables des degrés d'infestation des sols cultivés en blé dur et les différents paramètres physicochimiques des sols, il apparaît que la majorité de l'informations se focalise est porté sur les deux premières composantes (67%) dont la qualité de représentation est bien sur l'axe

N° 01 pour la majorité des variables (Tableau 16). L'information portée sur la première composante indique des corrélations antagoniste entre un groupe de variables représenté par les degrés d'infestation, l'azote totale et l'humidité du sol et le deuxième groupe représenté par la conductivité électrique et le pourcentage de calcaire total. Une corrélation positive a été enregistré entre l'azote totale, humidité et les degrés d'infestations par les kystes *Heterodera ssp*.

#### V-1.4 Variographie

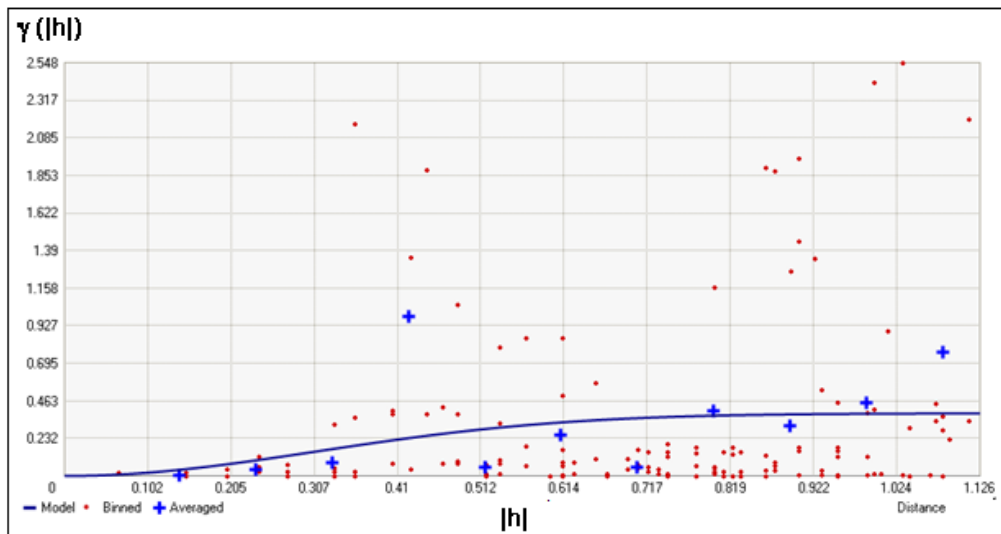
Les modèles de variogrammes ajustés à des degrés d'infestation des sols par les nématodes à kystes *Globodera ssp* et *Heterodera ssp* ainsi que leurs paramètres sont repris dans le tableau 17 et les figures 37 et 38.

Le variogramme de degré d'infestation par les nématodes à kyste *Globodera ssp* a été ajusté à l'aide d'un modèle exponentiel avec un effet pépite de 4,80 qui représente la variation à très courte entre deux points échantillonnés ou, erreurs de localisation, ou bien l'erreur d'analyse et précision analytique. Un palier de 32087.41 qui représente la variance d'Écart les plus grands, en moyenne entre deux points échantillonnés, et une portée 68,30 mètre c'est la distance en deçà de laquelle la dépendance spatiale est apparente (l'étendue spatiale de la structure dans les données).

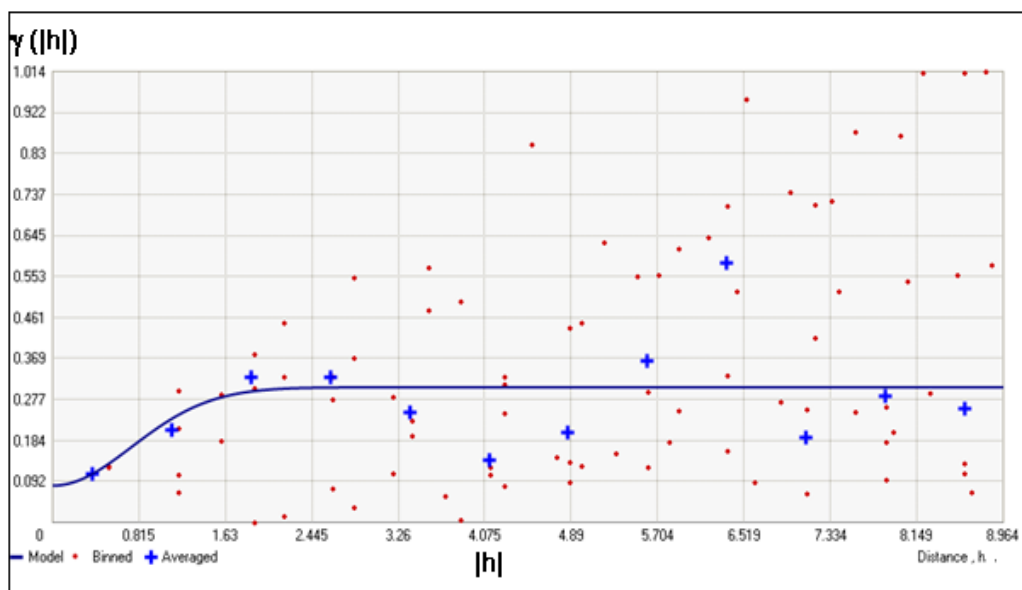
Concernant Le variogramme de degré d'infestation par les nématodes à kyste *Heterodera ssp* a été ajusté à l'aide d'un modèle Gaussien avec un effet pépite de 0,038 qui nous confirme une moindre possibilité d'errer, un palier partiel de 7611,97 et une portée 38,60 mètre la distance en deçà de laquelle la dépendance spatiale est apparente.

Tableau 17- Modèle et paramètres des variogrammes théoriques ajustés aux degrés d'infestation des sols par les nématodes à kyste *Globodera ssp* et *Heterodera ssp*.

	Degré d'infestation <i>Globodora ssp</i> (Nbre L2+œufs/g.sol)	Degré d'infestation <i>Heterodera ssp</i> (Nbre L2+œufs/g.sol)
<b>Model</b>	Exponentiel	Gaussien
<b>Effet de pépite</b>	4.808	0.0386
<b>Palier</b>	32087.41	7611.97
<b>Portée (mètre)</b>	68.30	38.60



**Figure 37-** Variogramme expérimental (points) et théorique ajusté (ligne) pour le degré d'infestation des sols par les nématodes à kyste *Globodera ssp.*

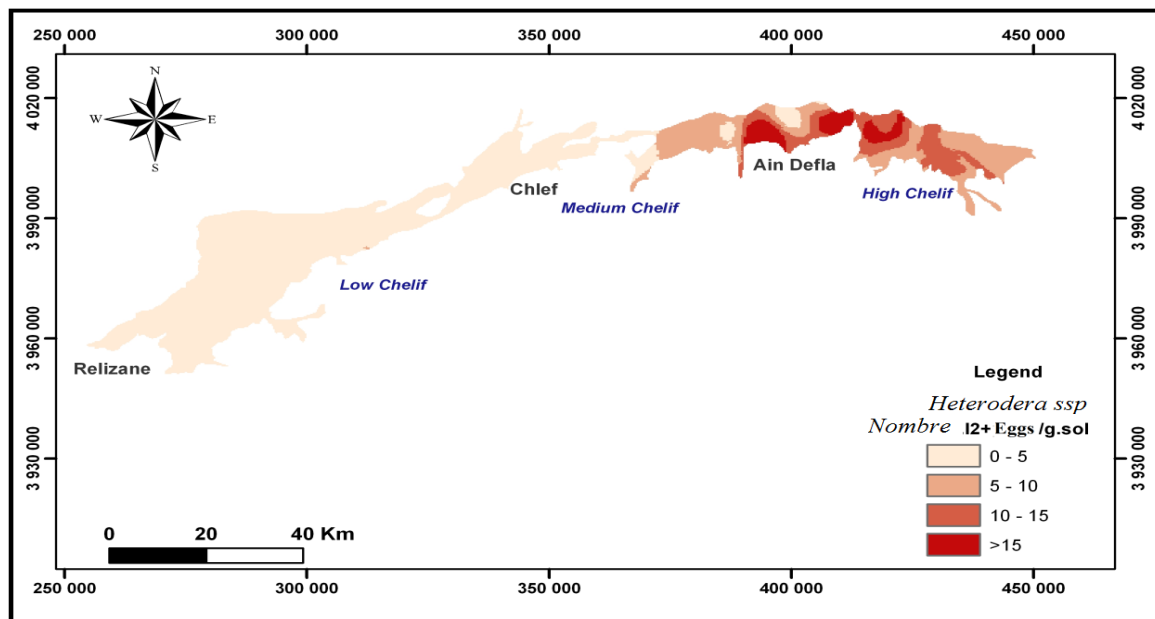


**Figure 38-** Variogramme expérimental (points) et théorique ajusté (ligne) pour le degré d'infestation des sols par les nématodes à kyste *Heterodera ssp.*

### V-1.5 Cartographie

La carte de variation de degré d'infestation au niveau de la plaine de Chélif dans les trois parties (le haut, le moyen et de bas) établie au biais de logiciel par ARC-Gis 10.0 interpolée par krigeage montre que les sols les plus infectées par le nématodes à kyste des céréales où le nombre des œufs et des larve J2 dépasse le seuil de nuisibilité (10 œufs+larve J2/g.sol) sont situés dans la partie haut Chélif et l'extrémité Est de moyen Chélif, dans les mêmes zones on trouve des zones

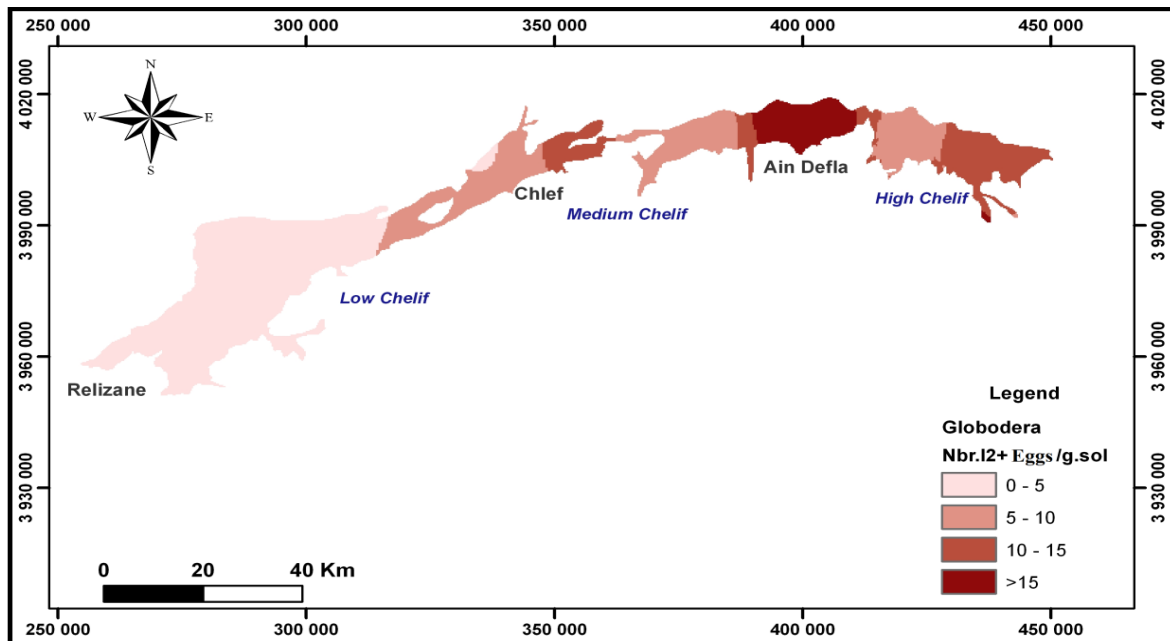
hautement infectées où le nombre des œufs et des larves J2 dépasse 10 œufs+larve J2/g.sol surtout dans les plaines de Ain defla et les plaines de Khemis Miliana. Le reste des sols de la plaine dans le secteur de moyen Chélif et aussi tout le secteur de bas Chélif sont aussi infectés mais le seuil de nuisibilité n'a pas été dépassé, le nombre des œufs et des larves J2 ne dépasse pas 05 œufs+larve J2/g.sol dans tout le secteur du bas Chélif est dans la partie Ouest de secteur de moyen Chélif (Fig.39).



**Figure 39-** Carte de degré d'infestation des sols de la plaine de Chellif par les nématodes à kyste des céréales *Heterodera ssp.*

La carte N° 40 présente le degré d'infestation des sols de la plaine du Chélif par les nématodes à kyste de la pomme de terre *Globodera ssp.*, elle montre que les sols les plus infectés se trouvent dans les haut et moyen Chélif. Dans le haut Chélif, le seuil de nuisibilité dépasse le seuil de 10 œufs+larve J2/g. de sol dans la moitié est et dans les plaines situées à l'est de la ville de Chleff et celles de la région d'Ain defla. Le degré de contamination du bas Chélif est plus faible par rapport aux moyen et haut Chélif. Un faible degré d'infestation (0-5 œufs+larve J2/g. de sol) est apparent dans la direction Merdjet Sidi Abed vers l'ouest jusqu'à Oued Mina.

On comparant les deux cartes des degrés d'infestations des sols de la plaine de Chélif par les nématodes des céréales *Heterodera* et *Globodera* (Fig.39 et Fig.40).on remarque que le degré d'infestation des sols par les nématodes à kyste *Globoderassp* de la pomme de terre *Globodera* est plus au moins avancé que celle des nématodes à kyste des céréales *Heterodera ssp.*



**Figure 40-** Carte de degré d'infestation des sols de la plaine de Chélif par les nématodes à Kyste de la pomme de terre *Globodera ssp.*

## V-2 Discussions des résultats physico-chimiques et nématologiques

En Algérie, la plaine du Chélif qui est une zone à grand potentiel de production des deux filières céréalières et maraichère, Les nématodes phytoparasites se présentent en communautés plus ou moins diversifiées selon le degré d'anthropisation du milieu quels que soient les écosystèmes agricole, l'évolution est de ces parasite spécifique et fonctionnelle des cultures, des nématodes phytoparasites en particulier sont une conséquence de l'intensification de l'agriculture de plus en plus marquée des milieux (Cadet et Floret, 1999).

Les nématodes à kyste de la pomme de terre sont les ravageurs les plus graves de la production de pomme de terre, se nourrissant des racines et réduisant les rendements de la pomme de terre (Fleming et Turner, 1998). La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) est une culture importante en Algérie. La superficie réservée annuellement à cette culture est de 85 000 hectares soit environ 30 % de la superficie totale consacrée au maraîchage (Omari, 2011). Les espèces de *Globodera* sont originaires des Andes (Evans et Stone, 1977) et ont été introduites en Europe vers 1850 (Jones, 1970). De là, ils se sont propagés par l'activité humaine sur de nombreuses zones. Ces nématodes perturbent considérablement la production de pomme de terre en Algérie depuis 1953, date de sa première découverte suite à l'introduction de semences de pomme de terre d'origine britannique à la fin de la Seconde Guerre mondiale (Frézal, 1954). Annuellement, ce genre de nématode à kyste est responsables de pertes environs 12% de rendement mondial de la pomme de terre (Hoolahan et al., 2012). Depuis la découverte de ces parasites en Allemagne en 1913, leur air de répartition ne s'arrête pas de s'étendre. Leur prolifération à travers le monde a suivi la diffusion de la culture de la pomme de terre (Schneider et Mugniery, 1971). Leur présence est signalée actuellement dans tout le monde sur tous les continents, au sein de plusieurs pays : en Australie (Hodda et Cook, 2009), en Italie (Greco et al., 1982), , aux USA (Jhonson et al., 2007), en Bolivie et au Perou (Delgado de la flor et Jatala, 1991), au Pakistan (Khan et al., 1986), Au canada (Bélaïr, 2005 ; Bélaïr, 2008 ), en Inde (Devrajan et al., 2004), au Venezuela (Jiménez-Pérez et al., 2007) en Yougoslavie (Krnjajic et al., 2002), En Algérie, ils sont détectés en 1953 à Alger (Frezal, 1954) puis ils se sont détectés dans plusieurs wilayas.

En Algérie, en 2019, la production céréalière était estimée à 41,2 millions de tonnes pour une superficie de 3 385 560 ha, selon les services statistiques de la direction des services agricoles algériens. Parmi les agents biotiques qui limitent la production céréalière, les nématodes à kystes du genre *Heterodera* provoquent des pertes considérables et représentent une contrainte majeure à l'intensification de la production de céréales (Chabert et al. 2012 ; Dababat et al. 2015 ; Righiet al. 2017). Les nématodes à kystes des céréales (*Heterodera spp*) sont un groupe important de nématodes phytoparasites qui attaquent de nombreuses espèces de cultures et provoquent de graves

perdes de rendement dans les principales cultures vivrières (Jones et al., 2013). ce genre de nématode est présents dans toutes les grandes zones de production céréalière du bassin méditerranéen (Dababat et al., 2015). Comme en Europe, en Asie ou en Australie, pendant notre expérimentation en conditions naturelles nous constatant que le nématode à kyste des céréales *Heterodra ssp* cause des déprédations importantes à la culture du blé dur en Algérie. Selon Namouchi et al. (2009), les diminutions de rendement consécutives aux infestations sont quasiment équivalentes quel que soit les conditions agro climatiques des sites expérimentaux. En plus, l'étude d'Imren et al., (2014) menée dans la province d'Adana (Turquie) sous les conditions naturelles du champ a montré que les pertes de rendement causées par *Heterodera avenae* sur différentes variétés de blé dur varient entre 4,3 à 25,78%.

Il est important de rappeler que depuis la découverte de ces types de parasites par Ferzal en 1953, bien que le regain d'intérêt par les chercheurs pour ces espèces soit modeste, les rares travaux se focalisent sur la distribution géographique qui nécessite un échantillonnage intensif à grande échelle et qui peut prendre une longue période et beaucoup de moyens et de personnel. Dans la présente étude nous avons utilisé des méthodes d'estimation géostatistiques (variographie et krigeage) pour déterminer l'état d'infestation des sols de la plaine du Chélif par ces deux types des nématodes à base de cartographie.

Les résultats des analyses nématologiques des 31 échantillons dans des parcelles de blé dur réparties dans les trois secteurs de la plaine de Chélif ont révélé que 100% des parcelles de prospectées sont infestées par les nématodes des céréales, 90% des sols sont infestés dans le haut et moyen Chélif et 50% et dans le bas Chélif (tableaux 10). Les résultats travaux de Alabed et al. (2004) montre que nématode méditerranéen à kyste des céréales est largement répandu dans plusieurs endroits dans le nord et le sud de la Méditerranée et les zones désertiques de l'est, avec un pourcentage qui varie de 30 à 100 %. Les nématodes à kyste des céréales en Egypte ont été trouvé dans cinq régions d'Ismailia avec une fréquence de 79,4 % le la densité de population était de 29 kystes en moyenne (Baklawa et al, 2015). Le degré d'infestation moyen atteint le seuil 11.38 Œufs + larves J2/Kg de sol dans le haut Chélif où le seuil de nuisibilité a été atteint suivi par le moyen 9,25 Œufs + larves J2/Kg de sol, enfin le bas avec un degré moyen faible de Œufs + larves J2/Kg de sol (Figure 34).

La réalisation des cartes des variation géographique interpolée par krigeage de degré d'infestation par les nématodes des céréales *Heterodera ssp* sols de la plaine de Chélif dans ces trois parties (le haut, le moyen et de bas) (Fig.39) montre que les sols les plus infectées par le nématodes à où le nombre des œufs et des larve J2 dépasse le seuil de nuisibilité (10 œufs+larve J2/g.sol) sont situés dans la partie haut Chélif et l'extrémité Est de moyen Chélif, dans les mêmes

zones on trouve des zones sont hautement infectées où le nombre des œufs et des larves J2 dépasse 10 œufs+larve J2/g.sol surtout dans les plaines de Ain defla et la plaines de Khemis Miliana. Le reste des sols de la plaine dans le secteur de moyen Chéiff et aussi tout le secteur de bas Chéiff sont aussi infectées mais, le seuil de nuisibilité n'est pas été dépassé, le nombre des œufs et des larves J2 ne dépasse pas 05 œufs+larve J2/g.sol dans tout le secteur du bas Chéiff est dans la partie Ouest de secteur de moyen Chéiff.

Les résultats des analyses nématologiques des 38 échantillons dans des parcelles de la pomme de terre dans les trois secteurs de la plaine du Chéiff, indiquent que les parcelles des deux secteurs de la plaine (le haut et le moyen sont totalement infectés (100%) qui se défère au secteur du bas Chéiff où la fréquence d'infestation est de 50% (Tableau 10). Dans l'étude de Djebroune (2013) dans la région de Ain defla qui fait partie de moyen Chéiff, la fréquence de l'infestation est un peu moins 77, 08% des parcelles prospectées sont infestées, elle est nettement plus importante que dans le cas de notre étude (100%). Cependant, les degrés d'infestation calculés (0-10 œufs+L2/ g du sol) par ce même auteur étaient moins importants par rapports à ceux obtenus dans notre étude (1.88-14,70 œufs+L2/g du sol). De même, le seuil de nuisibilité a été atteint dans le secteur du haut Chéiff 14,70 (œufs+L2/g du sol) contrairement au moyen Chéiff où le 1 e degré d'infestation est faible (1.88%) (Figure 34).

La carte d'estimation de l'état d'infestation des sols de la plaine de Chéiff par les nématodes à kyste de la pomme de terre *Globodera ssp* (Fig.40) montre que les sols les plus infectés se trouve au niveau de haut et de moyen Chéiff et le haut Chéiff le seuil de nuisibilité est dépassé (10 œufs+larve J2/g.sol) dans la partie moitié Est de haut Chéiff et dans les plaines qui se trouve a l'Est de la ville de Chleff et partie l'ouest dans le moyen Chéiff, la totalité des plaines de la région d'Ain defla, le secteur de bas Chéiff est aussi infecté par se nématodes mais un peu plus au moins que deux (02) autres secteurs le haut et le moyen. Un faible degré d'infestation (0-5 œufs+larve J2/g.sol) a été remarque a partir de Merdjet Sidi Abed allons vers l'ouest jusqu'à Oued Mina.

Notre deuxième objectif est l'étude des effets des paramètres physicochimiques de sols sur les deux types des nématodes *Heterodera* et *Globodera*, Beaucoup de travaux sont réalisés dans le but d'étudier la distribution spatiale des nématodes dans les sols agricoles, mais il n'ya pas ou peut être peu de travaux sur la distribution des nématodes dans les sols qui subissent le processus de la salinité. La salinisation est le processus par lequel les sels solubles s'accumulent dans le sol. Ce phénomène a été identifié comme un processus majeur de la dégradation des terres. On rencontre les sols salés principalement dans les régions à déficit hydrique (régions semi arides et les régions arides), cela est dû aux facteurs de salinisation : une forte évapotranspiration, une aridité du climat, la présence de roches salifères, une eau d'irrigation salée, un drainage déficient (Aubert, 1976), La

salinité est parmi les problèmes majeurs qui affectent les sols et les eaux. En Algérie, les sols agricoles sont dans leur majorité affectés par les sels ou susceptibles de l'être, ce qui conduit à un ralentissement du processus d'humification et de minéralisation des matières organiques (HALITIM, 1973 in MOUSSAOUI, 2011). dans notre étude nous avons basé sur les sols salés de secteur du bas Chélif.

Des différences entre le secteur du bas Chélif et les deux autres secteurs ( haut et moyen Chélif) ont été relevées sur les paramètres physicochimiques du sol particulièrement la salinité (Tableau 08 et 09) et les états d'infestation par les deux types de nématodes à kyste *Globodera ssp* et *Heterodera ssp*, nous avons appliqué une analyse statistique composante principale pour mettre en évidence la corrélation entre les états d'infestation et les paramètres physicochimiques du sol. Les résultats obtenus indiquent des corrélations de trois paramètres de sol (la conductivité électrique (CE), le pourcentage de l'azote total (N) et le degré d'humidité de sol (W)), Xueliang et al (2020), a montré que les communautés de nématodes du sol étaient liées à une teneur élevée en matière organique du sol, l'azote total. Les tableaux 11 et 12 des matrices de corrélation indiquent une corrélation négative de la conductivité électrique avec le degré d'infestation par le nématode *Globodera* à 77% et avec le degré d'infestation par le nématode *Heterodera* d'une valeur un peu plus basse qui est 55%. Une corrélation positive entre les deux paramètres du sol l'azote total et l'humidité avec le degré d'infestation par les nématodes à kyste *Globodera* et *Heterodera* qui varie entre 60 et 65%, les autres paramètres du sol ont été exclus de nos analyses car les valeurs des corrélations ne sont pas significatives, une dispersion des points a été observée, vu que les degrés de variation entre les différents sols échantillonnés dans les trois secteurs de la plaine sont faibles. Nous avons remarqué que dans quelques parcelles un nombre important de kystes est collecté par kilogramme de sol mais le degré d'infestation estimé atteint le seuil de nuisibilité malgré que les analyses de la texture (tableaux 9 et 10) indiquent une texture argilo-limoneuse en général pour les parcelles étudiées ce qui ne se concorde pas avec les résultats de Schneider et Mugniery (1971) rapportent que les sols légers, aérés et poreux sont plus favorables au développement de ces nématodes que les sols lourds. Selon (Norton, 1989 ; Cadet *et al.*, 2004), comme pour les communautés microbiennes, la distribution spatiale de certaines espèces de nématodes est dépendante du type et des caractéristiques abiotiques des sols. La relation mésologique (la relation type du sol) est connue depuis longtemps et de nombreux auteurs ont conclu que la répartition des nématodes phytoparasites est en relation avec le sol. Pour une même plante, les communautés de nématodes phytoparasites présentes dans le sol sableux sont souvent différentes de celles que l'on rencontre dans le sol argileux (Hammache, 2010).

La microporosité du sol est un paramètre très important qui affecte les déplacements du nématode. Les sables fins ou les sols sablo-limoneux sont les plus favorables. Les sols lourds ou à structure grossière sont généralement moins favorables au développement des populations de la plupart des espèces phytophages (Seinhorst, 1956).

## V-3 Discussions des résultats de l'enquête

### V-3.1 Présentation des exploitations

Les enquêtes étaient effectuées auprès des producteurs dans les différents secteurs de la plaine sur 31 parcelles de la pomme de terre et 35 parcelles de blé. Les données relatives aux superficies par culture de pomme de terre et de blé sont présentées dans le tableau 8.

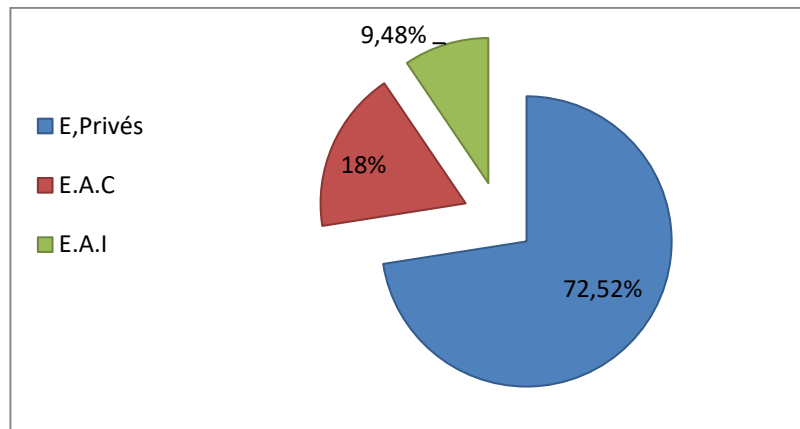
Tableau 18- Importance des cultures de la pomme de terre et de blé au niveau des exploitations enquêtées.

Type de culture	Secteur de la plaine	Nombre d'exploitations enquêtées (ha)	Superficie totale des exploitations (ha)	Superficie totale de la pomme de terre /blé (ha)	Superficie de pomme /blé par rapport à la surface d'exploitation (%)
Pomme de terre	Haut Chélif	10	284	160	56,34
	Moyen Chélif	13	900	702	78
	bas Chélif	8	194	82	42,27
	<b>Total</b>	<b>31</b>	<b>1378</b>	<b>944</b>	<b>58,87</b>
Blé	Haut Chélif	12	459	310	67,54
	Moyen Chélif	10	240	134	55,83
	bas Chélif	13	390	142	36,41
	<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>1089</b>	<b>586</b>	<b>53,26</b>

La superficie totale de l'ensemble des exploitations enquêtées 1378 ha où la superficie totale occupée par la plantation de pomme de terre et de 944 ha soit 58,87 % qui reflète l'importance de production dans la plaine de Chélif par rapport à d'autres cultures herbacées et maraichères une supériorité a été observée 78 % dans le secteur de moyen Chélif par rapport aux deux autres secteurs le haut 56,34 % et le bas 42,27 %.

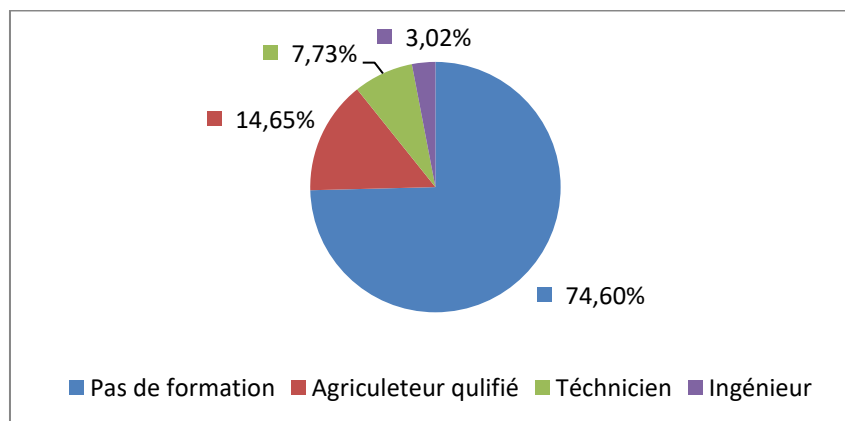
Concernant les cultures de blé de la plaine de Chélif 53,26% de la superficie total des exploitations est réservé pour cette culture 67,54 % dans le haut Chélif. 55,83 % dans le moyen, enfin 36,41 % dans le bas Chélif.

Trois catégories d'exploitations ont été relevées en fonction de leurs statuts (Figure 41). 72,52 % des exploitations privées dont les terres sont issues d'héritage, achetées ou louées. 18 % des exploitations agricoles collectives. Les autres sont des exploitations individuelles (9,48 %).



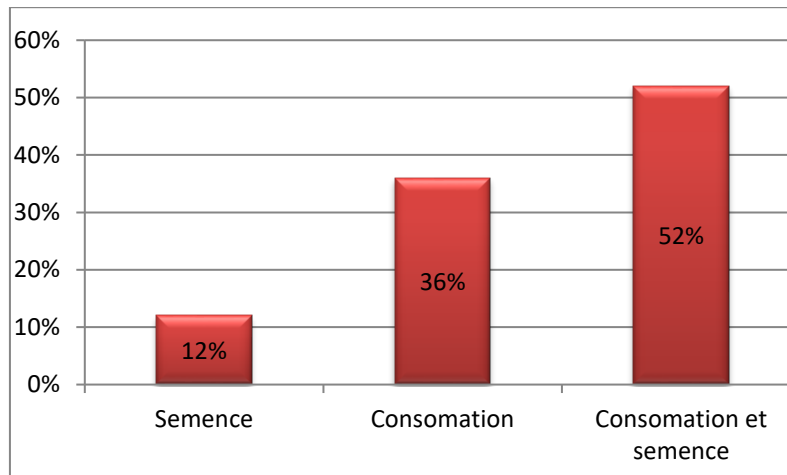
**Figure 41-** Statut des exploitations agricoles enquêtées.

Après la collecte des informations il s'est avéré que la majorité des gérants de leurs exploitations, ont un niveau de technicité bas, en effet 74,60 % n'ont acquis aucune formation agricole. Pour le reste 25,40 % de ces agriculteurs ont un niveau de formation qui est soit des agriculteurs qualifiés (14,65 %), des techniciens (7,73 %) ou des ingénieurs (3,02 %) (Fig.50).



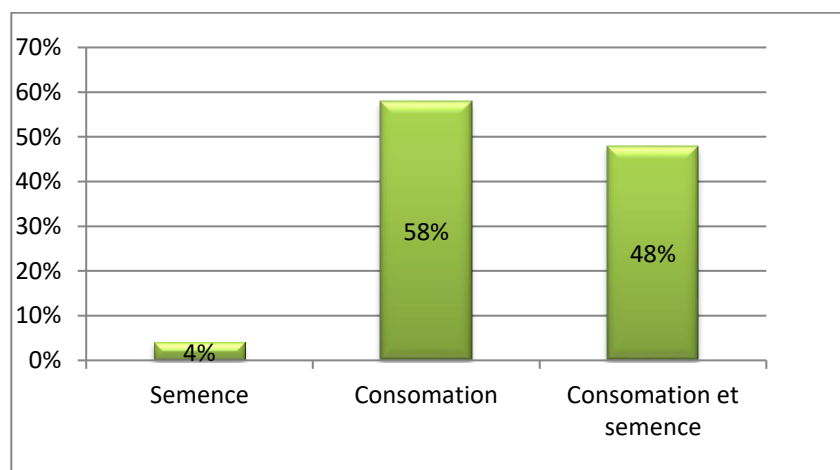
**Figure 42-** Niveau de formation des agriculteurs enquêtés.

L'enquête a révélé que 12 % des agriculteurs produisent la pomme de terre de consommation, 36 % font la multiplication de semences et 52 % produisent la pomme de consommation et ont des parcelles qu'ils consacrent à la multiplication de semences (Fig.51)



**Figure 43-** Destination de culture de pomme de terre cultivée dans les exploitations enquêtées.

Concernant la production de blé 58 % est destinée à la consommation 58 % de production est destinée pour la consommation dont une partie de cette dernière est destiné pour multiplication de la semence enfin, 4% est destinée pour la multiplication des semences seulement. (Fig.52).

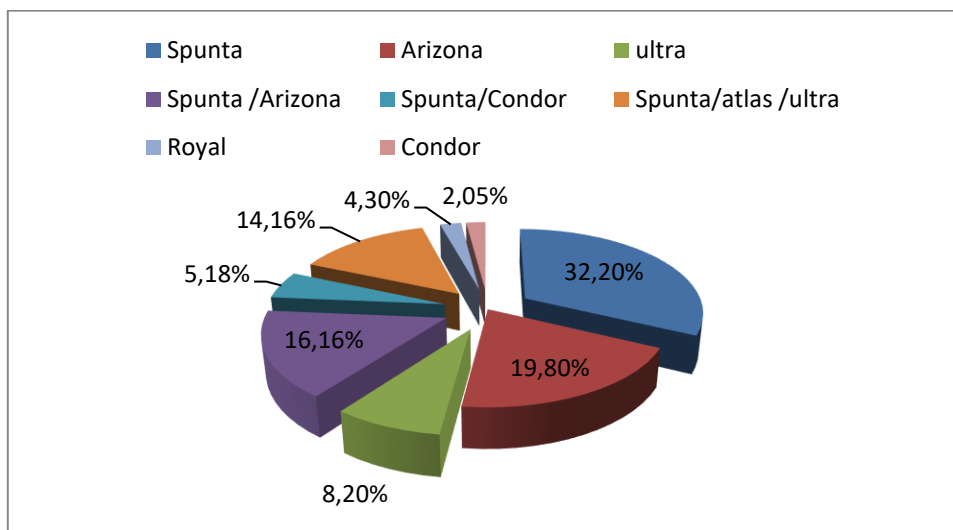


**Figure 44-** Destination de blé terre cultivée dans les exploitations enquêtées.

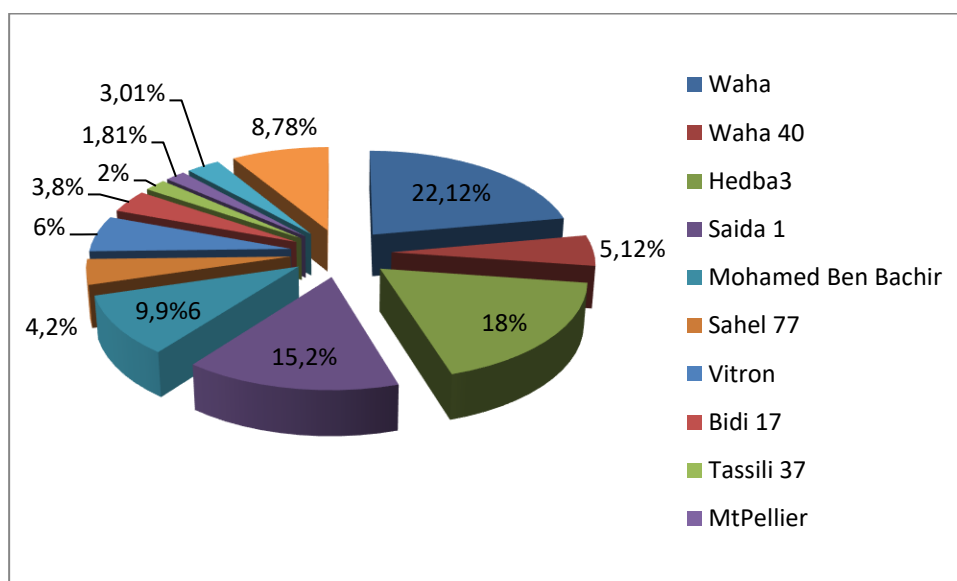
### V-3.2 Mode de conduite des cultures et analyse nématologique

Selon les données collectées de notre enquête et après l'analyse des résultats concernant les variétés de la pomme de terre cultivées, dans les différentes parcelles, il est avéré que la variété la plus cultivée dans la plaine de Chélif la variété Spunta. En effet, 32,20 % des parcelles sont cultivées seulement par la variété Spunta et dans certaines parcelles cette dernière est cultivée en association avec d'autres variétés comme la variété Arizona (16,16 % des parcelles), Atlas et ultra (14, 16 %) ou avec la variété Condor (5,18 %) des parcelles. Les variétés Ultra et Condor sont

aussi cultivées seules dans d'autres parcelles (dans 8,20 %, 2,05 % des parcelles respectivement) (Fig.53). La variété Royal figure aussi dans certaines parcelles (2,25 %).



**Figure 45-** Les variétés de la pomme de terre cultivées dans les parcelles enquêtées de la plaine de Chélif.



**Figure 46-** Les variétés de blé cultivées dans les parcelles enquêtées de la plaine de Chélif.

Concernant les cultures de blé douze variétés sont implantées dans les parcelles enquêtées de la plaine du Chélif, où la grande part est réservé pour la variété Waha 22,12 %, suivie par les variétés Hedba 3 et Saida 1(18% et 15,20 respectivement des parcelles enquêtées), ensuite la variété Mohamed ben Bachir 9,96 % (Fig.54), d'autres variétés comme : variétés Waha 03, Sahel 77, vitron, Bidi 17, Tassili 37, MtPellier, MBB existe dans les parcelles enquêtées par des

pourcentages qui se varient entre 1,81 et 4,20 %. Les variétés cultivées dans 8,78% des parcelles enquêtées restent non identifiées car certains d'entre eux n'ont pas déclaré qu'ils sont approvisionnés par des semences achetées chez des marchés publiques sans qu'il cherche à savoir les types des variétés du blé.

Plusieurs machines sont utilisées comme les tracteurs, les camions pour le transport des intrants, des planteuses, pulvérisateurs, Dans toutes les exploitations, l'utilisation de la mécanisation constitue l'un des facteurs de production. Une importante remarque a été relevée dans les exploitations c'est que ces instruments sont rarement nettoyés le mauvais entretien du matériel. En effet, ces instruments sont rarement nettoyés et mal entretenues.

Dans les parcelles des pommes de terres enquêtées le système d'irrigation le plus utilisé est le système d'aspersion qui représente 97,82 %, reste 2,18 % pour mélange des deux types d'irrigation qui sont le système goutte à goutte et l'aspersion.

76,40 % des parcelles de blé enquêtées ne sont pas irriguées, seuls 23,60 % des agriculteurs qui utilisent le système d'aspersion.

Nous étions aussi intéressées au type de rotation appliquée dans la région de la plaine. Des questions sont posées aux agriculteurs sur la culture mise en place et les trois derniers précédents culturaux. Les réponses étaient parfois complètes mais parfois seulement des réponses sur un précédents culturaux sont données surtout quand l'agriculteur a loué la parcelle. Les résultats obtenus après l'analyse sont :

- La monoculture est pratiquée dans 42,37 % des parcelles enquêtées où la pomme de terre revient 1 à 3 fois successivement.
- Dans 35 % des parcelles de céréales la monoculture revienne pendant plus de trois années successives.
- La rotation dominante est la rotation pomme de terre-céréale. Elle est généralement binaire. Parfois, d'autres cultures sont introduites tel que les cultures maraîchères (melon, pastèque) mais il reste que la durée de la rotation ne reste pas suffisamment longue pour le contrôle des nématodes à kyste de la pomme de terre et des céréales.

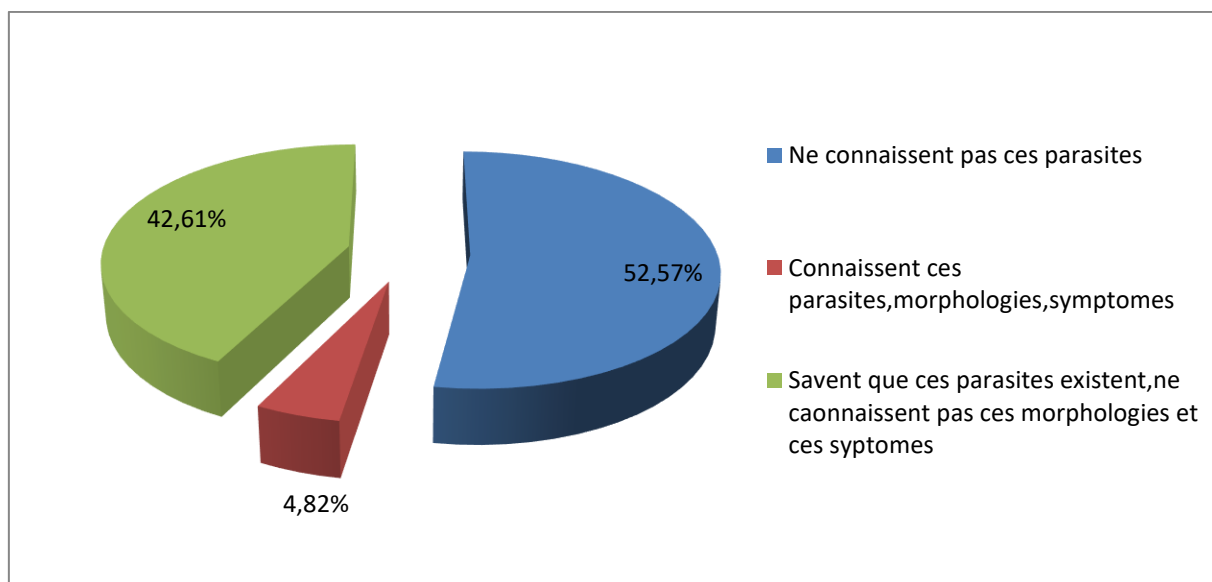
Le seul aspect positif est que 8 % des agriculteurs pratiquent la période de repos jachère efficace pour lutter contre les nématodes.

Les réponses des agriculteurs montrent que très peu de ces derniers connaissent la texture des sols presque la totalité des agriculteurs ignoraient la texture ou bien les paramètres physicochimiques du sol, les réponses sont souvent des noms vernaculaires tels que « *Lhemri* »

pour les sols sableux, « *Biadha* » pour les sols riches en calcium, « *Kahla* » pour les sols limoneux-argileux et « *Tine* » pour les sols lourds à structure argileuse.

L'analyse des réponses des agriculteurs à l'enquête ont permis de dégager trois types de comportement (Fig. 55) :

- Des agriculteurs qui ne savent même pas que le parasite existe et qui représentent 52,57%
- Des agriculteurs qui connaissent ce type de parasite, sa morphologie et ses symptômes représentent 4,82% des agriculteurs enquêtés connaissent ce parasite et ils ont bien répondu aux questions relatives à ces morphologies et ses symptômes. Ces derniers sont des agriculteurs qui ont un niveau de formation ou technicité élevé (Ingénieur ou techniciens) ou disposent d'une longue expérience dans le terrain. Ils ont fait part des noms vernaculaires qui désignent les nématodes de la pomme de terre « *patate* » et ceux du blé « *Angoud el eurgue* ».
- Des agriculteurs informés de l'existence de ces parasites via les services de la DSA qui connaissent le parasite mais ne connaissent pas sa morphologie ou ses symptômes, ils représentent 42,61% .On a remarqué que ces agriculteurs confondent ces deux types de nématodes avec d'autre type de parasites.



**Figure 47-** Connaissance des nématodes à kystes de la pomme de terre et des céréales par les agriculteurs.

Vue l'importance des analyses nématologiques régulières au sein des exploitations agricoles et afin de détecter le parasite précocement, nous avons réservé dans le questionnaire une partie aux analyses nématologiques. Les résultats obtenus ont montré que la majorité des

agriculteurs (62,42 %) y compris ceux qui font la multiplication des semences n'ont jamais effectué d'analyse nématologique. 37,58% de ces agriculteurs ont affirmé qu'ils effectuent des analyses nématologiques avant la mise en place de leur culture (Fig.56). Parmi ces derniers 72 % ont réalisé les examens nématologiques aux niveaux des unités de la SRPV ou auprès de laboratoires privés.

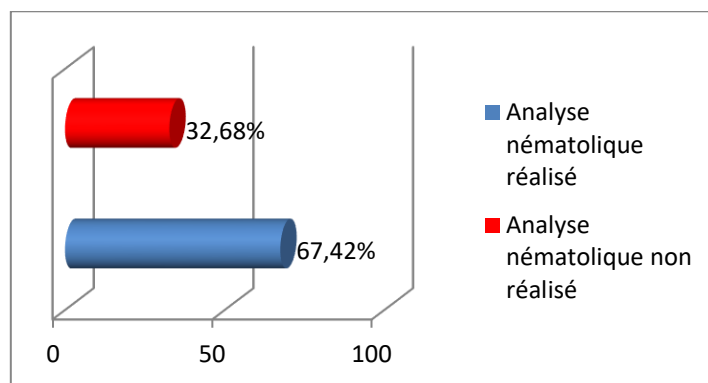


Figure 48- Importance des examens nématologiques effectués par les agriculteurs.

Les résultats des analyses nématodes à kyste de la pomme de terre et nématodes des céréales pour la culture en cours dans les différentes exploitations enquêtées, 41,75 % ont déclaré que le résultat était négatif dans toutes les parcelles. En revanche, 28,50% ont déclaré que ces parasites étaient détectés dans les parcelles analysées dans leur exploitation. 29,75 % des agriculteurs ont déclaré que quelques parcelles dans leurs exploitations se sont avérées infestées tandis que d'autres sont saines (Fig.57).

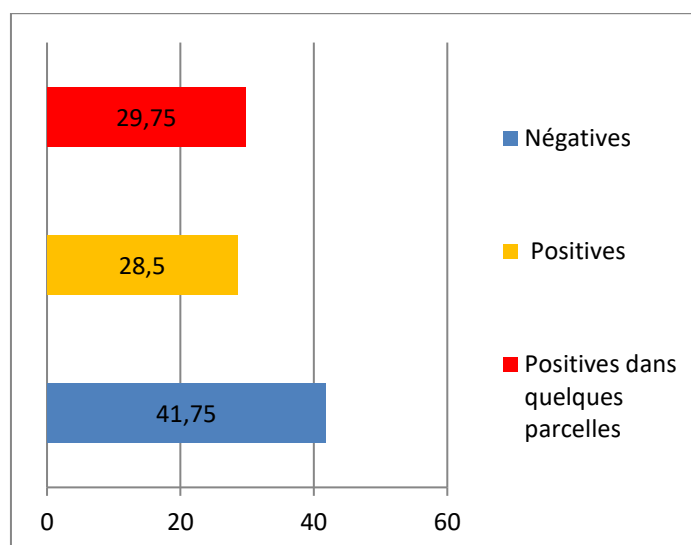


Figure 49- Résultats des analyses nématologiques effectuées par les agriculteurs.

Nous avons consacré la dernière partie de questionnaire aux questions relatives à la désinfection du sol les résultats sont :

- Les agriculteurs qui ont à désinfecter le sol avant la mise en place de la culture (54,82 % des agriculteurs).
- 55,18 % ne désinfecte pas le sol avant la mise en place des cultures
- Seulement 09,71 % des agriculteurs désinfectent le sol en cours de culture.

La dernière question enquêtée c'est les produits utilisés pour la désinfection afin de savoir si des nématicides appliqués. Les réponses des agriculteurs ont révélé que la majorité des agriculteurs qui désinfectent le sol (65 %) ne connaissent pas le produit utilisé (ni nom commercial ni matière active). 25 % des agriculteurs qui font recours à la désinfection du sol utilisent le Mocap (matière active : Oxamyl) et 10% utilisent le Némacur (matière active : Fenamiphos).

L'analyse des données de l'enquête menée auprès des agriculteurs nous permet d'affirmer que les causes majeures qui ont contribué à l'infestation par les deux types des nématodes *Globodera spp* *Hetrodera ssp* sont:

La méconnaissance des nématodes à kystes malgré les dégâts causés par une large partie des agriculteurs qui représentent près 74,60 % de l'ensemble des agriculteurs. Ceci vraisemblablement à cause de leur niveau d'instruction relativement faible. Les voies de contamination peuvent être naturelles, par déplacement des animaux, des eaux de pluies (Lehman, 1994) ou par les activités anthropiques (Plantard et al., 2008). L'agriculteur est lui-même une vopie de contamination par son déplacement entre les champs ou par les pratiques culturales qu'il effectue (par irrigation ou par l'utilisation des machines agricoles contaminées non nettoyées). Plusieurs études confirment que les parcelles soumises à une forte mécanisation sont davantage infectées par les kystes (Olsson, 2009).

La mauvaise conduite des cultures de la pomme de terre et des céréales est aussi une autre cause de prolifération des deux types de nématodes :

- Le mauvais choix des variétés résistante aux parasites on a remarqué que la variété la plus implantée au niveau de la plaine sont les variétés sensibles aux nématodes comme la variété Spunta et la variété ultra (Greco et al., 2007).
- Le mauvais choix de type de sols pour l'implantation surtout pour les cultures de la pomme de terre dans les exploitations enquêtées qui sont généralement lingère et poreux. Les sables fins ou les sols sablo-limoneux sont les plus favorables. Les sols lourds ou à structure grossière sont généralement moins favorables au développement des populations de la plupart des espèces phytophages (Seinhorst, 1956)

- Le mauvais choix de types d'irrigation comme le mode d'aspersion appliqué par la majorité des agriculteurs enquêtés ce derniers favorise le développement de ces nématodes (Hlaoua et *al.*, 2010).
- L'application de la monoculture et la mauvaise conduite des rotations dans la majorité des exploitations enquêtées, la monoculture favorise la vulnérabilité de la culture aux ravageurs.

L'un des aspects importants d'atténuation des effets néfastes des nématodes est de les appréhender en phase précoce avant la pullulation des kystes. Ce comportement préventif est totalement ignoré par les agriculteurs.

L'absence de traitement phytosanitaire a atteint 65 % de l'effectif des agriculteurs. Selon Chauvin et *al.* (2008) :

- Une rotation culturale, au minimum de quatre ans, permet de maintenir ou de réduire la population de nématodes à condition que le contrôle des repousses de pomme de terre soit très bien maîtrisé
- La décontamination peut être fortement accélérée par les cultures pièges de pomme de terre. Une procédure a été mise au point et testée avec succès. Elle consiste à réaliser une plantation à haute densité de petits tubercules, fortement prégermés. Cinq semaines plus tard, la culture est détruite, soit chimiquement, soit mécaniquement. Après destruction de la culture, les diminutions de populations mesurées sont de l'ordre de 70 à 80 %, ce qui correspond aux pourcentages d'éclosion des kystes sous l'influence des exsudats radiculaires observés pendant une culture de pomme de terre. Cette diminution des populations est largement supérieure à celle attendue, de l'ordre de 25 % en climat océanique, consécutive à une simple absence de pomme de terre. Les risques de dissémination sont donc fortement diminués (Mugniéry et Balandras, 1984) ;
- Traitement du sol : si le traitement de sol par des nématocides de contact est destiné à être interdit à cause de la nocivité des matières actives pour l'homme et pour l'environnement, la solarisation présente une alternative intéressante. C'est un processus qui utilise la radiation solaire capturée sous film plastique pour chauffer le sol en profondeur. Son efficacité dépend du climat ;
- Variétés résistantes : c'est l'alternative la plus intéressante et la moins onéreuse.

# **Conclusion**

## Conclusion

---

Dans la plaine du Chélif, les deux filières de la pomme de terre et de la céréaliculture connaissent une extension considérable en superficie. L'intensification de la production de ces deux filières s'apparente au développement et à la propagation de nombreuses populations de bio-agresseurs : les nématodes à kystes des céréales et de la pomme de terre qui affectent sévèrement les rendements des cultures et se répercutent sur le développement socio-économique de la région. Ces nématodes sont très complexe à contrôler et encore moins à maîtriser à cause de leur grande variabilité spatiale et temporelle, leur extrême résistance physiologique et du fait qu'ils soient des parasites telluriques.

La présente étude a permis de dresser un premier diagnostic de l'état d'infestation et de distribution des espèces *Heterodera ssp* (blé) et *Globodera ssp* (pomme de terre) sur toute la vallée du Chélif. Une cartographie du degré d'infestation depuis l'extrémité est de haut Chélif jusqu'à l'extrémité ouest du Bas Chélif par krigeage élaborée a permis de mettre en évidence une fréquence d'infestation des parcelles de blé par le nématodes *Globodera* de 100% dans les deux secteurs du haut et bas Chélif. Pour la pomme de terre, le degré d'infestation est respectivement de 50% et 90% dans les plaines du bas et moyen Chélif.

Il est important de préciser que ces nématodes peuvent provoquer des pertes importantes même avec des densités très faibles de l'ordre de 2ouefs +Larve J2 par gramme de sol. Les degrés d'infestation moyens des parcelle de pomme de terre pour toute la plaine du Chélif révèlent que le seuil de nuisibilité de 10 larves/g rapporté par la littérature (Mugniery, 1975) est déjà atteint dans la plaine du haut Chélif et dépassé dans la plaine bas Chélif. Pour les parcelles de blé, le seuil de nuisibilité est atteint pour le bas cheliff et dépassé pour le haut Chélif.

La lutte contre ces nématodes nécessite une bonne connaissance de leur biologie et de leur répartition ainsi que les facteurs déterminants dans leur développement. Les résultats de la présente étude, montrent que ces espèces s'étalent préférentiellement sur les horizons de surface dans les profils des sols où la teneur en argile est relativement élevée et la conductivité électrique faible. Le rôle de la texture dans le développement des nématodes à kystes du sol ne peut être généralisé étant donné que leur développement est rapporté dans des sols sableux et bien aérés par la littérature. Dans les parcelles cultivées en blé, la rotation céréale-légumineuse semble très défavorable au développement de ces parasites. Il a été remarqué que les parcelles érodées sous

l'effet des précipitations ne sont pas affectées par ces organismes, ce qui montrent qu'ils sont très sensibles à l'érosion hydrique. Par ailleurs, les résultats relèvent la pertinence de trois paramètres déterminants dans la présence et la répartition des nématodes à kystes dans la plaine du Cheliff : la conductivité électrique, le pourcentage d'azote total et l'humidité du sol. En effet, les matrices de corrélation indiquent une corrélation négative de la conductivité électrique avec un degré d'infestation de 77 % et de 55 % respectivement pour *Globodera* et *Heterodera*. Une corrélation positive du pourcentage d'azote total et de l'humidité du sol concerna un degré d'infestation de 60 et 65 % respectivement pour *Globodera* et *Heterodera*.

L'enquête menée auprès des agriculteurs a montré une méconnaissance de la majorité d'entre eux de ces parasites (les symptômes, les dégâts et encore moins les mesures à entreprendre pour prévenir leur installation). Cette méconnaissance concerne aussi les structures locales d'appui à la production et de vulgarisation agricole. Paradoxalement, les conduites culturales et la gestion hydro-agricole aussi bien des parcelles de blé que celles de la pomme de terre sont menées dans le sens qui favorisent l'installation et le développement de ces parasites.

En perspective, il est important de mettre en œuvre des mesures de conduite culturale et de gestion de la fertilisation et de l'irrigation en milieu salé pour pouvoir contrôler les paramètres déterminants le développement et la distribution des nématodes à kystes du blé et de la pomme de terre : la CE, l'N total et l'humidité du sol. De ce fait, il apparaît que l'approche technique de management hydro-agricole de la région du Cheliff dans un cadre intégré qui impliquerait non seulement les agriculteurs comme bénéficiaires finaux mais aussi toutes les structures locales para-agricoles : direction des services agricoles, chambre d'agriculteur, associations des agriculteurs, office des périmètres irrigués, laboratoire de l'institut des sols et de l'irrigation et de drainage, sera en mesure d'atténuer la dégradation des sols et la chute des rendements des cultures liées à l'infestation par ces parasites.

La poursuite de ce travail sera focalisée, d'une part, sur une compréhension plus approfondie de la biologie de ces parasites en accordant une attention particulière aux pathotypes par recours à l'identification des espèces par des outils moléculaires et, d'autre part, à l'optimisation de la conduite des cultures en termes de fertilisation, de rotation, d'irrigation et traitement en vue de contrôler les trois paramètres déterminants le comportement de ces espèces : la CE, l'N total et l'humidité du sol.

# **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

- ABH -CZ (1), (2004).** Cadastre Hydraulique du bassin hydrographie du Cheliff-Aval du barrage de Boughzoul . Première partie : Haut et moyen Cheliff, P 62.
- ABH -CZ (2), (2004).** Cadastre Hydraulique du bassin hydrographie du Cheliff-Aval du barrage de Boughzoul. deuxième partie : Bas Cheliff et la mina, P 52.
- Afnor., (1996b).** Qualité des Sols, sédiments-Mise en solution totale par attaque. NFX31-147. Paris, France : p19.
- AGRIOS., (1997).** Plant Pathology, Fourth Edition. By G. N. Agrios. London: Acad.Press , 635p.
- AGRIOS., (2005).** Plant Pathology, 5th Edition, .George N. Agrios. Academic Press, 952 p.
- Ahmadi, A.R., & Tanha Maafi, Z., (2014).** Incidence of Cereal Cyst Nematodes (*Heterodera avenae* type B and *H. filipjevi*) in southwestern Iran. *Journal of Crop Protection*, 3(1), 75–88. <http://dorl.net/dor/20.1001.1.22519041.2014.3.1.10.5>
- Ahmed S., Wahid A., Rasul E. , 2005 -** Comparative morphological and physiological responses of green gram genotypes to salinity applied at different growth stages. *Bot. Bull. Acad. Sin.*, **46**: 135-142. <https://ejournal.sinica.edu.tw/bbas/content/2005/2/Bot462-06.html>
- Ait abdallah-Djennadi F., Dekkiche N., Ghalem-Djender Z., Oumdjekane K. et Zaghouna-Boufnar F., (2010).** Cultures et coût de production des grandes cultures. Ed. ITGC, Alger. 96p.
- Akar, T., Caliskan, M., Nicol, J. M., Urannbey, S., Sahin, E., Yazar, S., William, M., & Braun, H. J., (2009).** Molecular characterization of Cereal Cyst Nematode diagnostic markers Cre1 and Cre3 in some winter wheat germplasm and their potential use against *Heterodera filipjevi*. *Field Crops Research*, 114(2), 320-323. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.08.001>
- Al Abed, A., Al-Momany, A., Al-Banna, L., 2004.** *Heterodera latipons* on barley in Jordan. *Phytopathologia Mediterranea*, 43(3): 311–317. <https://www.jstor.org/stable/26456720>
- Andersen S. & Andersen K., 1982.** Suggestions for determination and terminology of pathotypes and genes for resistance in cyst-forming nematodes, especially *Heterodera avenae*. *EPPO Bull.*, 12: 379-386. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.1982.tb01819.x>
- ARVALIS - Institut du végétal (2015).** Protection des céréales à paille : lutte contre les maladies de blé. ARVALIS - Institut du végétal, Paris, 73p.
- Assia FR, Righi K, Boungab K, Mokabli A. 2019.** Étude de l'infestation des céréales par les nématodes à kyste « *Heterodera* spp. » et distribution des espèces en cause dans l'Ouest Algérien. *Cah. Agric.* 28: 17. <https://doi.org/10.1051/cagri/2019017>
- Aubert G. 1976.** Les sols sodiques en Afrique du Nord. *Ann. de l'INA d'Alger*, vol.VI, n°1, pages 185-196.
- Bachelier G., 1971.** La vie dans le sol. Gauthier .villard éditeur : 5p.
- Bachelier T., 1978.** La faune des sols, son écologie et son action. ORSTOM, PARIS, 391p.
- Bagnols, F., Guassen, H., 1953.** Saison sèche et indice xéothermique. Doc. Carte production vég. Univ. Toulouse. Vol.1.p 47.
- Baize D., 2000.** *Guide des analyses en pédologie*, 2e éd., INRA, Paris.280p.
- Bakour L., et Bendifallah K ., 1990.** Rapport d'enquête. Etat sanitaire des denrées entre posées dans les unités de stockage de D, B, K, Bouira et Ain Bessem
- Barakt., 2005.** Mémento d'agriculture biologique guide pratique à usage professionnel.
- Been T. H. et Schomaker C. H., 2000-** Development and evaluation of sampling methods for fields with infestation foci of potato cyst nematodes (*Globodera rostochiensis* and *G. pallida*). *Phytopathology*, 90:647–656. <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PHYTO.2000.90.6.647>
- een, T., & Schomaker, C. (1999).** Fumigation of marine clay soils infested with *Globodera pallida* and *G. rostochiensis* using 1,3-dichloropropene and additional top soil treatments. *Nematology*, 1(1), 3-14.. <http://dx.doi.org/10.1163/156854199507929>

- Belaid D. 1996.** Aspects de la céréaliculture Algérienne. Ed. Office des publications universitaires, Ben Aknoun. Alger, 207 p.
- Bélaïr G., 2005.** Les nématodes, ces anguillules qui font suer les plantes par la racine. *Phytoprotection*, 86(1) : 65-69.
- Bélaïr G., 2008-** « Histoire de la Nématologie au Québec : ce n'est qu'un début! ». *Phytoprotection*, vol. 89, n° 2-3, 99-101.
- Benbelkacem A., 2013.** Rapport des résultats du projet "Enhancing FoodSecurity in Arab Countries" *Icarda-INRAA*. 35 pages.
- Bessaoud O., Lefki K. ,2018.** Diagnostic du système de régulation de la pomme de terre en Algérie. [Rapport de recherche] CIHEAM-IAMM. 2018, pp.46.
- Blanchard A., 2006.** 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 en Biologie, Université de Rennes1/Agrocampus, 264p.
- 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 Doctorat, Université de Rennes. 264 p.
- Blok V.C., Jones J.T., Phillips M.S. and Trudgill D.L., 2008.** Parasitism genes and host range disparities in biotrophic nematodes: the conundrum of polyphagy versus specialisation. *Bio Essays* 30, 249-259. <https://doi.org/10.1002/bies.20717>
- Boulaine J., (1956),** Carte des sols de la Plaines du Chélif 1/50.000e, feuilles 1 a 5, Inspection Générale de l'Agriculture de l'Algerie, (1956).
- Boulaine J., (1957),** Etude des sols de la Plaines du Chélif, Thèse d'Etat de l'Université d'Alger, 582p.
- Boulal H., Zaghouane O., EL Mourid M. et Rezgui S., 2007.** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Ed. TIGC, INRA, ICARDA, Algérie, 176p
- Boussac, Le Lamer O, Bertrand R et Rousselin X., 2012.** Développement épidémique de la fusariose des épis de blé et conséquences des interactions entre espèces du complexe fusarien. Thèse Docteur, école doctorale : sciences du végétal : du gène à l'écosystème, Université paris-sud 11, paris, 3p. <https://theses.hal.science/tel-00849969>
- Brady N.C., Weil R., 2002.** The nature and properties of soils. Prentice Hall, Upper saddle River, NJ, USA. [https://www.researchgate.net/publication/301200878\\_The\\_Nature\\_and\\_Properties\\_of\\_Soils\\_15th\\_edition#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/301200878_The_Nature_and_Properties_of_Soils_15th_edition#fullTextFileContent)
- Brodie B. B., 1993-** Probability of *Globodera rostochiensis* spread on equipment and Potato tubers. *Journal of Nematology* 25(2):291-296. 1993. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2619379/>
- Brodie B. B., 1996.** Effect of initial nematode density on managing *Globodera rostochiensis* with resistant cultivars and nonhosts. *Journal of Nematology*, 28: 510-519. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/pmc2619722/>
- Brodie B. B., 2001.** Biology and distribution of Potato Cyst Nematodes in North America and their Economic Impact on Potato. *Potato Association of America*, 78: 445.
- Burr A.H.J. and Robinson A.F., 2004.** Locomotion behaviour. In: Gaugler, R. and Bilgrami, A.L. (eds) *Nematode Behaviour*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 25-62. [https://www.researchgate.net/publication/231337494\\_Locomotion\\_Behavior#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/231337494_Locomotion_Behavior#fullTextFileContent)
- CABI et OEPP, S.D. -** Fiche informative sur les organismes de quarantaine : *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida*. CABI et l'OEPP, préparé par le CABI et l'OEPP pour l'UE sous Contrat 90/399003, 6 p.
- Cadet P., Berry S. D. and Spaul V. W., 2004.** Mapping of interactions between soil factors and nematodes. *European Journal of Soil Biology* 40: 7786.

- Cadet P., Thioulouse J. & Albercht A., 1994.** Relationships between ferrisol properties and the structure of plant parasitic nematode communities on sugarcane in Martinique (French West Indies). *Acta Oecologica*, 15: 767-780. <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:41761>
- Caporalino-Djian C., Védie H. et Arrufat A., 2009.** Nématodes à galles, l'atout des plantes-pièges. *PHYTOMA La Défense des Végétaux.*, Vol ., N° 624-625., pp21-25.
- Carroll J.J. & Vigliercho D.R., 1981.** On the transport of Nematodes by the Wind. *Journal of Nematology*, 13, 476-483. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19300792>
- Caubel G., Person F. et Rivoal R., 1980.** Les nématodes dans les rotations céréalières. *Perspectives Agricoles*, 36 : 32-48.
- Cayrol J.C, Djian C, Frankowski J.P., 1992.** Efficacy of Avermectins for the control of root-knot nématodes. *Nematologica* (sous presse).
- Cayrol J.C, Velasquez-Dominguez M., Levaux P., 1981.** Etude préliminaire sur les possibilités d'utilisation des Champignons parasites comme agents de lutte biologique. *Bull. OEPP*, 12(4), 497-503. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2338.1982.tb01835.x>
- 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. <https://www.researchgate.net/publication/280244341>
- Chadhuri K. and CHoudhuri M.A., 1997** - Effect of short-term NaCl stress on water relations and gas exchange of two jute species. *Biol. Plant.*, **40**: 373–380. <https://doi.org/10.1023/A:1001013913773>
- Chauvin L., Caromel B., Kerlan M.C., Rulliat E., Fournet S., Chauvin J.E., Grenier E., Ellissèche D. et Mugniéry D., 2008.** La lutte contre les nématodes à kyste de la pomme de terre *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida*. *Cahiers Agricultures*, 17(4) : 368-3. <https://doi.org/10.1684/agr.2008.0217>
- Cherbuy, 1991.** Les sols salés et leur réhabilitation, étude bibliographique. 124p.
- Chibane A., 1999.** Techniques de production de la pomme de terre au Maroc. *Bull. Mens. De liaison et d'information du PNTTA ; MADRPM. DERM. N° 52, Inst. Agro. Hassen II ; Rabat- Mroc*, 8 p.
- Chitwood DJ., 2003.** Nematicides. *Encyclopedia of agrochemicals.c*
- Choppin De Janvry E., 1971.** Les Nématodes des céréales in " Les nématodes des cultures " ACTA-FNGPC, Paris, 31: 273-326.
- Clarke A.J. & Perry R.N., 1977.** Hatching of cyst nematode *Nematologica*, E.J, Brill, leiden, 23:350-368.
- Cressie NAC. (1985).** Fitting variogram models by weighted least squares. *Math. Geol.* 17:563-586. <https://doi.org/10.1007/BF01032109>
- Cressie NAC. (1993).** *Statistics for Spatial Data*. Revised Edition. Wiley: NY, USA. 900 pp.
- Croll NA. & Matthews BE., 1977.** *Biology of nematodes*. Blackie & Son Limited.
- D.S.A.S., 2018.** Direction Technique chargée des Statistiques Régionales., La production agricole N°881 Campagnes 2016/2017 et 2017/2018.
- 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. <http://dx.doi.org/10.1007/s10681-014-1269-z>
- Daoud .Y.(1983),** Contribution à l'étude de la dynamique des sels dans un sol irrigué de périmètre du Haut-Cheliff (Algérie), Thèse de docteur-ingénieur de l'E.N.S.A de Rennes, 198 p.
- Daoud Y., 1993.** Contribution à l'étude des sols plaines du cheliff. Le phénomène de salinisation, conséquences sur les propriétés physiques des sols argileux, thèses Doct d'Eta. INA Alger, 233p.
- Darpoux R. et Debelley M., 1967.** Les plantes sarclées. Ed. BAILLIERE e FILS, Paris, 307 p.

- Davies K. & Spiegel Y., 2011.** Biological Control of Plant-Parasitic Nematodes: Building Coherence between Microbial Ecology and Molecular Mechanisms (Vol. 11). (Eds.). Springer Science & Business Media. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4020-9648-8>
- De Guiran G. et Netscher C., 1970.** Les nématodes du genre *Meloidogyne* parasites des cultures maraîchères au Sénégal. Cahiers ORSTOM, *série Biologie*, 11, 151-158.
- De Leij FAAM., Kerry BR. & Dennehy JA., 1993.** Verticillium chlamydosporium as a biological control agent for Meloidogyne incognita and M. hapla in pot and micro-plot tests. Nematologica 39, 115–26.
- Delaporte B., Sasson A., (1967).** Study of bacteria from arid soils of Morocco: Bacillus maroccanus. C R Acad Hebd Seances Acad Sci D. n. sp. 8;264(19):2344-6. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4963418/>
- Deliopoulos T., Minnis S. T., Jones P. W. et Haydock P. P. J., 2010-** Enhancement of the efficacy of a carbamate nematicide against the potato cyst nematode, Globodera pallida, through mycorrhization in commercial potato fields. *Journal of Nematology* 42(1):22–32.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22736833/>
- Deutsch CV., Journel AG. (1998).** GSLIB: Geostatistical Software Library and User's Guide. 2nd ed. Oxford University Press: NY, USA.
- Djebroune A., 2013-** Contribution à l'étude de la bioécologie des nématodes à kystes (Globodera sp.) inféodé à la culture de pomme de terre. Thèse Magister en Sciences Agronomiques, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El-Harrach, Alger. 195 p.
- Djermoun, A., 2009.** La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. *Nature et Technologie*, (1), 45-53.
- Djili K., 2000.** Contribution à la connaissance des sols du Nord de l'Algérie : Création d'une banque de données informatises et l'utilisation d'un système d'information géographique pour la spatialisation et la vectorisation des données pédologique. Thèse doc. INA. Alger. 384p.
- Douaoui A., 2005.** Variabilité spatiale de la salinité en relation avec certaines caractéristiques des sols de la plaine du Bas-Chélif. Apport de la géostatistique et de la télédétection. Thèse Doct. d'Etat, INA-Alger, 230 p.
- Douaoui A, Hartani T., 2007.** Impact de l'irrigation par les eaux souterraines sur la dégradation des sols de la plaine du Bas-Chélif. *Troisième atelier régional du projet Sirma*, Jun 2007, Nabeul, Tunisie. 5 p. (cirad-00259785).
- Durand J.H., 1983.** Les sols irrigables, Agence de coopération culturelle et technique. P.U. France, 190 p.
- Duvauchelle S., 2013.** Nématodes des pommes de terre, tour d'horizon à ras du sol. Phytoma, n° 660, janvier 2013 : 12-18. [https://ecophytopic.fr/sites/default/files/upload-documents-entity-import-csv/phytoma\\_nematodes\\_pomme\\_de\\_terre\\_janvier\\_2013.pdf](https://ecophytopic.fr/sites/default/files/upload-documents-entity-import-csv/phytoma_nematodes_pomme_de_terre_janvier_2013.pdf)
- Esmenjaud D., Marzin H. et Rivoal R., 1987.** Forte attaques du nématode *Heterodera avenae* sur blé dur dans le Lauragais. *Phytoma défense des cultures*, 390: 25-27.
- Essington M.E., 2004.** Soil and water chemistry, an integrative approach. CRC Press, USA.
- Evans K. and Stone A. R., 1977.** A review of the distribution and biology of the potato cyst-nematodes *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. *Int J Pest Manage.*, 23: 178-189.
- Evans K. and Stone A. R., 1977.** A review of the distribution and biology of the potato cyst-nematodes *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. *Int J Pest Manage.*, 23: 178-189.
- FAOSTAT, 2019.** URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize/>. 85. (accédé: 04 Juillet 2019).
- Fenet B. (1975)** - Recherche sur l'alpinisation de la bordure septentrionale du Bouclier africain à partir de l'étude d'un élément de l'orogène nord-maghrébin: Les monts du Djebel Tessala et les massifs du littoral oranais. Thèse Sc., Univ. Nice, 301 p.
- Fenwick D.W., 1940.** Methods for the recovery and counting of cysts of *Heterodera schachtii* from soil. *Journal of Helminthology*, 18(4): 155–172.
- Ferraz L.C.C.B. & Brown D.J.F., 2002.** An introduction to nematodes: *plant nematology*. Derek J.F.,

Brown B.A. Eds. 221p.

- Fiers M., Edel-Hermann V., Chatot C., Le Hingrat Y., Alabouvette C. et Steinberg C., 2012-** Potato soil-borne diseases. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, 32:93–132.
- Fisher J.M., 1981.** Further observation on the effect of temperature on isolated perfused hearts of heterothermic marsupials.  
[https://www.une.edu.au/\\_data/assets/pdf\\_file/0016/31345/Geiser20et20al20Hearts20CBP1989.pdf](https://www.une.edu.au/_data/assets/pdf_file/0016/31345/Geiser20et20al20Hearts20CBP1989.pdf)
- Fleming, CC et Turner, JS, 1998.** Diagnostic des nématodes à kyste : utilisation de la réaction en chaîne par polymérase pour déterminer les espèces et estimer les niveaux de population. *Aspects env. Biol.*, 52 : 375-382.
- Franco J., 1986-** Potato cyst nematodes; *Globodera* spp. Technical Information Bulletin 9. International Potato Center, Lima, Peru. 19 p. (Second edition).
- Freckman D. W. & Caswell E. P., 1985.** The ecology of nematodes in agro ecosystems. *Annual Review of Phytopathology*, 23: 275-296.
- Frézal P., 1954.** Importance et répercussions de la contamination de l'Algérie par le nématode doré (*Heterodera rostochiensis* Wooll. [Woll.]. *Journal Comptes Rendus des Séances de l'Académie d'Agriculture de France*, 40 : 71-74.
- Gate P., 1995.** Ecophysiologie du blé. Ed. Lavoisier, Paris, 429 p.
- Gate P., et Giban M., 2003.** Stades du blé. Ed. ITCF, Paris, 68 p. *Globodera pallida* and *G. rostochiensis*. *Rev. Nematol.* Vol 1: 3-14.
- Girard M.C., Walter C., Remy J.C., Bertbel J., Morel J.L., 2005.** Sols et environnements, cours, exercices et étude de cas. Edi : Dunod, Paris. 475p.
- Godoy G., Rodríguez-Kábana R. & Morgan-Jones G., 1983.** Fungal parasites of *Meloidogyne arenaria* eggs in an Alabama soil. A mycological survey and greenhouse studies. *Nematropica* 13, 201–13.
- Golden A.M. and Ellington D.M.S., 1972.** Redescription of *Heterodera rostochiensis* (Nematoda: Heteroderidae) with a key and notes on closely related species. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington*, 39 (1): 64-78.
- Gourinard Y. (1958).**- Recherches sur la géologie du littoral oranais. Publ. Serv. Carte géol. Algérie, nouv. Sér., 6, 111 p
- Grattan S. R. and Grieve C. M., 1999.** Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Sci. Hort.*, 78: 127-157.
- Greco N., D'addabbo T., Brandonisio A., et Elia F., 1993-** Damage to Italian Crops Caused by Cyst-forming Nematodes. *Journal of Nematology* 25(4S):836-842.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19279850>
- Greco N., Di Vito M., Parisi B., Ranalli P., Brandonisio A. et Catalano F., 2007-**Resistance of new Italian potato breeding clones to cyst and root-knot nematodes. *Nematol. mediterr.*, 35: 227-235.  
[https://www.researchgate.net/publication/349870694\\_Resistance\\_of\\_new\\_Italian\\_potato\\_breeding\\_clones\\_to\\_cyst\\_and\\_root-knot\\_nematodes](https://www.researchgate.net/publication/349870694_Resistance_of_new_Italian_potato_breeding_clones_to_cyst_and_root-knot_nematodes)
- Greco N., Insera R.N., Brandonisio A., Tirro A. and Marinis G., 1988.** Life cycle of *Globodera rostochiensis* on potato in Italy. *Nematol. mediterr.*, 16: 69-73.
- Grenier E. et Mimee B., 2017.** Les nématodes à kystes de la pomme de terre dans le monde: Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur leur répartition et leur évolution. *Bulletin de l'Alliance Globodera*, Septembre 2017, Édition 4, 6 p.
- Guyot G. 1999** -climatologie de l'environnement, cours et exercices. Ed Dunod p286-290.
- Haddadi F., Mokabli, A., Smiley, R. W., 2013.** Characterization of virulence reactions for *Heterodera avenae* populations from two localities in Algeria. *Phytoparasitica*, 41: 449–456.  
<https://doi.org/10.1007/s12600-013-0308-y>
- Hajihassani A., Ebrahimian E., Hajihassani M., 2013-** Estimation of yield damage in potato caused by Iranian population of *Globodera rostochiensis* with and without aldicarb under greenhouse

- conditions. *Int. J. Agric. Biol.*, 15: 352–356. <https://www.researchgate.net/publication/259932589>
- Halitim A., 1973.** Etude expérimentale de l'amélioration des sols sodiques d'Algérie en vue de leur mise en culture. Thèse de 3ème cycle. Univ. de Renne, 176 p.
- Halitim A., 1973.** Etude expérimentale de l'amélioration des sols sodiques d'Algérie en vue de leur mise en culture. Thèse de 3eme cycle. Univ de Renne, 176 p.
- Halitim A., 1985.** Contribution à l'étude des sols des zones arides (Hautes Plaines Steppiques d'Algérie). Morphologie, distribution et rôle des sels dans la genèse et le comportement des sols. Thèse Doct. d'Etat, Université de Rennes, 383 p.
- Halitim A., 1988.** Sols des régions arides d'Algérie. OPU, Alger, 384 p.
- Hamadache A., 2001.** Stades et variétés de blé. Ed. ITGC, 22p.
- Hammache M., 2010.** Influence de quelques types de sol Algériens sur le développement des nématodes à galles ; *Méloidogyne Incognita*, *M Javaica* et *Méloidogyne Arenaria* (Tylenchida. Meloidogynidae) *Lebanese Science Journal*, Vol, (11), n°2, pp 47-61.  
<https://www.researchgate.net/publication/315745269>
- Handoo Z.A., Carta L.K., Skantar A.M. and Chitwood D.J., 2012.** Description of *Globodera ellingtonae* n. sp. (Nematoda: Heteroderidae) from Oregon. *Journal of Nematology*, 44: 40-57. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/pmc3593265/>
- Handou Z. A., (2002).** A key and compendium to species of the *Heterodera avenae* group (*Nematoda: Heteroderidae*). *J. Nematology*, 34(3), 250-262. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/pmc2620569/>
- Handou, Z. A., (2002).** A key and compendium to species of the *Heterodera avenae* group (*Nematoda: Heteroderidae*). *J. Nematology*, 34(3), 250-262. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19265941>
- Hennia K. (2007).** Contribution à la gestion qualitative des eaux souterraines dans les zones semi-arides, Application au moyen Chelif occidental. Thèse de Magister, université Hassiba Ben Bouali, Chlef.110P.
- Hitouche S., Pham H., Brabez F (2019),** Facteurs déterminant l'implication des opérateurs dans une politique de stockage incitative : Cas du dispositif de régulation Syrpalac en Algérie, *New Medit*, 18 (1): pp. 65-78, <http://dx.doi.org/10.30682/nm1901f>.
- Hlaoua W., Horrigue- Rouani N. Fouville D. et Mugniery D., 2008-** Morphological and molecular characterisation of Potato Cyst Nematode populations from Tunisia and Survey for their probable geographical origine. *Biotechnology* 7 (4): 651-659. <https://doi.org/10.3923/biotech.2008.651.659>
- Hlaoua W., Kallel S. et Horrigue-Raouani N., 2010.** Effets des composantes de l'environnement et des pratiques culturales sur les communautés des nématodes associées à laculture de pomme de terre en Tunisie. *Nematol. mediterr.*, 38: 13-26. <http://www.inaav.ba.cnr.it/vol38-1,%202010/vol38-1c.pdf>
- Hufty A. (2001).** Introduction à la climatologie 2001 Editeur : De Boeck Université. P 210.
- Hutchinson CM., McGiffen ME., Ohr HD., Sims JJ. & Becker JO., 1999.** Efficacy of methyl iodide soil fumigation for control of *Meloidogyne incognita*, *Tylenchulus semipenetrans* and *Heterodera schachtii*. *Nematology*, 1(4), 407-414. <https://doi.org/10.1163/156854199508414>
- Ibrahim A.A.M., Al-Hazmi A.S., Al-Yahya F.A. & Alderfasi., 1999.** Damage potential and reproduction of *Heterodera avenae* on wheat and barley under Saudi field conditions. *Nematology*, 1: 625-630. <https://doi.org/10.1163/156854199508577>
- Ibrahim S. K., Minnis S., Barker A. D. P., Russel M. D., Haydock P. P. J., Evans K., Grove J.G., Woods S. R. et Wilcox A., 2001.** Evaluation of PCR, IEF and ELISA techniques for the detection and identification of potato cyst nematodes from field soil samples in England and Wales. *Pest Manage. Sci.* 57: 1068-1074. <https://doi.org/10.1002/ps.397>
- INPV, 2009.** Nématodes à kystes de la pomme de terre *Globodera rostochiensis* et *G. pallida*. Ed. Institut National de la Protection des Végétaux (INPV), 4 p.
- INPV, 2017.** *Xylella fastidiosa*, surveillance et vigilance pour préserver le patrimoine végétal national. *Infos phyto, bulletin d'informations phytosanitaires* n° 45, Janvier 2017, ISSN 1112-2536, 4

- INSID, 1997.** Campagne de mesures du niveau de salinité des terres en Algérie. Rapport, 32 p.
- INSID, 2008.** Les sols salins en Algérie. rapport, 7 p.
- Note de synthèse sur les interventions de l'INSID dans le cadre du Renouveau de l'Economie Agricole et du Renouveau Rural
- ITCMI, 2013.** La culture de la pomme de terre : Production et possibilités de transformation. *Journée de la pomme de terre CCI Dahra Mostaganem*. 04 Décembre, 2013.
- Jatala P., Kaltenbach R. & Bocangelm., 1979.** Biological control of *Meloidogyne incognita* and *Globodera pallida* on potatoes. /. *Nematology*, 11, 303.
- Jones M.G.K and Northcote D.H., 1972.** Nematode-induced syncytium-multinucleate transfer cell. *Journal of Cell Science*, 10: 789-809.
- Jones, FGW, 1970.** Le contrôle des nématodes à kyste de la pomme de terre. *JR Soc. Arts*, 118 : 179-199.
- Karlen C., Priou S., Jouan B., Pasco C., Prior P., Samson R., Corbière R., Tivoli B., Bedin P., Duvauchelle S., Andrivon D., Elimane R. and Perraton B. 1996.** Les ennemis ; maladies. PP. 231-336 in : Rousselle P., Robert Y. et Crosnier J.C. (eds), La pomme de terre : production, amélioration, ennemis et maladies, utilisation. Ed. INRA et ITCF, Paris, 607 p.
- Keren R., 2000.** *Salinity*. In: Sumner M.E. (Ed). Handbook of Soil Science. CRC Press, NY, USA, pp G3-G25.
- Kerry BR., Simon A. & Rovira AD., 1984.** Observations on the introduction of *Verticillium chlamydosporium* and other parasitic fungi into soil for control of the cereal cyst-nematode *Heterodera avenae*. *Annals of Applied Biology*, 105(3), 509-516.  
<https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1984.tb03077.x>
- Khan M. A., 2001** - Experimental assessment of salinity tolerance of *Ceriops tagal* seedlings and saplings from the Indus delta, Pakistan. *Aquat. Bot.*, **70**: 259–268. [http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3770\(01\)00160-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3770(01)00160-7)
- Khan M. A., Ungar I. A. and Showalter A. M., 1999** - Effects of salinity on growth, ion content and osmotic relations in *Halopyrum mucronatum* (L.) Stapf. *J.Plant Nutr.*, **22**: 191–204.  
<http://dx.doi.org/10.1080/01904169909365617>
- Kiewnick S. & Sikora RA., 2006.** Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* by *Paecilomyces lilacinus* strain 251. *Biological control*, **38**(2), 179-187.  
<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2005.12.006>
- Knoetze R., Swart A. and Lowwrens R.T., 2013.** Description of *Globodera capensis* n. sp. (Nematoda: Heteroderidae) from South Africa. *Nematology*, 15: 233-250. <http://dx.doi.org/10.1163/15685411-00002673>
- Kort J., Ross H., Rumpfenhorst H.J. and Stone A.R., 1977.** An international scheme for the identification of pathotypes of potato cyst nematodes *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. *Nematologica*, 23(3): 333-339. <https://doi.org/10.1163/187529277X00057>
- Laëtitia P., 2013.** Etude de partenaires protéiques d'une protéine associée aux microtubules (MAP 65-3) indispensable à la formation des cellules géantes induites par le nématode à galles *Meloidogyne incognita*: caractérisation du complexe de surveillance de la mitose chez *Arabidopsis*. Thèse de doctorat l'université de Nice-Sophia Antipolis. 42-58.
- Lambion J., Toulet A. et Traente M., 2006-** Protection phytosanitaire en culture de pomme de terre biologique, Fiche 2: *Lutte contre les ravageurs*. Institut technique de l'agriculture biologique, Paris-France, 4 p.
- Lassere F., 1994.** Lutte intégrée contre *Heterodera avenae* (Nematoda): conséquences sur une communauté de nématodes en agroécosystèmes céréaliers, thèse doct. Univ., Rennes I., Fr., 90p.
- Lax P., Rondan Dueñas J.C., Franco-Ponce J., Gardenai C.N. and Doucet M.E., 2014.** Morphology and DNA sequence data reveal the presence of *Globodera ellingtonae* in the Andean region. *Contributions to Zoology*, 83: 227-243. <https://doi.org/10.1163/18759866-08304002>

- Le Houerou H.N., 1995:** Bioclimatologie et Biogéographie des steppes arides du Nord de l’Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertification. Option méditerranéenne. Série B : études et recherches n 10 ; Ciheam. Montpellier, 397 p.
- Le Roux.V., Brunissen.L., Charles .V. et Giordanengo P., 2008.** Amélioration génétique de la pommes de terre et résistance aux pucerons : Duterre a la réponse moléculaire de la plante Cahiers Agricultures vol. 17, n° 4, juillet-août pp. 401-405.
- Legros J.P., 2007.** Les grands sols du Monde. Presses polytechniques et universitaires romandes.
- Lehman P. S., 1994-** Dissemination of phytoparasitic nematodes. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, *Division of Plant Industry, Gainesville. Circular N° 208.* 4p.
- Lepoivre P., 2003.,** Phytopathologie, éditions De Boeck, 427 p.
- Levignero, A., Lopez F., Vansuyt G., Berthomieu P, Fourcroy P. et Francin C. D., 1995 -** Les plantes face au stress salin. *Cahiers agricultures*, 4:263-73.
- Levy G.J., 2000.** Sodicity. Sumner M.E. Ed. Handbook of Soil Science.pp 27-62.
- Luc M., 1960.** Les nématodes associés aux plantes de l’Ouest Africain, liste préliminaire. *Agron.Trop*, 15(4) : 434-449.
- Maas E. V. and Poss J. A., 1989a -** Salt sensitivity of cowpea at various growthstages. *Irrigation Science*, 10: 313–320.
- Maas E. V. and Poss, J. A. 1989b.** Salt sensitivity of wheat at various growth stages.*Irrig. Sci.*, 10: 29-40.
- Maas E. V., 1993 -** Testing Crops for Salinity Tolerance. In: Proc. Workshop on Adaptation of Plants to Soil Stresses. Maranville J.W., Baligar B.V., Duncan R.R. and Yohe J.M. (eds.), 234-247.
- Maas E. V., 1996 -** Plant response to soil salinity. In: 4th National Conference and Workshop on the Productive Use and Rehabilitation of Saline Land. Promaco conventions Pty Ltd, 25-30 March 1996, Albany Western Australia.
- Maas E. V., Poss J. A. and Hoffman G. J. 1986 -** Salinity sensitivity of sorghum at three growth stages. *Irrig. Sci.*, 7: 1-11.
- Maas, E. V. and Hoffman G. J., 1977 -** Crop salt tolerance—current assessment. *J.Irrig. Drain Div. ASCE*, 103: 115–134.
- Maciejewski J., 1991.** Semences et plants. Ed. Lavoisier Tec & Doc, Paris, 233 p.
- MADR, 2018.** Pomme de terre : l’algérien en consomme 3 fois que la moyenne mondiale. Radio Algérienne, 24/07/2018-09:42, <http://www.radioalgerie.dz/news/fr/article/20180724/146819.html>.
- MADRP/DSASI, 2019.** Ministère d’Agriculture et de Développement Rural et de la Pêche. Direction des Statistiques Agricoles et des Systèmes Informatiques (DSASI).
- Mallamaire A., 1937.-** Les principaux nématodes, myriapodes et insectes parasites des caféiers cultivés dans l’ouest africain français.- *Annales agricoles de l’Afrique Occidentale française et étrangère*, 1 (1) : 1-45, 7 pl.
- Mateille T., 1994-**biologie de la relation plantes-nématodes: perturbations physiologiques et mécanismes de défense des plantes. *Nematologica*, 40 : 276-311.  
<https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010017066>
- Meagher J.W., 1977.** World dissemination of the cereal-kyst nematode (*Heterodera avenae*) and its potential as a pathogen of wheat. *J. Nematol.* 9, 9-15.
- Meddi M., 2005.** Etude de la variabilité interannuelle des pluies dans le Nord de l’Algérie .institutue hydraulique ; université mascara ; Algérie équipements décembre 2003 P33.
- Mermoud A., 2006.** Cours de physique du sol : Maîtrise de la salinité des sols. Ecole polytechnique fédérale de lausanne, 23p.
- MERNY GEORGES, LUC MICHEL. (1969).** Les techniques d’échantillonnage des peuplements de nématodes dans le sol. In : Lamotte M. (ed.), Bourlière F. (ed.). *Problème d’écologie* :

*l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres*. Paris : Masson, p. 237-273.  
<https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:13256>

- Merouche A., Debaeke P., Messahel M. and Kelkouli M., 2014.** Response of durum wheat varieties to water in semiarid Algeria. *African journal of agricultural research*, 9(38): 2879-2892. DOI: 10.5897/AJAR2013.7318. <http://dx.doi.org/10.5897/AJAR2013.7318>
- Mezerket A., Hammache M., Cantalapiedra-Navarrete C., Castillo P. and Palomares-Rius J. E., 2018.** Prevalence, identification, and molecular variability of potato cyst nematodes in Algeria. *J. Agr. Sci. Tech.*, 20: 1293-1305. [https://digital.csic.es/bitstream/10261/179636/3/nematodes\\_algeria.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/179636/3/nematodes_algeria.pdf)
- Mezetti A., 1953.** Osservazioni sull'anguillulosi radicali dei cereali in Italia. *Annali Sper. agr. n. S.*, 7: 743-758.
- Mokabli A., Valette S., Gauthier J.P. & Rivoal R., 2001.** Influence of temperature on the hatch of *Heterodera avenae* Woll. Populations from Algeria. *Nematology*, 3:171-178.  
<https://doi.org/10.1163/156854101750236303>
- Mokrini F., Andaloussi, F. A., Alaoui, Y., & Troccoli, A., 2009.** Importance and distribution of the main cereal nematodes in Morocco. *CEREAL CYST NEMATODES*, 45.  
<https://www.researchgate.net/publication/322514014>
- Moreau J.M., 2011.** Lutte contre les maladies. Livre Blanc « Céréales » ULg.
- Morgan G.D., MacGuidwin A.E., Zhu J. & Binning L.K., 2002.** Population Dynamics and Distribution of Root Lesion Nematode (*Pratylenchus penetrans*) over a Three-Year Potato Crop Rotation. *Agronomy Journal*, 94, 1146-1155. <https://doi.org/10.2134/agronj2002.1146>
- Mugniery D., 1975.** Etat des travaux de recherches sur les nématodes à kystes de la pomme de terre.
- Mugniéry D., 1982 -** Diversités régionales d'application de lutte intégrée en culture de pomme de terre en fonction de la variabilité des populations de nématodes à kystes. *I.N.R.A., Rennes 2 (7)*: 629-644.
- Mugniery D., Rivoal R. & Zaouchi H., 1971.** Rapport sur les travaux nématologiques effectués de 1968 à 1970. *Centre Nat. Rech. Agro.*
- Mugniéry D., Robert Y. et Blanc M., 1996.** Les ennemis ; les ennemis animaux. Pp. 163-230 in Rousselle P., Robert Y. et Crosnier J.C. (eds), *La pomme de terre : production, amélioration, ennemis et maladies, utilisation*. Ed. INRA et ITCF, Paris, 607 p.
- Mugniery D., Rulliat E., Ellisseche D., 2006-** Les nématodes de la pomme de terre. *Filière Pomme de Terre Mag*, 20-24.
- Mulvey R.H. and Stone A.R., 1976.** Description of *Punctodera matadorensis* n.gen., n.sp. (Nematoda: Heteroderidae) from Saskatchewan with lists of species and generic diagnoses of *Globodera* (n. rank), *Heterodera*, and *Sarisodera*. *Canadian Journal of Zoology*, 54: 772-785. <https://doi.org/10.1139/z76-087>
- Munns R. and Tarmmet A., 1986 -** Whole plant responses to salinity. *Aust. J. Plant Physiol.*, 13: 143-160.
- Munns R., 1993.** Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. *Plant, Cell and Environment* pp15-24.
- Nakaehia J. M. et Jaquemont R., 1971 -** *L'analyse nématologique*. Pp.759-792 in *Les nématodes des cultures - Journées d'études et d'information*. Ed. AEIA et PNGPE, Paris, 828 p.
- Namouchi-Kachouri N. & B'Chir M. M., 2004.** Distribution des principaux nématodes P171.
- Namouchi-Kachouri, N., B'chir, M.M., & Hajji, A., (2005).** Global importance of the main nematodes associated with cereals in Tunisia. In: 'Cereal cyst nematodes: status, research and outlook'. In: Riley, I.T., Nicol, J.M., and Dababat, A.A (Eds.). *Cereal cyst nematodes: status, research and outlook. Proceedings of the First Workshop of the International Cereal Cyst Nematode Initiative, 21-23 October 2009, Antalya, Turkey*. CIMMYT. 41-44. <https://www.mdpi.com/1422-0067/20/2/432>
- Norton D.C., 1978.** Ecology of plant parasitic nematodes. John Wiley & Sons edit., New York, USA, 268 pp.
- Norton D.C., 1989.** Abiotic soil factors and plant-parasitic nematode communities. *Journal of*

- Nematology*, 21: 299-307. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2618935/pdf/299.pdf>
- OEPP, 2017.** PM 7/40 (4) *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*. Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des Plantes. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin, 47: 174-197. DOI: [10.1111/epp.12391](https://doi.org/10.1111/epp.12391).
- OEPP/EPPO, 2004.** Diagnostic protocols for regulated pests- *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*. *OEPP/EPPO Bulletin* 34, 309-314.
- Olsson C., 2009-** Characterisation of mechanisms involved in hatching of the potato cyst nematode. Bachelor project in the Horticultural Science programme. Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU.
- ONID, 2009.** Office National d'Irrigation et Drainage.
- ONM, 2009.** Office National Météorologique
- Pannatier Y. (1996).** Variowin: Software for Spatial Data Analysis in 2D. Springer-Verlag: NY, USA
- Parida A. K. and Das A.B., 2005 -** Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **60**: 324–349. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2004.06.010>
- Perrodon A., 1957.** Etude géologique des bassins néogènes sublittoraux de l'Algérie occidentale. Bull. Serv. Cart. géol. Algérie, n°12, 323 p.
- Peter E. Urwin , Kevin M. Troth, Elena I. Zubko and Howard J. Atkinson, 2001.** Effective transgenic resistance to *Globodera pallida* in potato field trials. *Molecular Breeding* 8: .p95–101. [DOI: [10.1023/A:1011942003994](https://doi.org/10.1023/A:1011942003994)]
- Plantard O., Picard D., Valette S., Scurrah M., Grenier E. et Mugniery D., 2008-**Origin and genetic diversity of Western European populations of the potato cyst nematode (*Globodera pallida*) inferred from mitochondrial sequences and microsatellite loci. *Mol. Ecol.*, **17**: 2208-2218. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294x.2008.03718.x>
- Portalés C; Boronat N, Pardo-Pascual J E, Balaguer-Beser A .2010.** Seasonal precipitation interpolation at the Valencia region with multivariate methods using geographic and topographic information. *International journal of climatology*. **30**, P 1547–1563. <https://doi.org/10.1002/joc.1988>
- Rahim Zohra, Mokabli Aissa, Hammache Miloud and Tirchi Nadia.(2020).** Study of the infestation. of durum wheat with cyst nematodes of genus "*Heterodera* " in two localities (medea, algeria). *Plant Archives* Vol. 20, Supplement 1, pp. 2626-2631. [http://www.plantarchives.org/article/40%20EFFECTS-OF-SOIL-SALINITY-ON-CEREAL-CYST-NEMATODES-\(HETERODERA\)-AND-POTATO-GOLDEN-NEMATODES-\(GLOBODERA\).pdf](http://www.plantarchives.org/article/40%20EFFECTS-OF-SOIL-SALINITY-ON-CEREAL-CYST-NEMATODES-(HETERODERA)-AND-POTATO-GOLDEN-NEMATODES-(GLOBODERA).pdf)
- Raski D.J., 1950.** The life history and morphology of the sugar-beet nematode, *Heterodera schantii* Schmidt. *Phytopathology*, **40**: 135-152.
- Rata M., (2020).** Thèse de doctorat Analyse géostatistique et modélisation de la pluviométrie dans le cadre des changements climatiques : Cas du bassin versant du Chélif. U.M.AB.83p.
- Reversat G., 1988.** Implication des nématodes phytoparasites dans le concept de la fatigue des sols. In : Rapport du Séminaire International de Pointe-Noire sur le thème des Facteurs et conditions de la fertilité du milieu tropical humide. Paris : UNESCO-PNUD-AUPELF, 123-133. [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/pleins\\_textes\\_6/b\\_fdi\\_49-50/010014000.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/b_fdi_49-50/010014000.pdf)
- Richard L. et Sawyer., 1972.** Nématode à kyste de la pomme de terre, PP : 57-64 in : la pomme de terre, Bulletins d'Information Technique 1 à 19. Centre International de la pomme de terre, Bruxelles, p136.
- 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.
- Righi K., Mokabli A. et Assia F., 2014.** Dispersion du nématode à kyste des céréales (*Heterodera avenae*) dans quelques régions céréalières de l'Ouest Algériens. *Séminaire national sur Biodiversité faunistique. ENSA El Harrach* 7-9 décembre 2014. <http://dx.doi.org/10.1051/cagri/2019017>
- Ritter M., 1961.** Importance et actualité du problème des nématodes en France. In : Les nématodes.

- Journées d'études et d'information C.N.R.A. Versailles 16-17 XI 1961.
- Ritter M., 1971** - Les nématodes et l'Agriculture. Pp 7-65 in : *Les nématodes des cultures*. Journées d'Etude et d'Information ACTA-APNGPC, Paris, 3.4.5 Novembre 1971. 828 p.
- Ritter M., 1982**. Importance des nématodes à kystes des céréales. *OEPP Bulletin*, 12 : 307-316.
- Ritter M., 1985**. Connaissances nouvelles sur la biologie des nématodes conséquences pratiques. ACAD. Agro de France compte rendus des séances T71 n°7, 691 : 704.
- Rivoal R. & R. Cook., 1993**. Nematode pests of cereals. Pp. 259- 303 in K. Evans, D.L. Trudgill, and J. M. Webster, eds. *Plant parasitic nematodes in temperate agriculture*. Wallingford, UK: CAB International.
- Rivoal R. Person De Dryver F. et Doussinault G., 1985**. Polymorphisme chez le nématode à kyste des céréales *Heterodera avenae* Woll. Conséquence sur la nuisibilité et sur la sélection de variétés résistances en France. C.R.A. CARD. Agro. De France T71 n°7 : 741-749.
- Rivoal R., 1978**. Biologie d'*Heterodera avenae* Woll., en France. Différences dans les cycles d'éclosion et de développement des deux races Fr1 et Fr4. *Rev., Nématol.*, 1 :171-179.
- Rivoal R., 1983**. Biologie D'*Heterodera avenae* Wollenweber en France. III.Evolution des diapauses des races Fr1 et Fr4 au cours de plusieurs années consécutives ; influence de la température. *Revue de nématologie*, 6, 157-164.
- 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. *Revue de Nématologie*, 9: 405-410. <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:25493>
- Rivoal R., 1986**. Nuisibilité du nématode à kyste *Heterodera avenae* et perspectives de lutte. In : Les rotations céréalières intensives. Dix années d'études concentrées. Journ. Etudes, INRA., pp. 203-212.
- Robert. M., 1996**. Le sol: interface dans l'environnement, ressource pour le développement. Ed.Masson, Paris, 244p
- Rodriguez-Kabana R., Morgan-Jones G. & Gintis B. O., 1984**. Effects of chitin amendments to soil on *Heterodera glycines*, microbial populations, and colonization of cysts by fungi. *Nematropica*, 10-25. <https://journals.flvc.org/nematropica/article/view/63825>
- Rousselle P., Robert Y. et Crosnier J.C., 1996**- *La pomme de terre*. Ed. INRA et ITCF, Paris, 607p.
- Saidi D, Douaoui A. Le Bissonnaise Y, Walter C., 1999**, Sensibilité de la surface des sols des plaines de chélif à la dégradation structurale. *Etude et gestion des sols*, 6, 1, page 15 à 25. <https://www.researchgate.net/profile/Douaoui-Abdelkader/publication/267373735>
- Sayoud R. et benbelkacem K., 1996**. Situation des maladies des céréales en Algérie. Proceeding. Symposium régional sur les maladies des céréales et des légumineuses alimentaires. Actes IAV Rabat, Maroc. P. 69-70.
- Schneider J. et Mugniéry D., 1971**. *Les nématodes parasites de la pomme de terre*. Pp. 327-348 in Ritter M. (ed) *Les nématodes des cultures*-Journées d'études et d'information, Paris 3, 4, 5 novembre 1971. Ed. ACTA-FNGPC, Paris, 828 p.
- Scotto la Massese C., 1961**. Aperçu sur les problèmes posés par les nématodes phytoparasites en Algérie. In (Les Nématodes). *Journ .et Inf. C.N.R.A.Versailles*, 83-109.
- Seltzer, P., (1946)** .Le climat de l'Algérie. Carbonel, Alger, 219 p.
- Shannon M. C., 1992** - The effects of salinity on cellular and biochemical processes associated with salt tolerance in tropical plants. In: Proc. Plant Stress in Trop.EnvIRON. Davenport T. L. and Harrington H. M. (eds.), Kailu-Kona, HI, 20-25 Sept, Univ. FL, Homestead, 56-63. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2004.06.010>
- Sikora A. R., Bridge J. & Michel L., 2005**. *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture.*, CABI Publishing is a division of CABInternational., 2nd Edition.
- Slama F., 2004** - La salinité et la production végétale. Centre de Publication Universitaire, Tunis, 163 p.
- Solhenius B. & Sandor A., 1987**. Vertical distribution of nematodes in arable soil under grass (*Festuca*

- pratensis*) and barley (*Hordeum distichum*). *Biology and Fertility of Soils*, 3:19-25.
- Solhenius B., 1980.** Abundance, biomass and contribution to energy flow by soil nematodes in terrestrial ecosystems. *Oikos*, 34:186-194.
- Soltner D., 1979-** *Les grandes productions végétales*. Ed. CSTA, Paris, 10 éditions. 348p.
- Soltner D., 1999.** *Les grandes productions végétales*. 19<sup>ème</sup> édition, Ed. Collection sciences et techniques agricoles, France, 464 p.
- Sosa Moss C., 1966.** Contribution à l'étude d'un nématode phytoparasite *Heterodera avenae* Woll (Doctoral dissertation, Thèse fac. sci. Uni. Paris).
- Sougueh C., 2021.** La salinisation des sols, un défi majeur pour la sécurité alimentaire mondiale, Academic rigour, journalistic flair.
- Soussi M., LUCH C. and Ocana A., 1998** - Effects of salt stress on growth, photosynthesis and nitrogen fixation in chick-pea (*Cicer arietinum* L.). *J. Exp. Bot.*, **49**: 1329–1337. <https://doi.org/10.1093/jxb/49.325.1329>
- Spiegel Y.M., Burrows P.M. & Bar-Eyal M., 2003.** A Chemo Attractant in Onion Root Exudates Recognized by *Ditylenchus dipsaci* in Laboratory Bioassay. *Phytopathology*, 93: 127-132. <https://doi.org/10.1094/phyto.2003.93.1.127>
- Spire D. et Rousselle P., 1996.** La plante; Origine socio-historique. Pp. 25-48 in Rousselle P., Robert Y. et Crosnier J.C. (Eds.), *La pomme de terre : production, amélioration, ennemis et maladies, utilisation*. Ed. INRA et ITCF, Paris, 607 p.
- Stirling, G. R. & West, L. M., 1991.** Fungal parasites of root-knot nematode eggs from tropical and subtropical regions of Australia. *Australasian Plant Pathology*, 20(4), 149-154. <https://link.springer.com/article/10.1071/APP9910149>
- Stone A. R., 1972.** *Heterodera pallida* n. sp. (Nematoda: Heteroderidae), a second species of potato cyst nematode. *Nematologica*, 18 (4): 591-606.
- Stone A. R., 1973-** *Heterodera pallida* and *Heterodera rostochiensis*. *CIH Descriptions of Plant-parasitic Nematodes* No. 16 and 17. CAB International, Wallingford, UK.
- Subbotin S.A., Sturhan D., Rumporhust H.J. & Moens M., 2002.** Description of Australian cereal cyst nematode *Heterodera australis* sp. n. (Tylenchida: Heteroderidae). *Russian journal of nematology*, 10:139-148. [https://www.researchgate.net/publication/235684473\\_](https://www.researchgate.net/publication/235684473_)
- Swarup G. & Singh K., 1964.** Studies on the population of *Heterodera avenae* Woll. Causing Molya disease of wheat and barley in Rajasthan. *Indian Phytopath*, 17: 212-215.
- Talwana H. L., Butseye M. M. & Tusime G., 2008.** Occurrence of plant parasitic nematodes and factors that enhance population build-up in cereal-based cropping systems in Uganda. *Afr. Crop Sci. J*, 16:119-131. <https://doi.org/10.4314/acsj.v16i2.54352>
- Tao Liu, Peng Mao, Leilei Shi, Zuyan Wang, Xiaoli Wang, Xinxing H, Libin Tao, Zhanfeng Liu, Lixia Zhou, Yuanhu Shao, Shenglei Fu (2020).** Contrasting effects of nitrogen deposition and increased precipitation on soil nematode communities in a temperate forest. *Soil Biology and Biochemistry* 148 -107869. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2020.107869>
- Thorne G., 1961.** *Principles of nematology*, 533 pp. McGraw Hill, New York, Etats-Unis.
- TIMAC-AGRO., 2020.** Newsletter 3 pommes de terre.pdf.2p.
- Tirchi, N., Troccoli, A., Fanelli, E. et al. (2016).** Identification morphologique et moléculaire des isolats de nématodes à kystes de pommes de terre et de céréales d'Algérie et leurs relations phylogénétiques avec d'autres populations de régions géographiques éloignées. *Eur J Plant Pathol* 146, 861–880. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10658-016-0965-z>
- Toumi, F., Waeyenberge, L., Viaene, N., Dababat, A., Nicol, J. M., Ogonnaya, F., & MOENS, M., (2013B).** Development of two species-specific primer sets to detect the cereal cyst nematodes *Heterodera avenae* and *Heterodera filipjevi*. *European Journal of Plant Pathology*, 136(3), 613-624. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10658-013-0192-9>
- Trigiano R. N., Windham M.T. & Windham A.S., 2004.** *Plant pathology: Concepts and laboratory*

- exercises*. Ed. CRC press, Washington, 702 p.
- Tsoata E., 1995** – Effet de sel (NaCl) sur la germination de graines de légumineuses. *Cahiers agricultures*, **4**: 207-209.
- Turner S.J., 1996**. Population decline of potato cyst nematodes (*Globodera rostochiensis*, *Globodera pallida*) in field soils in Northern Ireland. *Annals of applied Biology*, 129 (2): 315-322.
- Turner, S.J.; Evans, K. (1998)**. The origin, global distribution and biology of potato cyst nematodes (*Globodera rostochiensis* Woll. And *Globodera pallida* Stone). In *Potato Cyst Nematodes: Biology, Distribution and Control*; Marks, R.J., Brodie, B.B., Eds.; CAB International: Wallingford, UK, 1998; pp. 7–26.
- Turner, S.J.; Subbotin, S.A. (2013)**. Cyst nematodes. In *Plant Nematology*, 2nd ed.; Perry, R.N., Moens, M., Eds.; CAB International: Wallingford, UK, pp. 109–143.
- U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954**. Diagnostic and improvement of saline and alkali soils. U.S.D.A Handbook, n°60, 160p.
- Walter Christian, McBratney Alex B., Douaoui Abdelkader Minasny Budiman. (2001)**. Prédiction spatiale de la salinité de la couche arable dans la vallée de Chelif, Algérie, en utilisant le krigeage ordinaire local avec des variogrammes locaux par rapport au variogramme de la zone entière. *Soil Research* **39** , 259-272. <http://dx.doi.org/10.1071/SR99114>
- Whitehead A.G., 1997**. *Plant Nematode Control*. CAB International, Wallingford. 400pp.
- Wicke B., Smeets E., Dornburg V., Vashev B., Gaiser T., Turkenburg W., Faaij A .2011.**, The global technical and economic.
- Wilson C., Liu X., Lesch S. M. and Suarez D. L., 2006** - Growth response of major USA cowpea cultivars: Effect of salinity on leaf gas exchange. *Plant Science*, **170**: 1095–1101. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2006.01.010>
- Wolfgong R., 1991**. *Maladies et ravageurs de la pomme de terre*. Ed. TH., MANN, France, pp. 131-134.
- Wollenweber H.W., 1924**. Zur Kenntnis der Kartoffel - Heteroderen. *Illustrierte Landwirtschaftliche Zeitung*, 44 : 100-10.
- Wu Q. T., 1989**. Biodisponibilité du cadmium dans les systèmes sol-plante. Thèse de doctorat, INPL. Nancy.
- Xueliang, T.; Xiaoman, Z.; Zhenchuan, M.; Bingyan, X.; 2020**. Variation and Dynamics of Soil Nematode Communities in Greenhouses with Different Continuous Cropping Periods. September 2020. *Horticultural Plant Journal*, 6 (5): 301–312. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2020.07.002>
- Yacono X., 1955**. Colonisation des plaines du Chélif (de Lavigerie au confluent de la Mina). Tome 1, Imprimerie Imbert, Alger.
- Yeo A. R., 1998** - Molecular biology of salt tolerance in the context of whole plant physiology. *J. Exp. Bot.*, **49**: 915-929. <https://doi.org/10.1093/jxb/49.323.915>
- Yepsen RB., 1984**. *Encyclopedia of natural insect & disease control*. Rodale press.
- Yu Q., Ye W., Sun F. and Miller S., 2010**. Characterization of *Globodera rostochiensis* (Tylenchida: Heteroderidae) associated with potato in Quebec, Canada, *Canadian Journal of Plant Pathology*, **32**: 264-271. DOI: [10.1080/07060661003740322](https://doi.org/10.1080/07060661003740322).
- Zid. E et Grignon. C., 1991**. Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress. Cas des stress salin et hydrique. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. Ed. Aupelf-Uref. John Libbey. Euro text, Paris, pp. 91p.

# **Annexes**

## Annexes

Annexe N°01 : Distribution horizontale de kystes de *Globodera spp* et caractéristiques de sol dans les parcelles de la pomme de terre échantillonnées.

Secteur	N°	Désignation	Cordonnées		Caractéristiques de sol						Nombre des kystes		
			X(m,E)	Y (m,N)	CE dS.m-1	pH	W(%)	CaCO3(%)	N tot(%)	MO (%)	Nbre Total	Kyste vide	Kyste plein
<b>Haut Chélif</b>	1	G-H-1	420 732,42	4 009 151,24	3,20	7,30	19,00	13,00	0,20	2,00	398,00	280,00	118,00
	2	G-H-2	414 894,99	4 015 579,77	2,90	7,60	20,00	14,00	0,19	1,70	380,00	306,00	74,00
	3	G-H-3	421 206,40	4 014 890,22	3,00	7,50	19,30	28,00	0,19	1,40	360,00	231,00	129,00
	4	G-H-4	428 819,38	4 012 455,56	3,20	7,80	20,04	13,00	0,18	1,60	199,00	103,00	96,00
	5	G-H-5	430 656,08	4 010 639,12	3,50	7,70	19,97	6,50	0,19	1,60	394,00	205,00	189,00
	6	G-H-6	430 109,70	4 010 548,35	3,40	7,80	19,33	5,00	0,18	1,80	268,00	97,00	171,00
	7	G-H-7	429 820,50	4 012 800,22	3,00	7,80	20,00	13,00	0,19	1,60	254,00	160,00	94,00
	8	G-H-8	421 632,08	4 009 680,77	3,20	7,80	19,30	19,00	0,18	1,40	198,00	152,00	46,00
	9	G-H-9	420 200,99	4 014 200,80	3,10	7,60	19,80	26,00	0,19	1,40	260,00	110,00	150,00
	10	G-H-10	421 300,42	4 016 120,99	3,40	7,70	20,05	19,00	0,20	1,60	204,00	160,00	44,00
<b>Bas Chélif</b>	11	G-B-1	293 817,49	3 975 320,87	11,75	7,80	19,97	24,00	0,16	1,10	241,00	0,00	241,00
	12	G-B-2	293 503,25	3 975 772,77	10,25	7,70	21,00	26,00	0,17	1,00	183,00	0,00	183,00
	13	G-B-3	293 744,85	3 977 360,56	7,50	7,60	20,03	22,00	0,17	1,20	269,00	269,00	10,00
	14	G-B-4	293 629,08	3 984 964,50	6,50	7,60	20,22	22,00	0,17	1,10	285,00	266,00	19,00
	15	G-B-5	294 273,11	3 984 902,53	18,60	7,60	18,97	26,00	0,16	1,10	41,00	41,00	0,00
	16	G-B-6	323 377,59	3 988 497,06	3,50	8,00	17,96	24,00	0,17	1,30	315,00	217,00	98,00
	17	G-B-7	308 161,04	3 990 363,53	6,40	8,10	20,00	25,00	0,16	1,10	216,00	203,00	13,00
	18	G-B-8	312 913,71	3 983 683,07	3,80	7,80	19,33	26,00	0,16	1,00	198,00	121,00	77,00
	19	G-B-9	282 412,43	3 963 932,04	9,00	8,20	18,99	27,00	0,17	1,00	65,00	65,00	0,00
	20	G-B-10	288 740,05	3 982 146,75	5,00	8,10	19,33	25,00	0,16	1,10	167,00	166,00	1,00

Secteur	N°	Désignation	Cordonnées		Caracteristiques de sol						Nombre des kystes		
			X(m,E)	Y (m,N)	CE dS.m-1	pH	W(%)	CaCO3(%)	N Tot(%)	MO (%)	Nbre Total	Kyste vide	Kyste plein
Moyen Chélif	7	G-M-1	407 756,00	4 014 590,00	2,30	7,90	20,10	25,00	0,19	2,00	336,00	251,00	85,00
	8	G-M-2	407 404,00	4 014 744,00	2,10	7,90	18,00	24,00	0,19	1,70	306,00	207,00	99,00
	9	G-M-3	407 339,00	4 015 907,00	1,90	7,60	18,30	13,00	0,19	2,00	360,00	218,00	142,00
	10	G-M-4	406 801,85	4 016 427,03	2,00	7,80	17,00	13,00	0,19	1,80	400,00	176,00	224,00
	11	G-M-5	405 799,00	4 014 988,23	2,30	7,80	19,00	12,00	0,19	1,40	364,00	189,00	175,00
	12	G-M-6	402 295,59	4 015 033,38	1,80	7,90	18,33	10,00	0,19	1,40	198,00	102,00	96,00
	13	G-M-7	405 982,41	4 017 922,10	1,20	7,70	18,50	25,00	0,19	1,20	369,00	296,00	73,00
	14	G-M-8	396 932,28	4 017 535,94	1,00	7,50	20,02	12,00	0,19	1,20	368,00	317,00	51,00
	15	G-M-9	394 414,45	4 017 922,09	1,10	7,30	19,02	9,00	0,19	1,00	245,00	168,00	77,00
	16	G-M-10	482 933,84	3 391 157,94	2,60	7,80	19,04	19,00	0,19	1,60	325,00	299,00	26,00
	17	G-M-11	386 707,89	4 012 951,08	3,80	7,50	19,00	8,00	0,19	1,40	269,00	101,00	168,00
	18	G-M-12	386 458,05	4 012 655,23	3,60	7,60	20,04	10,00	0,19	1,40	199,00	68,00	131,00
	19	G-M-13	386 162,98	4 012 037,04	3,80	7,80	20,13	9,00	0,19	0,80	291,00	104,00	187,00
	20	G-M-14	381 791,92	4 009 040,33	3,90	7,50	2,10	22,00	0,19	1,30	306,00	91,00	215,00
	21	G-M-15	378 402,51	4 012 404,76	4,00	8,00	3,00	28,00	0,19	0,90	169,00	56,00	113,00
	22	G-M-16	351 194,05	4 009 841,10	3,40	8,10	20,00	26,00	0,16	1,20	273,00	95,00	178,00
	23	G-M-17	343 327,00	4 010 752,59	3,20	8,00	19,40	27,00	0,17	1,80	259,00	139,00	120,00
	24	G-M-18	340 924,40	4 010 533,97	5,00	8,10	20,10	27,00	0,17	1,60	225,00	157,00	68,00

Annexe N°02 : Distribution horizontale de kystes de *Heterodera spp* et caractéristiques de sol dans les parcelles de blé échantillonnées.

Secteur	N°		Cordonnées		Caractéristiques de sol						Nombre des kystes		
			X (m,E)	Y (m,N)	CE ds,m-1	pH	W(%)	CaCO3(%)	N Tot(%)	MO %	Nmbre Tot	Kyste vide	Kyste plein
Haut Chélif	1	H-H-1	414 904,48	4 014 546,75	1,20	7,60	22,00	14,00	0,20	1,60	495,00	297,00	198,00
	2	H-H-2	416 264,56	4 014 234,26	1,30	7,50	25,00	13,00	0,19	1,80	464,00	265,00	199,00
	3	H-H-3	419 891,70	4 014 025,00	1,20	7,80	23,20	13,00	0,19	1,40	398,00	236,00	162,00
	4	H-H-4	420 067,00	4 006 852,00	1,80	7,30	19,87	25,00	0,19	2,00	296,00	207,00	89,00
	5	H-H-5	418 353,63	4 006 410,06	1,40	7,90	22,50	24,00	0,19	1,70	319,00	207,00	112,00
	6	H-H-6	419 782,22	4 007 974,03	2,00	7,80	25,30	12,00	0,19	2,00	0,00	0,00	0,00
	7	H-H-7	422 716,00	4 013 734,00	1,40	7,70	24,10	27,00	0,19	1,60	423,00	226,00	197,00
	8	H-H-8	425 609,75	4 013 264,80	1,20	7,90	19,90	6,50	0,19	1,70	436,00	321,00	115,00
	9	H-H-9	427 853,98	4 012 957,97	1,10	7,80	22,00	5,00	0,18	2,00	501,00	298,00	203,00
	10	H-H-10	432 702,36	4 010 294,78	1,70	7,80	19,00	13,00	0,19	1,40	371,00	218,00	153,00
	11	H-H-11	432 010,00	4 007 301,00	1,90	7,60	24,00	12,00	0,19	1,30	340,00	236,00	104,00
Moyen Chélif	12	H-M-1	402 620,07	4 012 531,61	1,40	7,30	23,00	25,00	0,19	0,90	402,00	321,00	81,00
	13	H-M-2	408 539,29	4 014 898,04	1,80	7,50	25,30	10,00	0,19	1,20	396,00	171,00	225,00
	14	H-M-3	405 873,81	4 018 707,33	1,00	7,80	20,02	9,00	0,19	1,40	264,00	180,00	84,00
	15	H-M-4	403 490,69	4 018 034,30	1,80	7,60	20,40	8,00	0,19	1,10	321,00	171,00	150,00
	16	H-M-5	399 575,29	4 015 973,20	2,00	7,80	22,00	10,00	0,19	1,00	15,00	13,00	2,00
	17	H-M-6	393 347,39	4 010 456,17	1,70	7,50	24,30	19,00	0,19	2,00	398,00	141,00	257,00
	18	H-M-7	389 266,43	4 011 062,73	1,50	8,00	20,04	22,00	0,19	1,60	264,00	163,00	101,00
	19	H-M-8	383 844,39	4 015 722,57	1,40	8,00	20,13	9,00	0,19	0,80	198,00	101,00	97,00
	20	H-M-9	375 404,10	4 009 146,49	1,40	7,90	20,00	12,00	0,19	1,30	235,00	120,00	115,00
	21	H-M-10	341 458,24	4 007 267,57	1,60	7,70	20,70	28,00	0,19	1,40	0,00	0,00	0,00

Secteur	N°	DES	Cordonnées		Caractéristiques de sol						Nombre des kystes		
			X(m,E)	Y(m,N)	CE ds,m-1	pH	W(%)	CaCO3(%)	N tot(%)	MO (%)	Nmbre Tot	Kyste vide	Kyste plein
Bas Chélif	22	H-B-1	296 789,85	3 978 138,46	11,75	7,60	19,00	24,00	0,16	1,00	0,00	0,00	0,00
	23	H-B-2	297 005,24	3 976 942,76	9,90	7,60	18,40	26,00	0,17	1,20	4,00	0,00	4,00
	24	H-B-3	290 586,36	3 972 936,20	18,80	7,60	19,97	<b>22,00</b>	0,17	1,10	0,00	0,00	0,00
	25	H-B-4	281 110,18	3 960 850,82	8,00	8,00	20,00	22,00	0,16	1,20	25,00	25,00	0,00
	26	H-B-5	271 440,04	3 958 107,67	4,50	7,01	17,30	26,00	0,17	1,80	10,00	6,00	4,00
	27	H-B-6	272 665,03	3 957 673,77	6,00	8,10	18,97	27,00	0,17	1,60	8,00	7,00	1,00
	28	H-B-7	310 886,41	3 982 436,66	3,80	8,00	20,22	25,00	0,17	1,10	45,00	15,00	30,00
	29	H-B-8	309 289,49	3 981 369,75	4,00	7,80	17,20	26,00	0,16	1,30	38,00	32,00	6,00
	30	H-B-9	313 838,40	3 986 362,63	5,00	7,90	17,96	27,00	0,17	1,10	22,00	21,00	1,00
	31	H-B-10	298 779,79	3 975 107,41	4,60	8,10	20,50	24,00	0,16	1,10	50,00	58,00	64,00

**Annexe N°03 : Résultats nématologiques de Globodera ssp des parcelles de pomme de terre échantillonnées**

Secteur	N°	Désignation	Cordonnées		Résultats nématologique			
			X(m,E)	Y (m,N)	Total Kg./Sol	K vide Kg/sol	K plein Kg/sol	I2+œufs. g/Sol
<b>Haut Chélif</b>	1	G-H-1	420 732,42	4 009 151,24	159	112	47	3,348
	2	G-H-2	414 894,99	4 015 579,77	152	122	30	0,404
	3	G-H-3	421 206,40	4 014 890,22	144	92	52	2,854
	4	G-H-4	428 819,38	4 012 455,56	80	41	38	2,822
	5	G-H-5	430 656,08	4 010 639,12	158	82	76	1,21
	6	G-H-6	430 109,70	4 010 548,35	107	39	68	2,104
	7	G-H-7	429 820,50	4 012 800,22	102	64	38	5,12
	8	G-H-8	421 632,08	4 009 680,77	79	61	18	2,42
	9	G-H-9	420 200,99	4 014 200,80	104	44	60	6,24
	10	G-H-10	421 300,42	4 016 120,99	82	64	18	2,984
<b>Moyen Chélif</b>	7	G-M-1	407 756,00	4 014 590,00	134	100	34	1,834
	8	G-M-2	407 404,00	4 014 744,00	122	83	40	3,502
	9	G-M-3	407 339,00	4 015 907,00	144	87	57	5,62
	10	G-M-4	406 801,85	4 016 427,03	160	70	90	8,95
	11	G-M-5	405 799,00	4 014 988,23	146	76	70	6,432
	12	G-M-6	402 295,59	4 015 033,38	79	41	38	6,924
	13	G-M-7	405 982,41	4 017 922,10	148	118	29	3,572
	14	G-M-8	396 932,28	4 017 535,94	147	127	20	3,824
	15	G-M-9	394 414,45	4 017 922,09	98	67	31	5,628
	16	G-M-10	482 933,84	3 391 157,94	130	120	10	0,84
	17	G-M-11	386 707,89	4 012 951,08	108	40	67	10,62
	18	G-M-12	386 458,05	4 012 655,23	80	27	52	9,42
	19	G-M-13	386 162,98	4 012 037,04	116	42	75	1,284
	20	G-M-14	381 791,92	4 009 040,33	122	36	86	1,35
21	G-M-15	378 402,51	4 012 404,76	68	22	45	6,43	
22	G-M-16	351 194,05	4 009 841,10	109	38	71	9,24	
23	G-M-17	343 327,00	4 010 752,59	104	56	48	8,72	
24	G-M-18	340 924,40	4 010 533,97	90	63	27	0,464	
<b>Bas Chélif</b>	25	G-B-1	293 817,49	3 975 320,87	96	0	96	0
	26	G-B-2	293 503,25	3 975 772,77	73	0	73	0
	27	G-B-3	293 744,85	3 977 360,56	108	108	4	0,14
	28	G-B-4	293 629,08	3 984 964,50	114	106	8	0,398
	29	G-B-5	294 273,11	3 984 902,53	16	16	0	0
	30	G-B-6	323 377,59	3 988 497,06	126	87	39	8,46
	31	G-B-7	308 161,04	3 990 363,53	86	81	5	0,13
	32	G-B-8	312 913,71	3 983 683,07	79	48	31	4,94
	33	G-B-9	282 412,43	3 963 932,04	26	26	0	0
	34	G-B-10	288 740,05	3 982 146,75	67	66	0	0,404

**Annexe N°04 : Résultats nématologiques d' *Heterodera* ssp des parcelles de blé échantillonnées.**

Secteur	N°	DES	Cordonnées		Résultats nématologique			
			X(m,E)	Y(m,N)	Total Kg/Sol	K Vide Kg/sol	K Pléin Kg/sol	I2+œufs g/sol
<b>Haut Chélif</b>	1	H-H-1	414 904,48	4 014 546,75	198	119	79	12,60
	2	H-H-2	416 264,56	4 014 234,26	186	106	80	14,93
	3	H-H-3	419 891,70	4 014 025,00	159	94	65	8,20
	4	H-H-4	420 067,00	4 006 852,00	118	83	36	4,76
	5	H-H-5	418 353,63	4 006 410,06	128	83	45	7,82
	6	H-H-6	419 782,22	4 007 974,03	0	0	0	0,00
	7	H-H-7	422 716,00	4 013 734,00	169	90	79	14,10
	8	H-H-8	425 609,75	4 013 264,80	174	128	46	7,82
	9	H-H-9	427 853,98	4 012 957,97	200	119	81	6,86
	10	H-H-10	432 702,36	4 010 294,78	148	87	61	3,24
	11	H-H-11	432 010,00	4 007 301,00	136	94	42	10,41
<b>Moyen Chélif</b>	12	H-M-1	402 620,07	4 012 531,61	161	128	32	1,85
	13	H-M-2	408 539,29	4 014 898,04	158	68	90	8,60
	14	H-M-3	405 873,81	4 018 707,33	106	72	34	5,03
	15	H-M-4	403 490,69	4 018 034,30	128	68	60	6,62
	16	H-M-5	399 575,29	4 015 973,20	6	5	1	0,14
	17	H-M-6	393 347,39	4 010 456,17	159	56	103	14,62
	18	H-M-7	389 266,43	4 011 062,73	106	65	40	6,43
	19	H-M-8	383 844,39	4 015 722,57	79	40	39	3,93
	20	H-M-9	375 404,10	4 009 146,49	94	48	46	6,63
	21	H-M-10	341 458,24	4 007 267,57	0	0	0	0,00
<b>Bas Chélif</b>	22	H-B-1	296 789,85	3 978 138,46	0	0	0	0,00
	23	H-B-2	297 005,24	3 976 942,76	2	0	2	0,11
	24	H-B-3	290 586,36	3 972 936,20	0	0	0	0,00
	25	H-B-4	281 110,18	3 960 850,82	10	10	0	0,00
	26	H-B-5	271 440,04	3 958 107,67	4	2	2	0,43
	27	H-B-6	272 665,03	3 957 673,77	3	3	0	0,11
	28	H-B-7	310 886,41	3 982 436,66	18	6	12	4,09
	29	H-B-8	309 289,49	3 981 369,75	15	13	2	0,30
	30	H-B-9	313 838,40	3 986 362,63	9	8	0	0,20
	31	H-B-10	298 779,79	3 975 107,41	20	23	26	0,33

**AnnexeN°05** : Corrélation entre les paramètres de sol et le nombre des kystes *Globodera ssp.*

		CE	pH	W	CaCO3	N.Tot	M.O	K.Total	K. plein	K vide
CE	Corrélation de Pearson	1	,084	,088	,401*	-,636**	-,406*	-,594**	-,671**	-,153
	Sig. (bilatérale)		,638	,621	,019	,000	,017	,000	,000	,388
	N	34	34	34	34	34	34	34	34	34
pH	Corrélation de Pearson	,084	1	,019	,468**	-,515**	-,120	-,353*	-,266	-,269
	Sig. (bilatérale)	,638		,916	,005	,002	,499	,041	,129	,124
	N	34	34	34	34	34	34	34	34	34
W	Corrélation de Pearson	,088	,019	1	-,174	-,248	,142	,096	,088	,053
	Sig. (bilatérale)	,621	,916		,326	,158	,423	,588	,621	,767
	N	34	34	34	34	34	34	34	34	34
CaCO3	Corrélation de Pearson	,401*	,468**	-,174	1	-,582**	-,290	-,247	-,213	-,152
	Sig. (bilatérale)	,019	,005	,326		,000	,096	,159	,227	,390
	N	34	34	34	34	34	34	34	34	34
N.Tot	Corrélation de Pearson	-,636**	-,515**	-,248	-,582**	1	,441**	,595**	,637**	,199
	Sig. (bilatérale)	,000	,002	,158	,000		,009	,000	,000	,258
	N	34	34	34	34	34	34	34	34	34
M.O	Corrélation de Pearson	-,406*	-,120	,142	-,290	,441**	1	,571**	,482**	,366*
	Sig. (bilatérale)	,017	,499	,423	,096	,009		,000	,004	,033
	N	34	34	34	34	34	34	34	34	34
K.Tot	Corrélation de Pearson	-,594**	-,353*	,096	-,247	,595**	,571**	1	,828**	,661**
	Sig. (bilatérale)	,000	,041	,588	,159	,000	,000		,000	,000
	N	34	34	34	34	34	34	34	34	34
K.Pléin	Corrélation de Pearson	-,671**	-,266	,088	-,213	,637**	,482**	,828**	1	,127
	Sig. (bilatérale)	,000	,129	,621	,227	,000	,004	,000		,473
	N	34	34	34	34	34	34	34	34	34
K. Vide	Corrélation de Pearson	-,153	-,269	,053	-,152	,199	,366*	,661**	,127	1
	Sig. (bilatérale)	,388	,124	,767	,390	,258	,033	,000	,473	
	N	34	34	34	34	34	34	34	34	34

\*. La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

\*\* . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

**AnnexeN°06** : Corrélations entre les paramètres de sol et le nombre des kystes *Heterodera ssp.*

		CE	pH	W	CaCO3	N Tot	M.O	K.Total	K.Vide	K.Pléin
CE	Corrélation de Pearson	1	-,033	-,403*	,408*	-,706**	,114	-,752**	-,672**	-,683**
	Sig. (bilatérale)		,861	,025	,023	,000	,542	,000	,000	,000
	N	31	31	31	31	31	31	31	31	31
pH	Corrélation de Pearson	-,033	1	-,148	-,092	-,170	-,219	-,152	-,090	-,176
	Sig. (bilatérale)	,861		,427	,623	,361	,238	,415	,629	,343
	N	31	31	31	31	31	31	31	31	31
W	Corrélation de Pearson	-,403*	-,148	1	-,375*	,601**	-,336	,710**	,527**	,737**
	Sig. (bilatérale)	,025	,427		,037	,000	,065	,000	,002	,000
	N	31	31	31	31	31	31	31	31	31
CACO3	Corrélation de Pearson	,408*	-,092	-,375*	1	-,584**	,288	-,580**	-,538**	-,511**
	Sig. (bilatérale)	,023	,623	,037		,001	,116	,001	,002	,003
	N	31	31	31	31	31	31	31	31	31
N	Corrélation de Pearson	-,706**	-,170	,601**	-,584**	1	-,275	,872**	,743**	,824**
	Sig. (bilatérale)	,000	,361	,000	,001		,135	,000	,000	,000
	N	31	31	31	31	31	31	31	31	31
M.O	Corrélation de Pearson	,114	-,219	-,336	,288	-,275	1	-,308	-,242	-,308
	Sig. (bilatérale)	,542	,238	,065	,116	,135		,092	,189	,092
	N	31	31	31	31	31	31	31	31	31
K.Total	Corrélation de Pearson	-,752**	-,152	,710**	-,580**	,872**	-,308	1	,884**	,917**
	Sig. (bilatérale)	,000	,415	,000	,001	,000	,092		,000	,000
	N	31	31	31	31	31	31	31	31	31
K.Vide	Corrélation de Pearson	-,672**	-,090	,527**	-,538**	,743**	-,242	,884**	1	,624**
	Sig. (bilatérale)	,000	,629	,002	,002	,000	,189	,000		,000
	N	31	31	31	31	31	31	31	31	31
K.Pléin	Corrélation de Pearson	-,683**	-,176	,737**	-,511**	,824**	-,308	,917**	,624**	1
	Sig. (bilatérale)	,000	,343	,000	,003	,000	,092	,000	,000	
	N	31	31	31	31	31	31	31	31	31

**Annexe N°07 : Resultats d'analyse en composantes principales de *Globodera* et les paramètres de sol.**

**Variance totale expliquée**

Composante	Valeurs propres initiales			Extraction Sommes des carrés des facteurs retenus		
	Total	% de la variance	% cumulés	Total	% de la variance	% cumulés
1	5,102	56,693	56,693	5,102	56,693	56,693
2	1,255	13,949	70,642	1,255	13,949	70,642
3	,879	9,765	80,408			
4	,600	6,671	87,079			
5	,472	5,243	92,322			
6	,350	3,887	96,210			
7	,195	2,164	98,374			
8	,146	1,626	100,000			
9	-2,590E-16	-2,878E-15	100,000			

Méthode d'extraction : Analyse en composantes principales.

**Qualité de représentation**

	Initial	Extraction
CE	1,000	0,604
pH	1,000	0,748
W	1,000	0,562
CaCO3	1,000	0,519
N	1,000	0,841
M.O	1,000	0,556
Nbre.K.Tot	1,000	0,964
Nbre.K.V	1,000	0,724
Nbre.K.P	1,000	0,840

Méthode d'extraction : Analyse en composantes principales.

**Matrice des composantes<sup>a</sup>**

	Composante	
	1	2
CE	-,776	-,032
pH	-,118	-,857
W	,748	,047
CaCO3	-,663	,283
N	,913	,089
M.O	-,376	,644
Nbre.K.Tot	,979	,074
Nbre.K.V	,850	,031
Nbre.K.P	,911	,098

Méthode d'extraction : Analyse en composantes principales.  
a. 2 composantes extraites.

**Annexe N°08 : Resultats d'analyse en composantes principales de *Globodera* et les paramètres de sol.**

**Variance totale expliquée**

Composante	Valeurs propres initiales			Extraction Sommes des carrés des facteurs retenus		
	Total	% de la variance	% cumulés	Total	% de la variance	% cumulés
1	3,970	49,625	49,625	3,970	49,625	49,625
2	1,232	15,405	65,030	1,232	15,405	65,030
3	1,128	14,102	79,132			
4	,700	8,746	87,878			
5	,521	6,519	94,397			
6	,251	3,132	97,528			
7	,198	2,472	100,000			
8	5,651E-16	7,064E-15	100,000			

Méthode d'extraction : Analyse en composantes principales.

**Qualité de représentation**

	Initial	Extraction
CE	1,000	,581
pH	1,000	,660
CaCO3	1,000	,724
M.O	1,000	,533
N.TOT	1,000	,792
Nbre.K.T	1,000	,896
Nbre.K.P	1,000	,723
Nbre.K.V	1,000	,294

Méthode d'extraction : Analyse en composantes principales.

**Matrice des coefficients des coordonnées des composantes**

	Composante	
	1	2
CE	-,188	-,118
pH	-,127	,516
CaCO3	-,143	,515
M.O	,168	,245
N.TOT	,212	-,233
Nbre.K.T	,224	,266
Nbre.K.P	,205	,204
Nbre.K.V	,122	,198

Méthode d'extraction : Analyse en composantes principales.  
Scores composante.

**Annexe N°09 : Fiche d'enquête sur les nématodes à kystes *Globodera* de la culture de pomme de terre /Heterodera des céréales.**

N° de la fiche :.....

Date de sortie:.....

Localisation :

Wilaya..... Secteur :  Haut Chélif  Moyen Chélif  Bas Chélif

**Type d'exploitation :**

**Statut:**  EAC  EAI  Privé

Niveau de technicité de Gérant :

Agriculteur qualifié  Technicien  Ingénieur Agronome  Pas de formation

**Destination :**

Consommation  Semence

Superficie totale d'exploitation.....ha

Superficie totale pomme de terre.....ha

Superficie totale pomme de Blé.....ha

**Caractéristiques du site et mode de conduite de la culture :**

Culture en place.....Variété.....

Précédant cultura 1 (n°1) .....Variété.....

Précédant cultural (n°2) .....Variété.....

Précédant cultural (n°3) .....Variété.....

**Texture du sol :**.....

**Mécanisation :**

Oui  Non

**Type d'irrigation :**  Absence d'irrigation rigole  Aspersion  Goutte à goutte

**Pratique de la jachère :**  Oui  Non

**Type de jachère :**  Travaillée  Non travaillée

**Type de labour :**  Profond  Labour d'été

**Type de charrue :**  A disc  A soc

**Connaissance des nématodes à kvstes *Globodera* :**

**Connaissez-vous les Nématodes *Globodera* ?**  Oui  Non

Depuis quand?.....

Comment vous les appelez?

En Français..... En arabe..... Dialecte local (*Derdja*).....

**Quelle est leur forme ?**

**Quelle est leur couleur ?**

**Quels sont les symptômes de ces nématodes *Globodera*?**

Sur feuilles..... Sur racines.....

**Connaissance des nématodes à kvstes *Heterodera* :**

**Connaissez-vous les Nématodes *Heterodera* ?**  Oui  Non

Depuis quand?.....

Comment vous les appelez?

En Français..... En arabe..... Dialecte local (*Derdja*).....

**Quelle est leur forme ?**

**Quelle est leur couleur ?**

**Quels sont les symptômes de ces nématodes *Heterodera*?**

Sur feuilles..... Sur racines.....

**Avez-vous réalisé une analyse nématologique ?**  Oui  Non

Qui a fait l'analyse?.....Quant ?.....

Résultat de l'analyse :  Positif  Négatif

**Méthodes de luttés utilisées contre les nématodes :**

**Lute préventive :**

Rotation cultural  Monoculture  Polyculture  JachèreJabour d'été

**Désinfection du sol :**    Avant culture     En cours de culture     Autre

**Nématicide utilisé**.....Dose.....Nom commercial.....

Mode d'application .....

**Biofumigation**             Oui             non

**Plante nématocide :**     Oui             non

**Annexe N°10** : Liste des variétés de pomme de terre autorisées à la production et à la commercialisation en Algérie en 2019 (CNCC, 2019).

1-Accent	40-Banba	79-Diamant	118-Labadia	157-Quincy
2-Adora	41-Baraka	80-Dido	119-Labela	158-Raja
3-Agila	42-Barcelona	81-Ditta	120-Lady olympia	159-Red Cara
4-Agria	43-Barna	82-Dounia	121-Lady rosetta	160-Red lady
5-Aida	44-Bartina	83-Dura	122-Latona	161-Red Pontiac
6-Ailsa	45-Bellarosa	84-El Djazair	123-Laura	162-Remarka
7-Ajax	46-Bellini	85-El hogar	124-Liseta	163-Resy
8-Ajiba	47-Banba	86-El khadra	125-Loane	164-Rodeo
9-Akira	48-Baraka	87-El mundo	126-Lola	165-Ronaldo
10-Alaska	49-Barcelona	88-El Oued	127-Lusa	166-Rosara
11-Alko	50-Barna	89-El Sahra	128-Mandeo	167-Royal
12-Allegro	51-Bartina	90-Elodie	129-Manitou	168-Rubis
13-Almera	52-Bellarosa	91-Elvira	130-Maradona	169-Rudolph
14-Amal El Djazair	53-Bellini	92-Escort	131-Margarita	170-Rumba
15-Ambo	54-Belmonda	93-Estima	132-Matador	171-Sahel
15-Amorosa	55-Bernadette	94-Everest	133-Memphis	172-Safrane
17-Anna	56-Blondine	95-Evolution	134-Milva	173-Sagitta
18-Apolline	57-Burren	96-Ewelina	135-Mirakel	174-Samanta
19-Apollo	58-Canberra	97-Fabula	136-Monalisa	175-Santana
20-Aranka	59-Cantate	98-Faluka	137-Mondial	176-Sarpomira
21-Argos	60-Cardinal	99-Famosa	138-Mozart	177-Satina
22-Ariane	61-Carlita	100-Florice	139-Naga	178-Saviola
23-Arinda	62-Carmine	101-Folva	140-Navan	179-Sebain
24-Arizona	63-Caruso	102-Frisia	141-Nicola	180-Secura
25-Armada	64-Ceasar	103-Granola	142-Novita	181-Senna
26-Arnova	65-Chieftain	104-Hanna	143-O'sirene	182-Sifra
27-ASSIREM	66-Claret	105-Hermine	144-Obelix	183-Simply red
28-Asterix	67-Cleopatra	106-Idole	145-Oceania	184-Slaney
29-Atica	68-Challenger	107-Ilona	146-Oleva	185-Spunta
30-Atlas	69-Cimega	108-Isna	147-Oméga	186-Stemster
31-Balanse	70-Concurrent	109-Jaerla	148-Omnia	187-Superstar
32-Ballade	71-Coralie	110-Jelly	149-Orchestra	188-Sylvana
33-Banba	72-Cornado	111-Kahina	150-Oscar	189-Symfonia
34-Baraka	73-Cosmos	112-Kastelli	151-Ostara	190-Synergy