



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

N° série:

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي

Université Echahid Hamma Lakhdar –El- OUED

كلية علوم الطبيعة والحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم العلوم الفلاحية

Département de sciences Agronomiques

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Sciences
Agronomiques

Spécialité : Production végétale

THEME

**Importance et distribution des nématodes à kystes (Globodera)
sur la culture de la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.)
dans la wilaya d'El Oued (région de Souf)**

Soutenue le : 20/06/2019

Présenté par :

Loucif Mohcen

Namoussa Mohammed

Soutenue devant le jury :

Président :	Zaater Abdel Malek	M.A.A	Université d'El Oued.
Promoteur :	Zouiouche F Zahra	M.A.A	Université d'El Oued
Examineur :	Saraoui Tahar	M.A.A	Université d'El Oued.

Remerciements

Avant tout, nous remercions dieu le tout puissant de nous avoir accordé la santé, le courage et les moyens pour suivre nos études et la volonté pour la réalisation de ce travail.

Nous tenons à remercier :

*Monsieur **Zaater A Malek**, Maître assistant A au Département d'Agronomie de Faculté SNV à l'Université de Hamma Lakhdar d'El Oued, de nous avoir fait l'honneur de présider le jury de notre mémoire. A vrai dire nous ne saurons assez vous exprimer nos reconnaissances et nos profondes gratitude.*

*A vous, Monsieur **Saraoui Tahar**, Maître assistant A au Département d'Agronomie de Faculté de SNV de l'Université d'El Oued, nous vous adressons nos sincères remerciements pour l'honneur que vous nous faites en acceptant de participer à notre jury et d'examiner ce modeste travail. Nous vous réitérons nos considérations et nos estime.*

*Mme **Zouiouèche Fatma Zahra**, Maitre assistante A au Département d'Agronomie de Faculté de SNV de l'université d'El Oued d'avoir proposé et dirigé ce travail, d'avoir usée de toute sa bonne volonté dont elle a fait preuve durant l'élaboration de cette étude.*

*Je tiens à remercier également tous les ingénieurs et les techniciens de la station régionale de la protection des végétaux de Biskra (SRPV) et en particulier Monsieur **Nadji Sliman** et Madame **El machi Houria** ingénieur en service de nématologie, ils ont mis à notre disposition tous les moyens matériels pour réaliser ce travail.*

*A toutes et à tous qui ont participé à la réalisation de ce modeste travail, spécialement Monsieur le subdivisionnaire **Mohammed Laid Messalem**, ainsi que tous les **agriculteurs**.*

*A la fin nous tenons à exprimer nos remerciements à tous nos collègues de la **2ème année master** :
Production végétale 2019.*

Loucif Mohcen

Et

Namoussa Mohammed

Dédicaces

*Je m'incline devant Dieu Tout Puissant qui m'a ouvert la porte
du savoir et m'a aidé à la franchir.*

Je dédie ce modeste travail :

*A ma chère et tendre mère, source d'affection de courage et
d'inspiration qui a autant sacrifié pour me voir atteindre ce jour.*

*A mon père source de respect, en témoignage de ma profonde
reconnaissance pour tout l'effort et le soutien incessant qu'il m'a
toujours apporté.*

*A ma très chère femme : pour son encouragement permanent, et son
soutien moral tout le long de mon parcours.*

A mes enfants : Hanine, Maria, Aness, Sirine.

Une spéciale dédicace à tous mes amis de l'enfance

A tous ceux qui je porte dans mon cœur.

Loucif Mehem

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien au long de mes études. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

À ma très chère femme : pour son encouragement permanent, et son soutien moral tout le long de mon parcours.

*À mes enfants : Zineb, Nour el Houda, El Mondher, Hamza
Khaled, Oussama.*

À mes frères et mes sœurs.

Ainsi qu'à mes amis, camarades d'études

*Enfin, que tous ceux qui ont participé de près ou de loin dans
l'élaboration de ce travail.*

Mohammed

Sommaire

Introduction :	1
-----------------------------	---

Partie I : Synthèses Bibliographiques

Chapitre I -Généralité sur les nématodes

I-Généralité sur les nématodes :	3
I.1-Les nématodes phytophages :	3
I.2- Les nématodes à kyste de la pomme de terre :	3
I.2.1- Historique et répartition :	3
I.2.2- Dans le monde :	4
I.2.3- En Algérie :	5
I.3- Position systématique :	5
I.4 - Description morphologique :	5
I.5 – Le cycle de développement :	6
I.6 - Formes de résistance des nématodes :	7
I.7- Facteurs influençant la densité des populations de nématodes :	8
I.7.1- Facteurs abiotiques :	8
I.7.2- Facteurs biotiques :	9
I.8-Méthodes de lutte contre les nématodes à kyste :	9

Chapitre II -Généralité sur la pomme de terre

II- Généralité sur la pomme de terre :	12
II.1– Origine de la pomme de terre :	12
II.2 – Importance économique :	12
II.2.1- Dans le monde :	12
II.2.2- En Algérie :	12
II.2.3- Dans la wilaya d’El-Oued :	13
II.2.3.1- Production :	13
II.3- Classification :	15
II.4- Morphologie de la plante :	15
II.4.1- Partie aérienne :	16

II.4.2- Partie Souterraine :	16
II.5 – Cycle végétatif :	17
II.6 – Exigences écologiques :	18
II.6.1- Climatiques :	18
II.6.2- Edaphiques :	18
II.7- Plantation :	19
II.8- Opérations d'entretien :	20
II.9 – Maladies :	21
II.9.1-Pathogènes fongiques :	21
II.9.2-Virus :	22
II.9.3-Bactéries pathogènes :	23
II.9.4-Ravageurs :	23

Partie II : partie expérimentale

Chapitre I -Matériel et méthodes

I- Matériel et méthodes :	25
I.1-Objectifs de l'étude :	25
I.2- Présentation de la région du Souf.....	25
I.2.1- Situation géographique :	25
I.2.2- Facteurs écologiques de la région de souf.	26
I.2.2.1- Facteurs abiotiques :	26
I.2.2.2- Synthèse des données climatiques :	28
I.2.2.2.1- Diagramme ombrothermique de Gaussen :	29
I.2.2.2.2- Climagramme pluviométrique d'Emberger :	29
I.2.2.3- Facteurs biotiques :	31
I.2.2.3.1- La flore :	31
I.2.2.3.2- La faune :	31
I.3- Choix et description des stations d'étude :	32
I.3.1-Choix des stations d'enquêtes :	32
I.3.2-Critères de choix des stations :	32
I.3.3- Stations d'étude :	33
I.3.4 -Questionnaire et déroulement de l'enquête :	33
I.3.5 - Composition et taille d'échantillon :	34
I.3.6 - Traitement et analyse des données :	35

I.4-Analyse nématologique :.....	35
I.4.1-Choix des sites :.....	36
I.4.2-L'échantillonnage :.....	38
I.4.3.- Extraction des kystes :.....	40
I.4.3.1-Principe d'extraction :	41
I.4.3.2 - Mode opératoire :	42
I.4.4. Prélèvement et comptage des kystes :.....	43
Chapitre II -Résultats et discussion	
II.1- Résultats des enquêtes auprès des agriculteurs :	46
II.1.1-Niveau de technicité du gérant :.....	46
II.1.2- La superficie occupée par la pomme de terre :.....	46
II.1.3- Type de culture :	47
II.1.4- Pratiques Culturelles et mode de conduite de la culture :	47
II.1.4.1- Variétés cultivées :	47
II.1.4.2- Irrigation :.....	48
II.1.4.3-Rotation et jachère :	48
II.1.5- Connaissance des Nématodes :	49
II.1.6- Analyses nématologiques dans les exploitations enquêtées.....	50
II.1.7- Parcelles touchées par les nématodes :.....	50
II.1.8- Désinfection du sol :.....	51
II.1.9- Origine de semence de la pomme de terre :	51
II.1.10- Désinfection du matériels agricoles :	52
II.1.11- Elimination des déchets :	52
II.2- Analyse nématologique des échantillons :	53
II.3- Discussion :	55
II.3.1- Résultats d'enquête :.....	55
II.3.2- Résultats d'analyse nématologique :	55
II.3.3- Vulgarisation agricole :	55
Conclusion	59
Références bibliographiques	
Annexes	

Liste des tableaux

Tableau 01 : Températures mensuelles moyennes, maxima et minima en 2018.	27
Tableau 02 : Précipitations en mm enregistrées à la région de Souf durant l'année 2018.....	28
Tableau 03 : Valeurs maxima de la vitesse des vents de chaque mois en 2018.....	28
Tableau 04 : Stations enquêtées dans le cadre de notre travail. Vulgarisation agricole.....	344
Tableau 05 : données recueillies sur les sites prospectées.....	36

Liste des figures

Figure 01 : Répartition géographique des Globodera dans le monde.....	04
Figure 02 : Structure d'un nématode femelle	06
Figure 03 : kystes de femelle (<i>G. pallida</i>).....	07
Figure 04 : Œuf et larve J1 (<i>G. pallida</i>) 100 x	07
Figure 05 : larves J2 (<i>G. pallida</i>) 250 x.....	07
Figure 06 : Cycle de développement des nématodes à kystes de pomme de terre.	07
Figure 07 : Evolution de la superficie réelle de pomme de terre dans la wilaya d'El Oued	14
Figure 08 : Evolution de la production de pomme de terre dans la wilaya d'El Oued.....	14
Figure 09 : Evolution du rendement de pomme terre dans la wilaya d'El Oued.....	15
Figure 10 : Caractéristiques morphologiques de la pomme de terre et cycle végétatif.....	17
Figure 11 : kystes de nématode doré (<i>G. rostochiensis</i>).....	24
Figure 12 : kystes de nématode à kyste pâle (<i>G. pallida</i>).	24
Figure 13 : Situation géographique de la région du Souf.	25
Figure 14 : Diagramme ombrothermique de " BAGNOULS et GAUSSEN" Souf (2018).	29
Figure 15 : Localisation de l'étage bioclimatique de Souf.....	30
Figure 16 : Situation des stations d'étude dans la région du Souf (Google Earth, 2019).....	32
Figure 17 : Symptômes observés sur terrain (originale, 2019).....	35
Figure 18 : Symptômes observés sur culture de saison en gout à gout, zone Hassi Khalifa.....	37
Figure 19 : parcelle en rotation cultivée par l'arachide, zone Trifaoui (originale, 2019).	37
Figure 20 : Symptômes observés sur culture de saison sous pivot, zone Reguiba.....	37
Figure 21 : Symptômes observés sur culture d'arrière-saison sous pivot, zone Ourmes	38
Figure 22 : Pivot en jachère, zone Taghzout (originale, 2019).	38
Figure 23 : Prélèvement de sous échantillons (original, 2019).	39
Figure 24 : Conditionnement des échantillons (original, 2019).	39
Figure 25 : Séchages d'échantillons (original, 2019).	40
Figure 26 : Sous échantillon de 200 g (original, 2019).	40
Figure 27 : Appareil de Fenwick (original, 2019).	42
Figure 28 : Procédé d'extraction des kystes (original, 2019).	43
Figure 29 : Récupération des kystes sur papier filtre (original, 2019).	43
Figure 30 : Loupe binoculaire pour l'examen et le tri des kystes (original, 2019).	44

Figure 31 : Kystes de Globodera pleins et vides mélangés avec la matière organique	44
Figure 32 : Larves J ₂ qui sortent de kyste de Globodera (original, 2019).	45
Figure 33 : Œufs et Larves J ₂ de Globodera sous microscope optique Gx100 (originale,2019)...45	
Figure 34: Niveau de technicité de gérant.....	46
Figure 35: Superficie occupée par la pomme de terre.....	46
Figure 36: Type de culture.....	47
Figure 37: Variétés cultivées	47
Figure 38: Type d'irrigation	48
Figure 39: Rotation culturale	48
Figure 40: Jachère.....	49
Figure 41: Connaissance des nématodes.	49
Figure 42: Analyse nématologique	50
Figure 43: Parcelles touchées par les nématodes.....	50
Figure 44: Désinfection du sol	51
Figure 45: Origine de la semence de la pomme de terre.....	51
Figure 46: Désinfection du matériels agricoles	52
Figure 47: Elimination des déchets	52
Figure 48 : Nombre de kystes trouvées (pleins, vides et totaux) dans chaque parcelle.	53
Figure 49 : Nombre moyen des kystes trouvées (pleins, vides et totaux)	54

Annexes

Annexe 01 : Fiche d'enquête sur les nématodes à kystes de la pomme de terre.

Annexe 02 : Paramètres étudiés par zones.

Annexe 03 : Résultats portant sur l'analyse nématologique.

Annexe 04 : Test de normalité (Shapiro-Wilk).

Annexe 05 : Test de normalité (kystes pleins).

Annexe 06 : Test de normalité (kystes vides).

Annexe 07 : Test de normalité (kystes totaux).

Annexe 08 : Test Anova kystes pleins.

Annexe 09 : Test Anova kystes vides.

Annexe 10 : Test Anova kystes totaux.

Liste des abréviations

G : *Globodera* .

ha : Hectare .

J₂ : Juvéniles de deuxième stade.

qx : Quintaux.

µm: Micromètre.

NKPT : Nématode à Kyste de la Pomme de Terre .

P : Parcelle.

PDT : Pomme de terre

pH : Potentiel d'ionisation.

N : Nord

E : Est

.

Introduction

Introduction :

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) est une plante vivrière tubéreuse originaire d'Amérique latine, qui présente un rôle primordial dans le système alimentaire mondial. C'est la principale denrée alimentaire non céréalière du monde ; Suite à sa grande consommation, elle est classée en quatrième position après le blé, le riz et le maïs qui constituent la base de l'alimentation humaine. En 2013, la production mondiale est estimée à 368.1 millions de tonnes, sur près de 19.4 millions d'hectares (FAOSTAT, 2015).

En Afrique, cette culture occupe un rang moins important qu'en Europe. En 2013 environ 30 millions de tonnes y ont été produites, ce qui représentait 7% de la production mondiale, mais plus de 50 % de la récolte était réalisée dans seulement 7 pays, Algérie, Égypte, Malawi, Afrique du Sud, Rwanda, Kenya et Maroc (par ordre décroissant de production) (FAOSTAT, 2013).

L'Algérie est arrivée à combler les besoins des citoyens et ouvrir la porte vers le marché extérieur. La production de pomme de terre à augmenter considérablement de 1207690 tonnes en 2000 à 4673516 tonnes en 2014, ce développement de la filière a entraîné un accroissement de son poids économique et social (FAOSTAT, 2015). Historiquement, au cours des trois décennies, la première place, en termes de surfaces cultivées et de volume produit, est passée de la wilaya de Mascara à la wilaya d'Aïn-Defla avant de revenir à la wilaya d'El-Oued. (TRIA et CHEHAT 2013).

Aujourd'hui la wilaya d'El Oued assure presque 26% de la production nationale. (DSA, 2019). La réussite de la culture de pomme de terre est due d'une part à sa meilleure adaptation aux régions (climat, sol, eau etc.), et d'autre part à l'extension de la superficie agricole utilisable (SAU) par la mise en place des nouvelles exploitations. Malgré cette situation très encourageante, cette culture est confrontée à plusieurs contraintes d'ordre phytosanitaires, dont les plus importants sont causés par les ravageurs.

Parmi ces derniers, on trouve les nématodes à kyste de la pomme de terre du genre *Globodera* qui sont représentés par deux espèces : *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida*. Ces parasites sont des vers endoparasites sédentaires dont la forme de conservation (les kystes) est capable de survivre dans le sol pendant de nombreuses années (jusqu'à 10 voire 20 ans, selon le climat) et constitue un mode efficace de dissémination, elles sont inscrites dans la

quasi-totalité des pays du monde sur la liste des organismes de quarantaines dont la lutte est obligatoire (INPV, 2009).

Compte tenu de l'importance économique considérable des dégâts provoqués par ce parasite et de manque d'informations sur celui-ci notamment dans la wilaya d'El Oued (région du souf). Nous avons jugé très utile de réaliser une enquête ayant pour objectif de résoudre notre problématique qui se résume sur les points suivants :

- ✓ L'importance économique de ces nématodes et leurs connaissances par les agriculteurs.
- ✓ L'effet des pratiques culturales et méthodes de lutte appliquées par les agriculteurs sur le développement de ces nématodes.
- ✓ L'état de quelques parcelles touchées par les nématodes à kystes de genre *Globodera*.
- ✓ Les mesures de contrôle prises par les services qualifié de cette wilaya (INPV et DSA).

Le présent manuscrit est organisé en deux parties. La première est une synthèse bibliographique comprend deux chapitres sur les nématodes à kystes et la pomme de terre (plante hôte). La seconde, est une partie expérimentale qui regroupe deux chapitres, l'un représente la région d'étude, la méthodologie d'enquête adoptée sur terrain et l'analyse nématologique au laboratoire. Quant à l'autre est destiné aux résultats obtenus et discussion. Enfin, une conclusion générale accompagnée de perspectives pour d'autres travaux ultérieurs.

Partie I

Synthèses bibliographiques

Chapitre I

- *Généralité sur les nématodes*

I-Généralité sur les nématodes :

I.1-Les nématodes phytophages :

Sont de petits vers microscopiques qui vivent aux dépens des plantes, ils peuvent être séparés en deux groupes, les nématodes des parties aériennes – ceux qui s'alimentent sur les parties aériennes des plantes – et les nématodes des parties racinaires – ceux qui s'alimentent sur les racines et tubercules souterrains. Ils peuvent également être regroupés selon leur comportement alimentaire et leur mobilité en trois groupes principaux :

- Endoparasites migrants : des nématodes mobiles qui s'alimentent à l'intérieur des tissus racinaires des plantes.
- Endoparasites sédentaires : des nématodes qui, arrivés sur un site nourricier, cessent d'être mobiles et s'alimentent sur ce site nourricier.
- Ectoparasites : des nématodes qui s'alimentent à la surface des tissus racinaires des plantes.

I.2- Les nématodes à kyste de la pomme de terre :

Les deux espèces de nématodes à kystes de la pomme de terre sont des parasites obligatoires de certains membres de la famille des solanacées, dont la pomme de terre (*Solanum* spp.) est l'hôte principal, suivie de la tomate (*Lycopersicon esculentum*) et de l'aubergine (*S. melongena*). Au total, 90 espèces du genre *Solanum* sont reconnues comme étant des hôtes de ces ravageurs. (ACIA, 2012). À l'échelle mondiale, ils sont les nématodes qui causent les plus importantes pertes économiques pour la culture de la pomme de terre (Turner, 1996). Par leur petite taille, ils peuvent être facilement transportés passivement par l'homme lors du déplacement de matériel végétal ou de machineries contaminées, ou encore par des phénomènes naturels tels que le vent ou le ruissellement (Turner et Evans, 1998). Ils possèdent également une capacité de survivre jusqu'à 30 ans dans le sol en absence de plantes hôtes (Turner, 1996). Selon le niveau d'infestation, les NKPT peuvent réduire les rendements de la pomme de terre jusqu'à 100 % (Brodie et Mai, 1989). En réponse aux pertes économiques qu'ils causent, les NKPT sont régis par des réglementations, afin de minimiser les risques de propagation.

I.2.1- Historique et répartition :

Originaire d'Amérique et particulièrement du Sud du Pérou, les nématodes à kyste du genre *Globodera* ont été nommés d'abord sous le nom *Heterodera schachtii* « race pomme de terre » c'est en 1923, que Wollenweber les a désignés sous le nom « d'*Heterodera rostochiensis* ». Groupés sous le nom du « nématode doré » de la pomme de terre, Stone et Parrot en 1972 ont séparé les deux espèces *H. rostochiensis* et *H. pallida* par la couleur des femelles (Fundam. appl. Nematol., 1996) ; plus tard, les deux espèces ont été assignées dans le genre *Globodera*

par Behrens en 1975. (Mulvey et Stone, 1976). Ce genre renferme une douzaine d'espèces dont trois sont inféodées aux solanées : *G. rostochiensis* (Wollenweber, 1923) ; *G. pallida* (Stone, 1972) et *G. tabacum* (Lownsberry et Lownsberry, 1954) (Ferraz et Brown, 2002).

Selon, Evans et Stone (1977), c'est à la fin du 18 ième siècle que ce bioagresseur a été introduit en Europe par les tubercules importés de pomme de terre d'Amérique du Sud qui représente le centre primaire de distribution de ce nématode (Evans et *al.*, 1975).

I.2.2- Dans le monde :

Au niveau international, le nématode doré est le plus fréquemment retrouvé (Evans et Stone, 1977) et est recensé dans plus de 75 pays (Yu et *al.*, 2010). Cependant, l'utilisation à grande échelle de cultivars résistants au nématode doré à certains endroits a mené à la prédominance du nématode à kyste pâle (Turner et *al.*, 2009 ; Minnis et *al.*, 2002).

Sa présence a été signalée en Europe en 1880, puis en Angleterre en 1917, en Irlande et Suède en 1922. En Amérique du Nord, ce nématode a été signalé en 1941 à New York. (Cannon, 1941) et depuis 1965 dans la péninsule de Saanich de l'île de Vancouver en Colombie-Britannique (Orchard, 1965). Récemment, *G. rostochiensis* a été signalé dans un champ de pommes de terre à Saint-Amable au Québec (Canada) (Yu et *al.*, 2010 ; Mahran et *al.*, 2010). (figure 01).

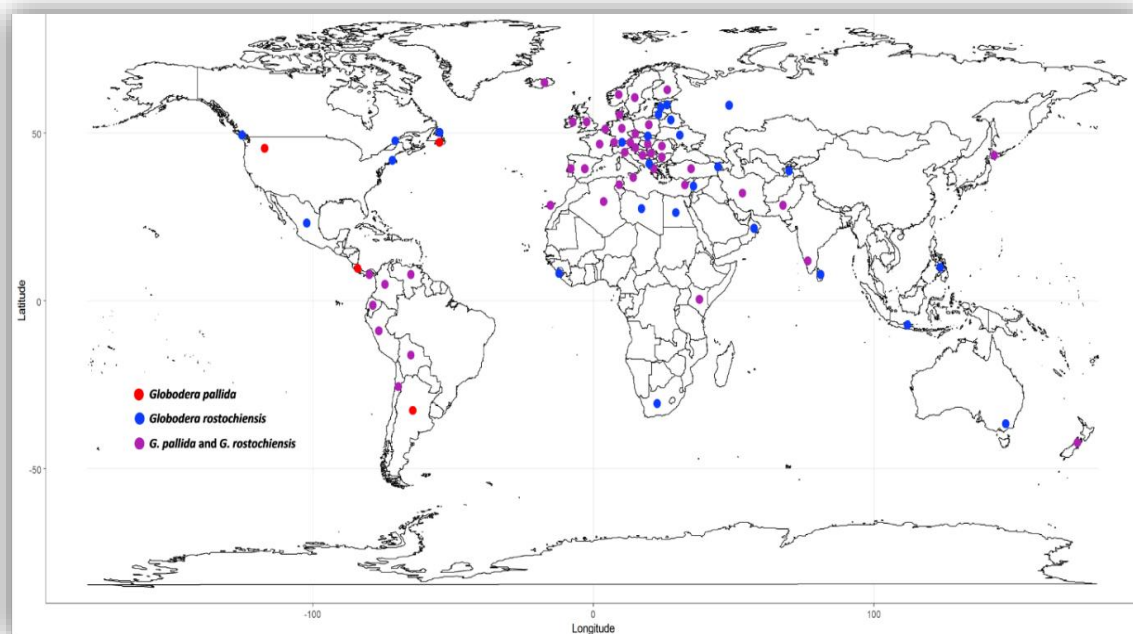


Figure 01 : Répartition géographique des Globodera dans le monde (CABO/EPPO 2018).

I.2.3- En Algérie :

Ce nématode a été découvert pour la première fois en 1953 suite à l'introduction des semences de pomme de terre d'origine britannique à la fin de la Deuxième Guerre mondiale. Une année après, il a été signalé dans le littoral algérois. En 1961, les surfaces contaminées se sont étendues très rapidement touchant 33 communes aux environs d'Alger. Après, il a été disséminé dans plusieurs wilayas du pays dont les plus importantes sont Ain Defla, Tipaza, Chlef, Mascara et Sétif (INPV, 2009 in Djebroune, 2013). Selon la direction des services agricoles d'El Oued, *Globodera ssp* a été signalée dans quelques parcelles de pomme de terre en 2010 (DSA, 2019).

I.3- Position systématique :

Les nématodes sont des organismes triploblastiques (trois feuillets embryonnaires) et possèdent une cavité interne (formée par l'endoderme) non complètement recouverte de mésoderme. Au sein des métazoaires, les nématodes avaient été placés en fonction de ce critère morphologique dans les pseudo-coelomates. Avec l'apparition des techniques de biologie moléculaire, des phylogénies ont pu être réalisées. Basée sur la séquence 18S de l'ARNr, les nématodes peuvent être regroupés avec les arthropodes pour former les Ecdysozoa (animaux capables de renouveler leur cuticule par des mues) (Aguinaldo et *al.* 1997 ; Adoutte et *al.* 1999).

❖ Classification :

Phyllum : Nematoda

Classe : Secernentea

Ordre : Tylenchida

Sous ordre : Tylenchina

Super famille : Tylenchoidea

Famille : Heteroderidae

Sous famille : Heteroderidae

Genre : Globodera (Skarbilovich, 1959)

I.4 - Description morphologique :

Les nématodes sont des organismes vermiformes à symétrie bilatérale recouverts d'une cuticule continue et souple mais très résistante. Ils sont ainsi contraints à croître de façon discontinue en passant par quatre mues larvaires avant d'atteindre la forme adulte. Même si leur taille est très variable (Blumenthal et *al.*, 2004), l'immense majorité des espèces ne dépasse pas 1 à 2 mm. Ils possèdent une musculature longitudinale qui entoure le tube digestif rectiligne, se terminant par la bouche et l'anus aux extrémités et les glandes génitales (figure 02). Les cellules

longitudinales musculaires sont connectées aux cordes nerveuses par des expansions (cellules neuromusculaires). Les nématodes possèdent des organes sensoriels, les amphides situées à l'extrémité antérieure et les phasmides à l'extrémité postérieure. Les nématodes n'ont ni système circulatoire, ni système respiratoire. Enfin ces organismes possèdent un hypoderme produisant deux cordes longitudinales hébergeant les cordes nerveuses.

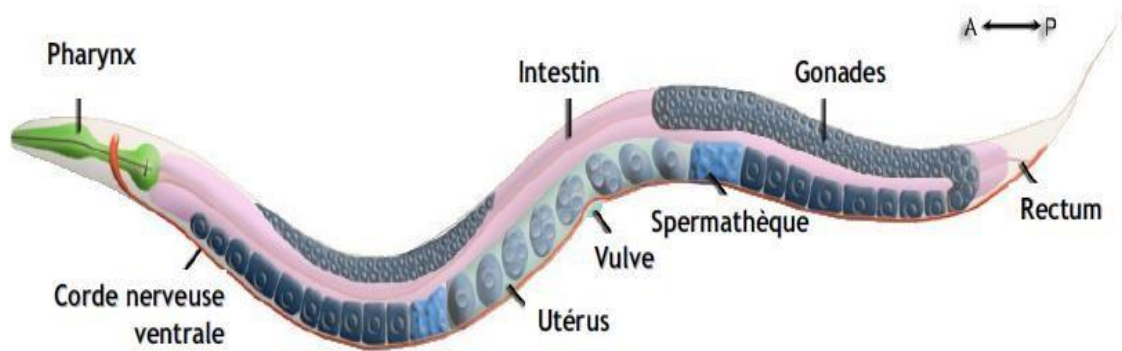


Figure 02 : Structure d'un nématode femelle (Altun et Hall in Blanchard, 2006)

I.5 – Le cycle de développement :

Les nématodes à kystes sont des endoparasites sédentaires, Ils passent par des stades juvéniles et un stade adulte. La première mue a lieu dans l'œuf (figure 04). Le cycle de développement des nématodes à kystes est illustré sur la (figure 06). Les juvéniles de deuxième stade (J_2) (figure 05) pénètrent par la zone d'élongation racinaire et progressent ensuite directement vers le cylindre central, détruisant les cellules corticales situées sur leur passage grâce à leur stylet et leurs sécrétions glandulaires. Arrivés à proximité de l'endoderme, ils testent, avec leur stylet, les cellules qui les entourent avant de choisir celle qui servira de point de départ à l'induction du site nourricier (Rice et *al.*, 1985).

Une sécrétion fluide, provenant des glandes œsophagiennes ou des amphides est projetée à l'intérieur de la cellule induisant d'importants changements cellulaires. La lyse des parois situées entre ces cellules entraînant la formation d'une cellule géante multinucléée, à cytoplasme dense, appelé syncytium. Les j_2 subiront deux mues successives, donnant des juvéniles J_3 puis J_4 , avant de se transformer lors d'une dernière mue en adultes sexués. Les mâles filiformes redeviennent mobiles. Les femelles restent en place et grossissent jusqu'à faire éclater l'épiderme de la racine. La copulation déclenche la ponte des ovocytes. La fécondation et l'embryogenèse ont lieu dans les oviductes de la femelle meurt. Sa cuticule, riche en tanins, durcit et se transforme en kyste protégeant ainsi 200 à 1200 œufs (figure 03). Une première mue a lieu dans l'œuf et les juvéniles j_2 en arrêt de développement (diapause) peuvent rester viables jusqu'à vingt ans dans l'enveloppe protectrice du kyste (Thiery, 1996). La diapause ne

sera levée que sous l'action du froid et des exsudats racinaires d'une autre culture de pomme de terre. On n'observe qu'une génération par an chez *G. pallida* et une à deux générations par an chez *G. rostochiensis*. (Mugniery, 1996).



Figure 03 : kystes de femelle (*G. pallida*)
(www.julius-kuehn.de,2019)



Figure 04 : Œuf et larve J_1 (*G. pallida*)
(idahopcن.wordpress.com,2019)



Figure 05 : larves J_2 (*G. pallida*) 250 x
(www.julius-kuehn.de,2019)

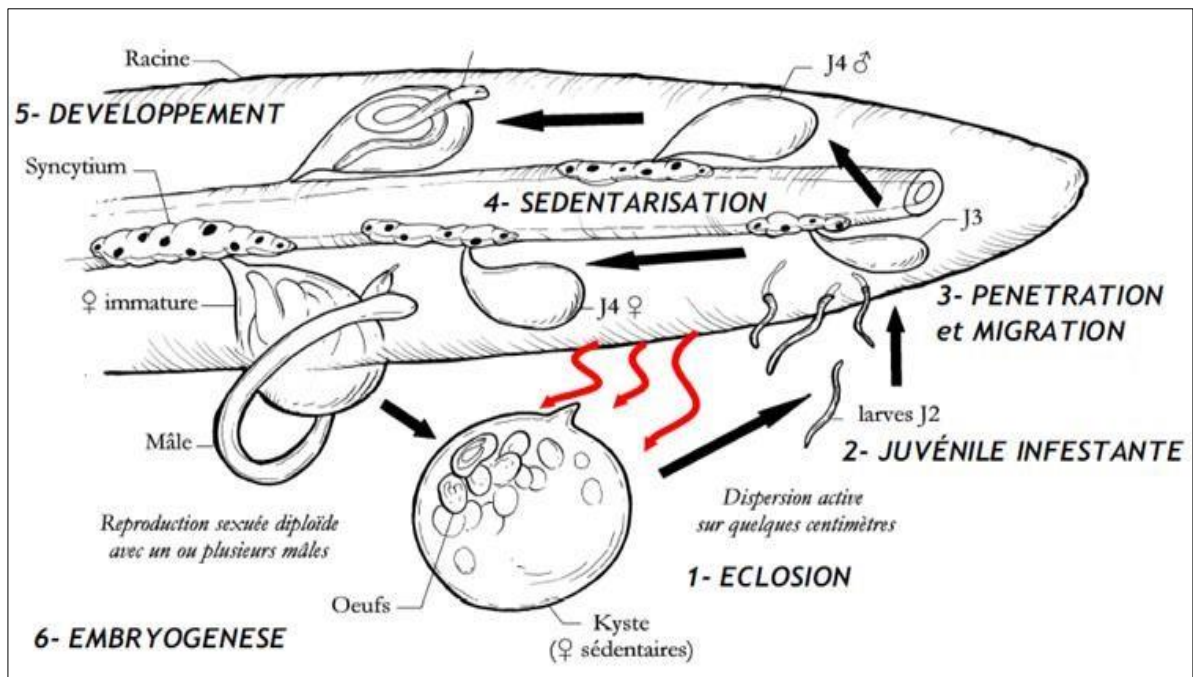


Figure 06 : Cycle de développement des nématodes à kystes de pomme de terre
(Chauvin et al., 2008).

I.6 - Formes de résistance des nématodes :

Les kystes constituent un organe de dispersion et de résistance extraordinaire. Présent dans la terre accompagnant les tubercules, il permet à ces espèces de coloniser des zones très éloignées de leur point d'origine, d'où leur répartition actuelle. Par ailleurs, le fait que les juvéniles situés dans les kystes n'éclosent massivement qu'en présence d'exsudats radiculaires de Solanacées leur permet d'attendre de nombreuses années sans diminution trop forte de leurs effectifs. Protégés par le kyste, ils sont très résistants à l'action de la température et de la

sécheresse. En zone tempérées, ils peuvent rester viables pendant 15-20 ans (Stones et *al.*, 1973). Par contre, en climat chaud, leur viabilité est plus réduite : trois mois d'été algérois diminuent les populations de 50%, une année dans le sud du Maroc élimine plus de 95% du potentiel infectieux du sol (Schluter, 1976).

I.7- Facteurs influençant la densité des populations de nématodes :

L'interaction entre le parasite et son hôte est un phénomène complexe, régi par de nombreux facteurs tenant au nématode et à la plante hôte mais aussi au climat et à la nature physique et chimique du sol (Schneider et Mugniery, 1971).

I.7.1- Facteurs abiotiques :

❖ Les facteurs climatiques :

Le climat joue un rôle important dans l'évolution de ces parasites.

-La température : Les larves ne peuvent éclore que si la température du sol dépasse 7°C et l'optimum pour leur sortie des kystes se situe entre 15 et 20°C. Pour la pomme de terre de primeur, il y a là un élément qui peut intervenir de façon décisive dans les relations entre parasites et l'hôte : si le printemps est assez froid, l'attaque est retardée et les plantes déjà bien installées lorsqu'elle se produit, résistent mieux au ravageur (Schneider et Mugniery, 1971).

-La pluviométrie : La pluviométrie a une influence très nette, mais moins directe, car elle est liée à la structure du sol, et s'exerce à la fois sur vigueur de la plante, et sur l'intensité des attaques des nématodes, par le biais de la quantité d'eau disponible dans le sol, C'est-à-dire de la capacité de rétention de celui-ci (Schneider et Mugniery, 1971).

-L'humidité : L'humidité est le principal facteur influençant la dynamique des populations des nématodes (Richard et Sawyer, 1972), car l'eau permet les déplacements et donc la dispersion. Un début de printemps humide est en principe favorable au nématode, surtout si la plante se trouve par la suite arrêtée dans son développement par une température rigoureuse (Ritter, 1971).

❖ Les facteurs édaphiques (sol) :

-La texture du sol : Les attaques sont plus sévères dans les sols légers et poreux qui paraissent favoriser le nématode. Or, après leur éclosion, les larves qui tendent à se diriger vers les racines, ne peuvent se mouvoir que dans un film d'eau, lequel est retenu par capillarité dans les pores du sol les plus petits, et sur le pourtour des pores les plus grands. Plus les pores de grandes tailles seront rares, ou aux contraires plus les pores de petite taille seront

nombreux, plus les larves auront des difficultés à cheminer vers les racines (Schneider et Mugniery, 1971).

-L'aération du sol : l'éclosion des larves et leur migration vers les racines sont d'autant plus rapides que la quantité d'oxygène disponible dans le sol est plus élevée (Schneider et Mugniery, 1971).

-La composition chimique du sol : Elle paraît avoir peu d'effet direct sur l'activité du nématode. Par contre, toute carence, quelle qu'elle soit, sera plus durement ressentie par les plantes, dont le système racinaire est réduit et déficient, alors qu'une bonne fumure bien équilibrée pourra masquer, pendant un certain temps, les conséquences des attaques. (Schneider et Mugniery, 1971).

I.7.2- Facteurs biotiques :

Les plantes hôtes sont peu nombreuses et appartiennent toutes à la famille des Solanacées. Outre la pomme de terre, la tomate peut également être attaquée, bien qu'à un degré moindre. Cette spécificité est essentiellement due aux exsudats radiculaires des Solanacées qui entraînent une éclosion massive et rapide des larves infectantes situées dans le kyste, éclosion forte avec *Globodera pallida* que chez *Globodera rostochiensis* (Rousselle et al., 1996).

I.8-Méthodes de lutte contre les nématodes à kyste :

En raison de leur extrême résistance, de leur grande variabilité physiologique et de leur vie souterraine, il est très difficile de combattre les Nématodes. Les pratiques culturales (utilisation de variétés résistantes, rotations, longues jachères, etc.) et les moyens physiques (solarisation, désinfection à la vapeur, inondation des sols infestés) ne peuvent être employés que dans des cas exceptionnels. La lutte chimique reste-t-elle, pour des raisons essentiellement d'ordre économique et de facilité de mise en œuvre, la méthode la plus employée. Elle consiste, soit à désinfecter les sols chaque année avant plantation avec des produits fumigants ou précurseurs de fumigants, dangereux pour l'homme et l'environnement, soit à traiter sur culture en place avec des produits systémiques (Cayrol., 1992).

a. Prophylaxie :

- Éviter la dissémination des pathogènes.
- Contrôle des végétaux aux frontières pour éviter l'introduction de nouvelles populations sur un territoire.
- Nettoyage des machines agricoles pour éviter les contaminations inter parcelles
- Rotations de culture pour éviter la multiplication du pathogène.

Cependant les capacités de survie des nématodes dans le sol sont supérieures à dix ans et rendent ces méthodes difficilement applicables. Il est admis qu'un minimum de sept ans est nécessaire entre deux cultures de pomme de terre (Mugniéry et Phillips, 2007).

b. Lutte culturale :

Il existe trois types de lutte culturale :

- Utiliser des variétés qui résistent le mieux aux attaques de nématodes.
- Abaisser le niveau de population au-dessous du seuil de nuisibilité par utilisation de plantes nématicides ou de plantes pièges (Scholte et *al.*, 2000).
- Modifier les pratiques culturales pour éviter la multiplication du nématode : récolte précoce des pommes de terre.

Ces méthodes ne sont pas forcément les plus adaptées ou les plus faciles à mettre en place.

c. Lutte physique :

- ✓ La solarisation du sol : Elle permet une réduction importante de la population en labourant les surfaces infectées plusieurs fois durant la saison chaude.
- ✓ La lutte par inondation des terres : La submersion par l'eau semble parfois possible pour lutter contre les nématodes (les nématodes meurent par asphyxie). (Djebroune ,2013)

d. Lutte chimique :

- ✓ Les fumigants qui ont des propriétés nématicides, mais aussi bactéricides.
- ✓ Les organo-phosphorés.
- ✓ Les carbamates qui sont aussi insecticides.

Ils sont très efficaces, induisant 80 à 90% de mortalité. Cependant, en Europe, leur utilisation est limitée ou interdite du fait de leur toxicité pour l'environnement et pour l'utilisateur.

e. Lutte biologique :

la lutte biologique est basée sur l'emploi des micro-organismes comme les champignons prédateurs telle que *Botryotrichum piluliferum*, *Scolecobasidium constrictum*, *Gliocladium roseum* et *Phoma fineti* qui parasitent les œufs (Trifonova et Karadjova, 2003 in Djebroune ,2013) ou *Pochonia chlamydosporia* et *Pochonia foshthiazate* qui affectent le taux de multiplication des nématodes (Tobin et *al.*, 2008 in Djebroune ,2013),et les bactéries telles que *Penicillium anotolicum*, réduisent fortement les populations de *Globodera rostochiensis* (Bélair, 2005 in Djebroune ,2013).

f. Lutte génétique :

Les plantes sont constamment confrontées aux attaques de pathogènes de toutes natures (virus, bactéries, champignons, insectes, nématodes). Pour se défendre, elles ont développé au cours de leur évolution un système de défense constitué par un large spectre de gènes de résistance. La difficulté est d'identifier ces ressources génétiques afin de les utiliser pour lutter contre les pathogènes. En nématologie, une plante est considérée comme résistante aux nématodes à kyste lorsqu'elle permet de réduire très fortement ou totalement le nombre de femelles formées par rapport à un témoin non résistant. Chez ces nématodes, deux modes de résistance ont été observés en fonction de leur délai d'action après une attaque par le parasite (Marché et *al.*, 2001). Les réactions les plus précoces sont souvent des réactions d'hypersensibilité pendant l'induction du site nourricier. Les juvéniles de second stade n'évoluent alors pas jusqu'au stade adulte. Un deuxième type de réaction rencontré chez les plantes provoque la masculinisation des nématodes adultes. C'est notamment le cas du gène *Hero a* qui initie tardivement la réponse à une infestation par le nématode, induisant une atrophie ou un développement anormal du site nourricier provoquant la formation de mâles.

Partie I

Synthèses bibliographiques

Chapitre II

- *Généralité sur la pomme de terre*

II- Généralité sur la pomme de terre :

II.1– Origine de la pomme de terre :

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) appartient à la famille des Solanacées, genre *Solanum* (Quezel et Santa, 1963). Elle comprend 1000 espèces dont plus de 200 sont tubéreuses (Doré et *al.*, 2006 ; Hawkes, 1990), on pensait autrefois que la pomme de terre était issue d'une plante sauvage unique, l'espèce *S. tuberosum*, dès 1929, les botanistes avaient montré que cette origine était plus complexe et que l'on retrouvait parmi les ancêtres des espèces de pomme de terre cultivées, des plantes sauvages différentes (Rousselle et *al.*, 1992 ; Doré et *al.*, 2006). Il n'y a pas de document sur la date précise d'arrivée de cette plante sur l'Europe. On pense cependant que la pomme de terre arriva quelque année avant la fin du XVIème siècle et ceci par deux entrées ; la première l'Espagne vers 1570 et la seconde des îles Britanniques (1588-1593). En Algérie, la pomme de terre a probablement, été introduite la première fois au XVIème siècle par les Maures andalous qui ont propagés les autres cultures dans la région : tomate, poivron, maïs, tabac (Rousselle et *al.*, 1996).

II.2 – Importance économique :

II.2.1- Dans le monde :

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).

En 2013, la production mondiale de pommes de terre est estimée à 368.1 millions de tonnes, pour une surface cultivée de 19.4 millions d'hectares, soit un rendement moyen de 18.9 tonnes par hectare. Ce chiffre n'inclut pas les plants (semences) qui représentent 32.2 millions de tonnes. C'est la Chine qui occupe le premier rang des pays producteurs avec une production qui atteint 88.9 millions de tonnes en 2013 (FAOSTAT, 2015). La pomme de terre peut présenter une solution aux problèmes de déficit alimentaire mondial (Rajnachapel, 1987).

II.2.2- En Algérie :

Après l'indépendance, la pomme de terre est devenue un produit important pour la consommation locale, et occupe une place importante dans le régime alimentaire. La demande en cette culture s'est alors accrue ; elle représente la première culture maraîchère du point de vue superficie et production (Chehat, 2008 in Agronomie Info, 2019).

En 2014, l'Algérie a occupé la deuxième place, après l'Égypte, dans la production de la pomme de terre en Afrique. La production nationale durant la dernière décennie (2003-2013) a augmenté de 1 879 918 tonnes en 2003 à 4 400 000 tonnes en 2013 pour une augmentation de la surface cultivée de 88 660 hectares en 2003 à 140 000 hectares en 2013. L'accroissement du

rendement est aussi très significatif, de 21.20 tonnes par hectare en 2003 à 31.43 tonnes par hectare en 2013 ; c'est en dehors de la production de semences qui montre une nette augmentation durant cette période (FAOSTAT, 2015). Malgré cette nette augmentation des rendements, la production nationale n'arrive pas à satisfaire les besoins nationaux en semence de pomme de terre. Actuellement nous importons entre 120.000 et 150.000 tonnes de semences de pomme de terre, soit l'équivalent de 90 millions à 100 millions de dollars (MADR, 2018). La consommation par habitant et par an a subi une croissance très significative entre 1970 et 1998, passant de 20 kg à 42 kg. A partir de 2005 la consommation a encore augmentée en raison des prix très accessibles affichés sur le marché pour atteindre 50 kg par habitant et par an. (ITCMI, 2008. in Agronomie Info, 2019).

❖ **Les principales wilayas productrices de pomme de terre en Algérie :**

En Algérie, la pomme de terre est cultivée dans le littoral, le sublittoral, l'atlas tellien et les hautes plaines. On retrouve les primeurs à : Mostaganem, Boumerdes, Tipaza, Skikda, Alger, Tlemcen. La pomme de terre de saison est cultivée à : Mostaganem, Ain-defla, Mascara, Mila, Souk Ahras, Boumerdes, Sétif, Tizi-Ouzou, Tiaret, Tlemcen, Batna, Chlef, Bouira et El-Oued. Et celle de l'arrière-saison est cultivée à Mostaganem, Ain-Defla, Mascara, Guelma, Chlef, El Oued, Tlemcen, Djelfa (ITCMI, 2012).

❖ **Variétés cultivées :**

Les variétés inscrites au catalogue sont de l'ordre de 131 variétés dont les plus cultivées sont Spunta, Fabula, Nicola, Diamant, Timate, Atlas (qui sont à peau blanche) et Bartina, Désirée et Kondor à peau rouge (ITCMI, 2012).

II.2.3- Dans la wilaya d'El-Oued :

II.2.3.1- Production :

La wilaya d'El Oued est connue par sa production abondante de pomme de terre, selon les données statistiques des services agricoles de la wilaya, elle couvre plus de 26% des besoins du marché national, c'est la première zone productrice au niveau nationale (DSA, 2019). La pomme de terre est cultivée selon deux types ; la saison et l'arrière-saison. Les rendements les plus élevés sont ceux de la saison, ils oscillent entre 250 à 350 qx/ha. Les communes les plus productrices sont : Hassi Khalifa, Reguiba, Ourmes, Trifaoui, et Taghzout avec une production totale de 7631550 qx et une superficie cultivée 24337 ha (DSA, 2019).

Les figures 07,08 et 09 représentent la superficie, la production et le rendement de pomme de terre dans l'ensemble des communes de la wilaya, il en ressort que la production

totale de la wilaya est de 11360000 qx sur une superficie cultivée totale de 36200 hectares et un rendement moyen de 314 qx/ha (DSA, 2019).

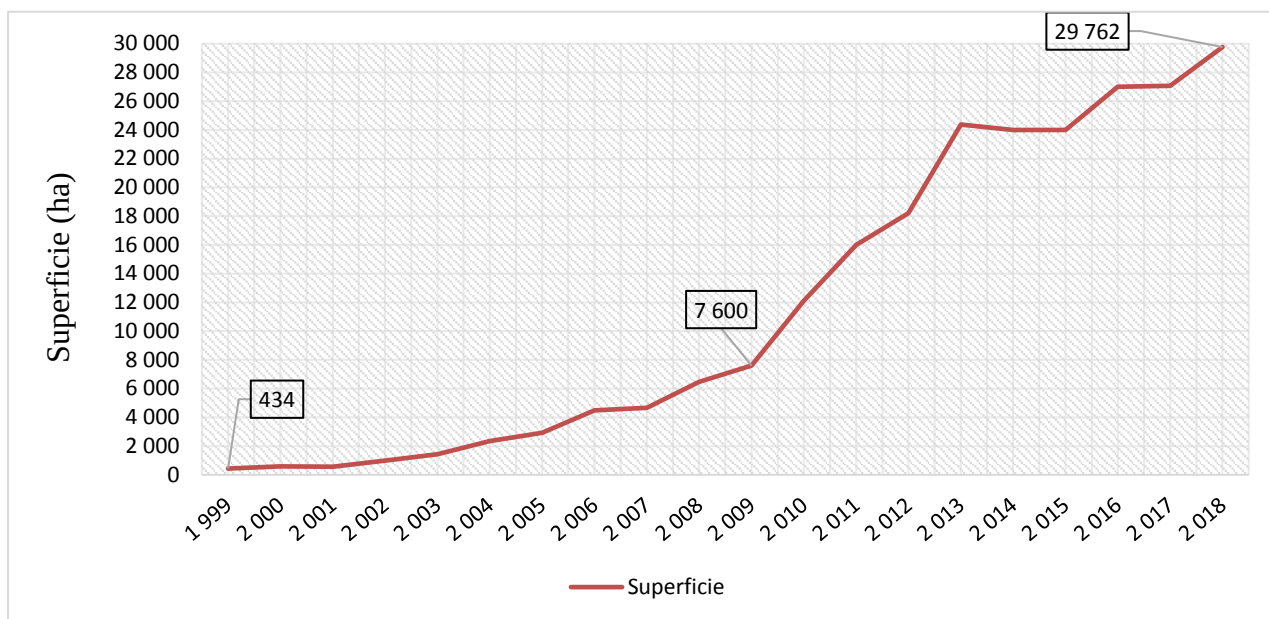


Figure 07 : Evolution de la superficie réelle de pomme de terre dans la wilaya d’El Oued (DSA, 2019).

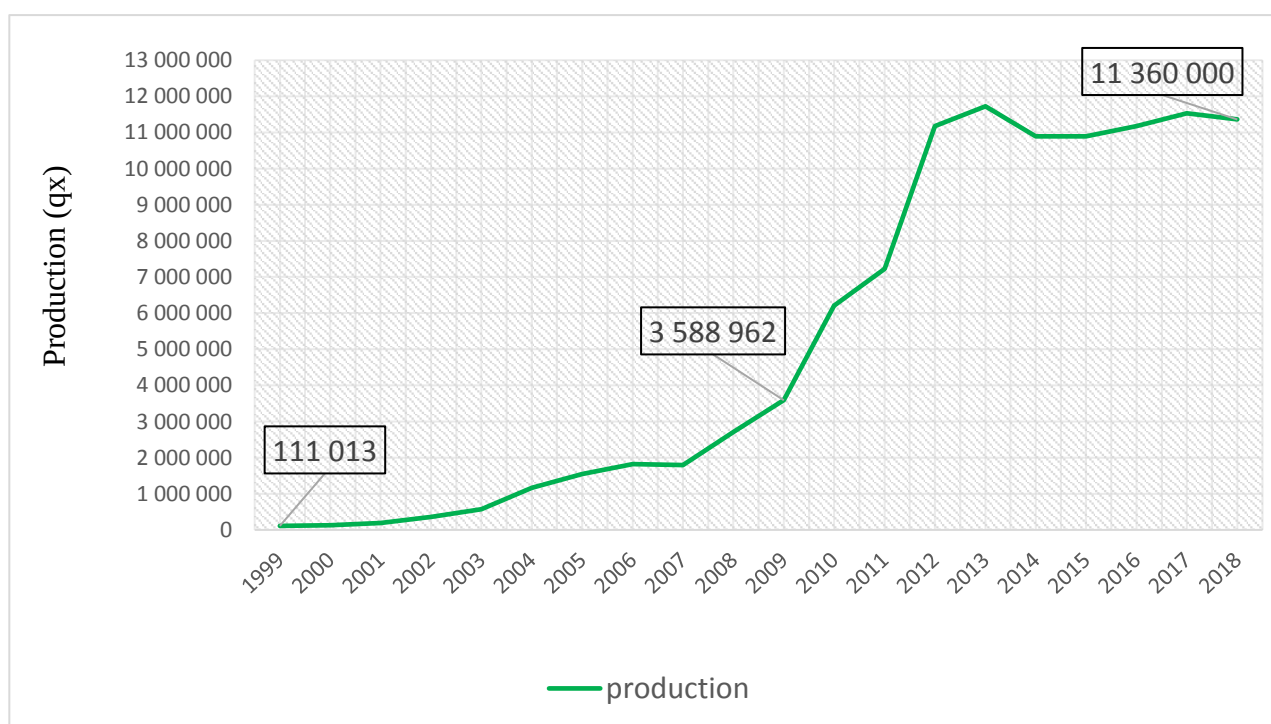


Figure 08 : Evolution de la production de pomme de terre dans la wilaya d’El Oued (DSA, 2019)

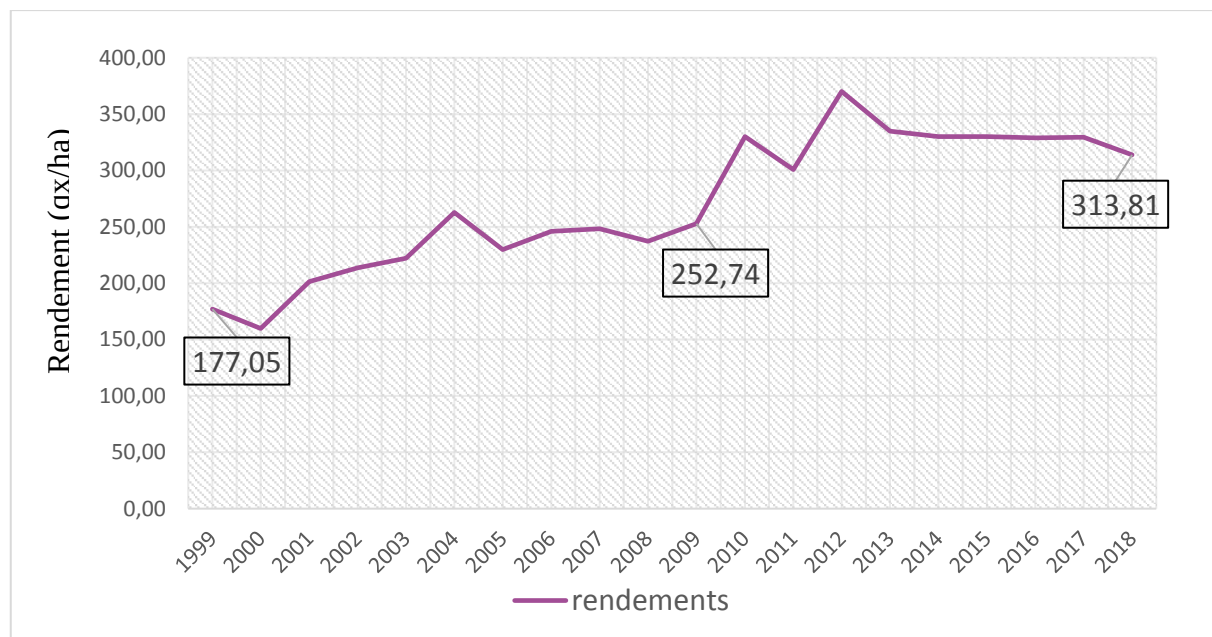


Figure 09 : Evolution du rendement de pomme terre dans la wilaya d'El Oued (DSA, 2019).

II.3- Classification :

Selon Boumlik (1995), la classification de la pomme de terre est la suivante :

Embranchement : Angiospermes.

Classe : Dicotylédones.

Sous classe : Gamopétales.

Ordre : Polmoniales.

Famille : Solanacées.

Genre : *Solanum*.

Espèce : *Solanum tuberosum* L.

II.4- Morphologie de la plante :

La pomme de terre est une plante vivace qui se propage par multiplication végétative et qui est cultivée comme une espèce annuelle (Rousselle et *al.*, 1992). Elle comporte à la fois des tiges aériennes et des tiges souterraines (figure 07). C'est une plante à fleurs gamopétales, dicotylédones, son port est plus ou moins dressé suivant les variétés (Darpoux et Dubelley, 1967).

II.4.1- Partie aérienne :

- **Tiges :**

Chaque plante est composée d'une ou plusieurs tiges herbacées de port plus ou moins dressé, le nombre de tiges est influencé par le calibre du plant, son âge physiologique, les conditions de conservation et de germination (Grisson, 1983).

- **Feuille :**

Elles sont alternées de types composés constituées d'importants nombres de folioles, emportés sur un pétiole terminé par une foliole unique (Neggaz, 1991). Les folioles présentent de nombreux caractères distinctifs, mais assez fluctuants, notamment, leur nombre, forme, couleur, pilosité et longueur des pétioles et pétiolules. Les jeunes feuilles sont densément recouvertes de poils soit longs et droits, soit courts et de type glandulaire (trichomes) (Cutter, 1978). La nervation des feuilles est de type réticulé avec une plus grande densité de nervures vers le bord du limbe (Rousselle et *al.*, 1996).

- **Fleurs :**

Les fleurs de la pomme de terre sont disposées sur une inflorescence en cyme bipare, portée par un pédoncule plus ou moins long, fixé généralement au sommet de la tige. Elle est construite par 5 sépales, 5 pétales, 5 étamines, les fleurs ont des couleurs différentes blanches, bleutées, violacées et rouge-violacées. La coloration des fleurs est en fonction des variétés (Grisson, 1983).

- **Fruits :**

Les fruits ou baies qu'elles produisent contiennent des graines dont l'intérêt est nul en culture (Figure 10) (Soltner, 1979).

II.4.2- Partie Souterraine :

Le système souterrain porte :

- Les racines, nombreuses et fines, fasciculées et peuvent pénétrer profondément le sol, s'ils sont suffisamment meubles.
- Les tiges souterraines ou rhizomes, ou stolons, sont courtes et leurs extrémités se renflent en tubercules.
- Les tubercules sont les organes de conservation qui permettent de classer la pomme de terre parmi les plantes vivaces à multiplication végétative (Soltner, 1979).

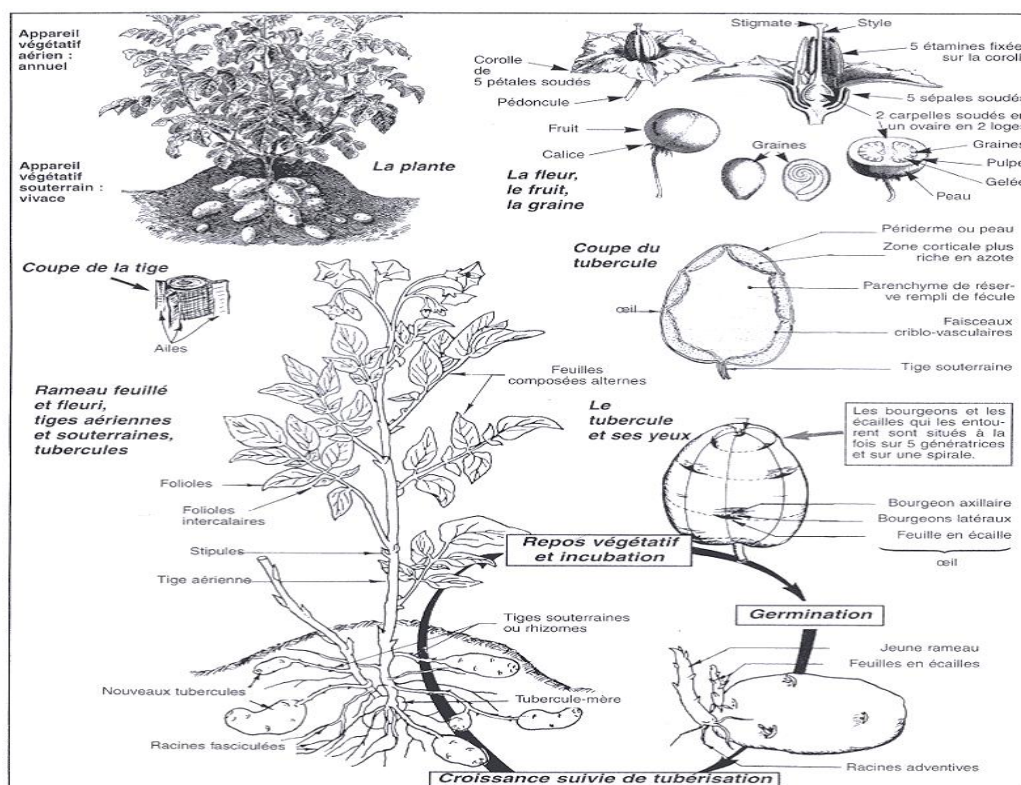


Figure 10 : Caractéristiques morphologiques de la pomme de terre et cycle végétatif (Soltner, 1979)

II.5 – Cycle végétatif :

Selon Soltner (1988), la durée de cycle végétatif de la pomme de terre est très variable. A titre indicatif, elle est de 90-150 jours, elle dépend de l'état physiologique des tubercules qui sont plantés, de l'ensemble des facteurs agro climatiques et des variétés utilisées. Le cycle végétatif de la pomme de terre comprend plusieurs phases :

a. Germination :

A la fin de repos végétatif, le germe rentre en croissance s'il n'y a pas dormance induite, par les conditions du milieu (Madec, 1966). Madec et Perennec (1962), ont dénommé stade d'incubation, le stade de tubérisation des germes, et période (phase) d'incubation, le temps s'écoulant entre le départ de la germination et la formation des nouvelles ébauches du tubercule par les germes.

b. Levée :

La formation des premières tiges aériennes avec apparition des premières feuilles au même temps que les racines commencent leur elongation et leur ramification (Grisson, 1983). Pendant cette période, la plante est dépendante des réserves du tubercule mère.

c. La tubérisation et la croissance des tubercules :

Le phénomène de tubérisation commence d'abord par un arrêt d'élongation des stolons après une période de croissance. Elle est réalisée dès que le diamètre des ébauches est le double de celui des stolons qui les portent. Outre les processus de multiplication cellulaire, le grossissement des ébauches de tubercules s'effectue par accumulation dans les tissus des substances de réserve synthétisées par le feuillage. Ce grossissement ralentit, puis s'arrête au cours de la sénescence du feuillage (Bernhards, 1998).

d. Sénescence :

C'est la phase finale à laquelle, il y a arrêt du grossissement du plant. Les tubercules se trouvent dans un état de repos végétatif. Ils ont pu montrer que la période de forte augmentation du rendement se terminait au moment de l'apparition des premières feuilles jaunes à la base de plante, qui correspond aussi au maximum du taux d'amidon dans les tubercules (Rousselle et *al.*, 1996).

II.6 – Exigences écologiques :**II.6.1- Climatiques :**

La pomme de terre est une plante rustique qui est susceptible de se développer dans, des régions variées et dans des milieux forts différents mais sa préférence est aux conditions écologiques assez précises, c'est sous le climat tempéré humide qu'elle réussit le mieux et assure les meilleures récoltes (Laumonier, 1979). La température optimale se situe entre 15.5° et 20°C. Le zéro de végétation de la pomme de terre est assez élevé 6 à 18 °C (Laumonier, 1979 ; Clement, 1989). Au-dessous de 10°C, la croissance est réduite et la partie aérienne de la plante gèle à 1°C. Au-delà de 29°C, la tubérisation est inhibée (Laumonier, 1979).

La pomme de terre exige une humidité abondante et régulière. La plante a besoin de grandes quantités d'eau, parce que 95% de l'eau absorbée par les racines passent dans l'air par transpiration (Vanderzaag, 1980 in Nedjar, 2000).

Les besoins en lumière sont importants surtout pendant la phase de croissance (Moule, 1972). Une luminosité suffisante est nécessaire pour une bonne formation de la féculé, la migration et l'accumulation de celle-ci dans les tubercules (Darpoux et Dubelley, 1967).

II.6.2- Edaphiques :

Les terres silico-argileuses et les sols sableux, humifères, meubles, aérées et fraîches semblent les plus appréciées à la pomme de terre (Soltner, 1999). Moule (1972), rapporte que la pomme de terre supporte des pH assez bas de 5.5 à 6. Chaumeton et *al.*, (2006) rajoutent que

dans les sols légèrement acides ($\text{pH} = 5,5$ à 6), la pomme de terre peut donner de bons rendements.

D'après Haverkorte et Moussaoui (1994), la pomme de terre est relativement sensible à la présence des sels dans les sols ou dans l'eau d'irrigation. La présence de 4 g de NaCl par litre d'eau peut engendrer une réduction de la production allant jusqu'à 50% .

II.7- Plantation :

✓ Préparation des plants :

La plantation de la pomme de terre ne peut avoir lieu qu'après la levée totale de la dormance. L'utilisation des plants non germés est suivie par un retard de l'émergence, donne des plants mono-tiges et par la suite un rendement faible. La préparation des plants doit conduire à :

- * Une émergence uniforme et rapide.
- * Des plants poly-tiges.
- * Un rendement élevé.

Pour assurer une bonne préparation des plants, il est nécessaire de procéder au retrait de la chambre froide 2 à 3 semaines avant la plantation. Après la sortie de la chambre froide, les plants doivent être déposés dans un local bien aéré et éclairé. (Bamouh, 1999).

✓ Densité de plantation :

Pour une bonne occupation du sol, $15\text{-}20$ tiges / m^2 paraît optimal. Un plant de calibre $35\text{-}55 \text{ mm}$ pré germé produit approximativement 5 à 6 tiges principales. Généralement, on place 4 plants/ m^2 . Avec une distance de 70 cm entre lignes et 30 cm entre plants, on a besoin de 2000 à 2500 kg de semences par hectare (Bamouh, 1999).

✓ Fertilisation :

La pomme de terre est très exigeante en fumure organique, les besoins sont de l'ordre de 30 T/ha . Cependant, dans un sol pauvre en matière organique, cette dose peut être doublée. La fumure organique doit être complétée par la fumure minérale.

L'azote est un élément fondamental pour la croissance de la plante. Le maximum d'absorption a lieu au moment du développement maximum des feuilles. Le phosphore intervient dans les phénomènes de floraison, fructification et maturation d'où son action comme facteur de précocité et de rendement. Le phosphore est difficilement absorbé par la plante. Pour cela il doit être appliqué avant plantation et sous la forme la plus assimilable. Le potassium est l'élément majeur pour la tubérisation. Il favorise le développement de la plante et augmente légèrement la résistance au froid.

La carence en K (potassium) cause des nécroses. La forme sulfate est plus préférable que la forme chlorure (Bamouh, 1999).

✓ **Irrigation :**

L'eau joue un rôle important dans la croissance de la plante en assurant les mécanismes suivants :

- * Transport des éléments minéraux.
- * Transport des produits photosynthétiques
- * Transpiration et régulation thermique au niveau des feuilles.

La pomme de terre est très sensible à la fois au déficit hydrique et à l'excès d'eau. Une courte durée de sécheresse peut affecter sérieusement la production. De même un excédent d'eau entraîne l'asphyxie des racines et la pourriture des tubercules. Les besoins en eau varient selon la période de plantation (Bamouh, 1999). Au cours de la germination, la quantité d'eau nécessaire est faible. Le tubercule mère doit être entouré du sol humide, mais pas mouillé. Les besoins en eau sont très élevés particulièrement au moment de la croissance foliaire et de la tubérisation (Bellabaci et Cherfouh, 2004).

II.8- Opérations d'entretien :

✓ **Buttage :**

Son but essentiel est :

- * D'assurer une bonne nutrition de la plante
- * De favoriser le grossissement des tubercules
- * De faciliter l'arrachage mécanique

Une butte bien réalisée assure également une protection efficace contre l'attaque de la teigne et contre le mildiou (ITCM, 2002).

✓ **Binage :**

L'opération consiste à prélever toutes les mauvaises herbes poussantes entre les lignes avec la charrue et la sape entre les plants. Le 1er binage se fait 2 à 3 semaines après la levée. Il faut veiller à ne pas toucher le système racinaire et les tubercules nouvellement formés (Bamouh, 1999).

✓ **Récolte :**

La maturité est indiquée par le jaunissement des feuilles inférieures, dessèchement des tiges et la fermeté de la peau du tubercule (Bamouh, 1999).

✓ Conservation :

Pour assurer une bonne conservation, seuls les tubercules non blessés sont conservés. Puisque le tubercule est un fragment de tige vivante, qui continue à vivre pendant la période de conservation, il faut donc maintenir son processus de vie. Un bon contrôle de l'environnement (température et humidité relative) s'impose (Bamouh, 1999). Les conditions idéales de conservation sont les suivantes :

- Température :

Pour la pomme de terre de semences 2 à 4 °C et 4 à 8 °C pour la pomme de terre de consommation.

- Humidité relative :

90 à 95% tout en évitant l'accumulation du CO₂ par ventilation (Bamouh, 1999).

II.9 – Maladies :

Plusieurs pathogènes et ravageurs menacent la production de la pomme de terre, parmi lesquelles nous citons les :

II.9.1-Pathogènes fongiques :**✓ Alternariose (*Alternaria spp*) :**

Provoque sur les feuilles des lésions qui ressemblent souvent à des tâches ayant la forme d'anneaux concentriques ressemblant à une cible. Ces tâches apparaissent habituellement dans un premier temps, sur les feuilles du bas, sous la forme de toutes petites tâches noires ou brunes qui s'agglomèrent par la suite (CEE-ONU, 2014).

✓ Fusariose (pourriture sèche) (*Fusarium spp*):

Il existe plusieurs espèces différentes de *Fusarium*, provoquant des symptômes légèrement différents : de façon générale, les pourritures sèches se développent autour d'une blessure entraînant une déshydratation du tubercule. En culture, la plantation de tubercules atteints de pourriture sèche peut produire des plantes chétives ou se solder par des manques à la levée (CEE-ONU, 2014).

✓ Gale argentée (*Helminthosporium solani*) :

La peau du tubercule est marquée par des tâches qui, au départ, se présentent sous forme de plaques argentées petites et rondes, se développent à mesure que les lésions s'élargissent jusqu'à s'agglomérer pendant l'entreposage (CEE-ONU, 2014).

✓ **Mildiou (feuillage) (*Phytophthora infestans*) :**

Généralement, les lésions sur les feuilles apparaissent d'abord sous la forme irrégulière de tâches sombres qui s'élargissent à mesure que de nouvelles lésions se développent. Sur la surface supérieure, un halo vert plus clair entoure souvent la zone nécrotique et, sur la surface inférieure, une sporulation sous forme d'anneau blanc laiteux se développe autour des lésions s'il fait humide. (CEE-ONU, 2014).

✓ **Chancre de la tige (*Rhizoctonia solani*) :**

Des lésions brunes légèrement déprimées et aux bords anguleux se développent sur la base des tiges. Un collet de moisissure blanc poudreux, superficiel, apparaît sur les tiges justes au-dessus du niveau du sol. La croissance fongique entraîne un dessèchement et une fragilité du tissu. (CEE-ONU, 2014).

✓ **Sclérotiniose (*Sclerotinia sclerotiorum*) :** (moisissure blanche/cassure de la tige)

Une moisissure blanche infecte surtout la plante sur pied. Les tiges sont infectées à l'aisselle et sur les blessures, entraînant des lésions presque blanches avec un bord net. (CEE-ONU, 2014).

✓ **Gale poudreuse (*Spongospora subterranea*) :**

Les tubercules présentent des pustules rondes, individuelles, en relief ; au moment de la récolte, ces pustules éclatent, faisant apparaître un tissu poudreux brun (ballonnets de spores), laissant des fragments de peau désagrégés sur les bords de la pustule. (CEE-ONU, 2014).

✓ **Verticilliose (*Verticillium spp*) :**

Les plantes flétrissent surtout par des journées chaudes et ensoleillées. Les symptômes de flétrissement peuvent souvent apparaître d'un seul côté d'une feuille composée, voire d'une foliole, du fait du blocage du tissu vasculaire. Les feuilles prennent une couleur jaune ou vert pâle et les plantes atteintes se rabougrissent. Une teinte brune apparaît sur l'anneau vasculaire de la tige lorsqu'une coupe en diagonale oblique est faite de la tige. (CEE-ONU, 2014).

II.9.2-Virus :

✓ **Virus de l'enroulement (PLRV) :**

Contaminations primaires : Enroulement de la base des feuilles supérieures, les plus jeunes, avec, parfois, une altération de la couleur, qui vire au pourpre ; ces symptômes n'apparaissent que si l'infection survient à un stade précoce de la croissance de la plante ou dans des climats chauds.

Contaminations secondaires (à partir de tubercules infectés) : Les feuilles s'enroulent vers l'intérieur et deviennent sèches et friables, prenant parfois une couleur brune. L'enroulement démarre au niveau des feuilles inférieures et remonte le long de la plante. (CEE-ONU, 2014).

✓ **Virus du Rattle (TRV) :**

Marbrures et déformation des feuilles et atrophie de certaines ou de la totalité des tiges. Les symptômes sur les feuilles apparaissent sous la forme d'un pincement caractéristique vers l'extrémité de la foliole, avec des bords de couleur rouge-mauve ou jaune. (CEE-ONU, 2014).

II.9.3-Bactéries pathogènes :

✓ **Jambe noire Dickeya (*Pectobacterium spp*):**

Les plantes sont rabougries et ont une apparence « dure ». Les feuilles sont rigides et érigées, s'enroulant souvent vers l'intérieur au sommet. Une pourriture visqueuse noire apparaît généralement à la base de la tige lorsque la maladie progresse. Les tiges atteintes sont facilement arrachées. (CEE-ONU, 2014).

✓ **Gale commune et gale plate (*Streptomyces spp*) :**

Ils vont de lésions superficielles subéreuses à de larges galles ou des pustules, qui atteignent les pommes de terre individuellement ou en groupe. Parfois, les symptômes peuvent ressembler à ceux de la gale poudreuse. Les symptômes de la gale plate se présentent comme des tâches liégeuses brunes sur l'épiderme. (CEE-ONU, 2014).

II.9.4-Ravageurs :

✓ **Teigne de la pomme de terre (*Phthorimaea operculella*) :**

Les larves de la teigne de la pomme de terre se nourrissent sur des plantes en croissance et sur des tubercules de pomme de terre. Les larves se fauillent à l'intérieur des feuilles et mangent le tissu intérieur, surtout celui des nervures principales.

Au moment de la récolte, les tubercules atteints peuvent montrer peu de signes visibles d'infestation alors qu'ils abritent des œufs ou de jeunes larves. Comme les larves se nourrissent sur les tubercules, les dégâts deviennent importants, prenant la forme de galeries creusées juste sous la peau ou dans la chair du tubercule. (CEE-ONU, 2014).

✓ **Nématode à kystes de la pomme de terre (*Globodera spp*) :**

Le genre *Globodera* possède une gamme de plantes hôtes très réduites (Mugneiry, 1975). Les deux espèces de *Globodera*, *G. rostochiensis* et *G. pallida* (figure :11 et 12) peuvent être

détectés par un examen visuel des racines, lequel peut révéler la présence de kystes, ou par le prélèvement d'un échantillon de sol qui sera testé.

Dans les cultures, l'infestation se caractérise par des foyers de plantes plus frêles ou rabougries qui ont tendance à flétrir, ou de plantes dont le feuillage est de couleur plus sombre ou d'une couleur terne.

L'attaque de la plante par le nématode provoque des dégâts à différents niveaux : dans un premier temps au niveau cellulaire, puis racinaire. Les racines peuvent voir leur croissance réduite ou présenter un développement anormalement abondant du chevelu racinaire secondaire. Au niveau de la partie aérienne, le détournement des substances nutritives et de l'eau au profit du nématode se traduit par une moindre croissance de la plante. (Chitwood et *al.*, 1985).



Figure 11 : kystes de nématode doré (*G. rostochiensis*)
(mindenpictures,2019)



Figure 12 : kystes de nématode à kyste pâle (*G. pallida*)
(Flickr,2019)

Partie II

Partie expérimentale

Chapitre I

Matériel et méthodes

I- Matériel et méthodes :

I.1-Objectifs de l'étude :

Vu à l'importance économique considérable des dégâts provoqués par les nématodes à kystes *Globodera* et de manque d'informations sur celui-ci notamment dans la wilaya d'El Oued (région du Souf). Il nous paraît indispensable de réaliser une enquête combinée par des analyses nématologiques des zones d'études.

I.2-Présentation de la région du souf :

I.2.1- Situation géographique :

Le Souf est une partie de la wilaya d'El Oued ' situé au Sud-est de l'Algérie, entre les 33° et 34° de latitude Nord, et les 6° et 8° de longitude Est, touchant les frontières tunisienne et libyenne. Cette immense étendue sablonneuse se trouve, d'une part, à mi-chemin entre la mer méditerranée au Nord et la limite méridionale du Grand-Erg Oriental au Sud, d'autre part, à égales distances entre le golfe de Gabes à l'Est et l'Atlas Saharien à l'Ouest. Cette position lui vaut un climat chaud et sec, Les environs immédiats du Souf sont : les chotts El Djerid (région de Tozeur) à l'Est, les chotts Melghir et Merouane au Nord (région de Biskra), l'Oued Righ (région de Touggourt) à l'Ouest, et l'Erg Oriental au Sud (figure 13). D'une superficie de 80.000 km², le Souf forme un massif dunaire qui s'étirent de 650 km de la frontière libyenne (Ghadamès) jusqu'aux limites voisines des Sebkhass du Nord, avec une largeur d'environ 160 km. L'altitude moyenne du Souf est de 80 m, alors que celle des Chotts du Nord, elle descend jusqu'à moins de 35 m du niveau de la mer. (El Oued Souf, 2009).

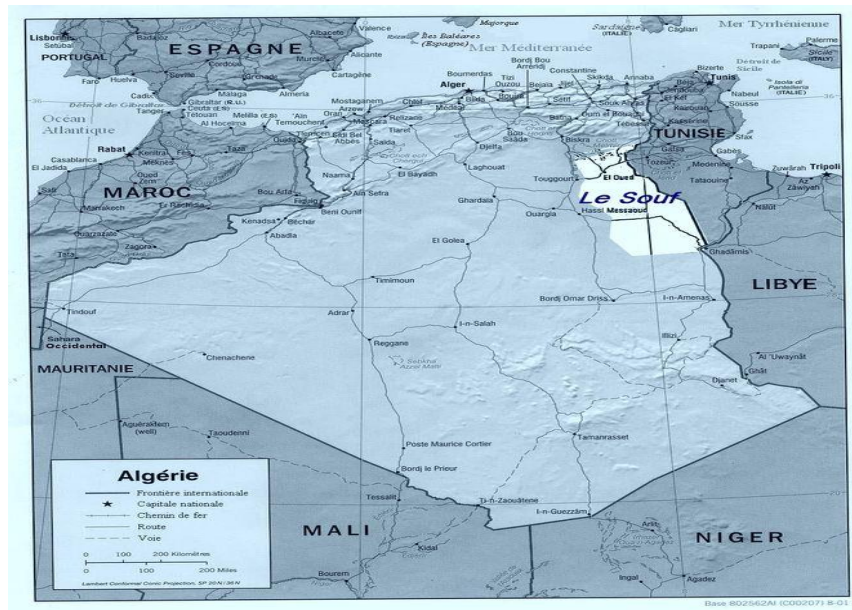


Figure 13 : Situation géographique de la région du Souf (El Oued Souf, 2009).

I.2.2- Facteurs écologiques de la région de souf.

I.2.2.1- Facteurs abiotiques :

a- Relief :

Le sol du Souf prend deux aspects. Le plus dominant est l'ensemble dunaire. Ce sont de grandes accumulations sableuses. L'autre aspect est appelé localement « Shounes » (plusieurs sahanes), où la superficie du sol est parfois caillouteuse avec de croûtes gypseuses entourées par des hautes dunes (Ghroud) qui leur donnent ainsi une forme de cratères (ONRGM, 1999).

b-Sol :

Il est typique de régions sahariennes, pauvre en matière organique, à texture sableuse et à structure caractérisée par une importante perméabilité (Hlisse, 2007).

c- Facteurs hydrogéologiques :

Du point de vue hydrogéologie, la région du Souf est représentée par deux systèmes acquifères, à savoir, le Complexe Terminal et le Continental Intercalaire. Ces deux systèmes sont surmontés par une nappe libre appelée nappe phréatique.

➤ Nappe Phréatique :

L'eau phréatique est partout dans le Souf. Elle repose sur le plancher argilo-gypseux du Pontien supérieur. La zone d'aération qui sépare la surface de cette eau de la surface du sol, ne dépasse jamais une distance moyenne verticale de plus de 20 m de sable non aquifère (Voisin, 2004).

➤ Nappe du Complexe Terminal :

La nappe du Complexe Terminal qui est la plus exploitée dans la région, le débit d'exploitation varie entre 25 et 45 l/s par forage, la zone de production qui est captée de 250 à 400 m de profondeur connaît un rabattement important de plus de 20m durant 10 ans. La salinité des eaux de cette nappe qui est relativement élevée peut atteindre les 6 g/l dans certaines zones, ce qui a accentué le phénomène de salinisation des sols. (ANRH, 2005).

➤ Nappe du Continental Intercalaire :

Les eaux de la nappe du Continental Intercalaire (Albien) de cette région sont jaillissantes, elles sont captées à une profondeur de 1800 à 2100 m, les débits moyens à la tête du forage oscillent entre 150 et 180 l/s, tandis que la qualité chimique est généralement acceptable avec un résidu sec de 1,8 à 2 g/l (ANRH, 2005).

d- Facteurs climatiques :

Le climat joue un rôle fondamental dans la distribution et la vie des êtres vivants (Faurie et al., 1980). En général, le Sahara est caractérisé par un déficit hydrique dû à la faiblesse des

précipitations, à l'évaporation intense, aux fortes températures et à la grande luminosité (Toutain, 1979).

Le climat de la région de Souf est de type saharien, désertique caractérisé par une période estivale chaude, et un hiver doux. Les principales contraintes climatiques sont : la fréquence des vents violents tels que le sirocco et les vents de sable (DPAT, 2000). L'analyse des données climatiques enregistrées durant 10 ans, de 2009 à 2018, nous ont permis d'étudier les paramètres climatiques suivants :

- **Températures :**

Le facteur thermique agit directement sur la vitesse de réaction des individus sur leurs abondances et leurs croissances (Dajoz, 1971). Le tableau 01 rassemble les valeurs des températures des minima et des maxima relevés mois par mois dans la région d'étude pour l'année 2018.

Tableau 01 : Températures mensuelles moyennes, maxima et minima en 2018 (TUTTIEMPO, 2019).

Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	mai	Juin	JT	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
M (°C)	19,1	17,8	25,1	29,6	32,4	37,3	44,5	38,1	37,1	28,9	22,7	19,3
m (°C)	7,1	7,2	12,4	14,9	19	23,8	29,3	26,2	24,2	16,4	10,3	5,5
T. moy. (°C)	13,1	12,5	18,8	22,3	25,7	30,6	36,9	32,2	30,7	22,7	16,5	12,4

M : Moyennes mensuelles des températures maximales.

m : Moyennes mensuelles des températures minimales.

T. moy. : Moyennes des températures mensuelles.

Durant l'année 2018, notre région d'étude est caractérisée par :

- Le mois le plus chaud est juillet avec 30.6 ° C.
- Le mois le plus froid est Décembre avec 12.4 °C.
- Une période froide s'étalant de Novembre à Avril avec une moyenne de 15.9° C.
- Une période chaude s'étalant de Mai à Octobre avec une moyenne de 29.8° C.

- **Précipitations :**

Dans le Souf, les précipitations sont très faibles et irrégulières, les valeurs des précipitations mensuelles enregistrées en mm dans la région du Souf durant l'année 2018 sont présentées dans le tableau 02.

Tableau 02 : Précipitations en mm enregistrées à la région de Souf durant l'année 2018 (TUTIEMPO, 2019).

Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	JT	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Cumul
P (mm)	0	22,1	2,3	0	1	0	0	3,1	0	1	0,5	0	30

Notre région d'étude, le mois le plus pluvieux de l'année 2018 est Février avec 22,1 mm (Tab 02). Par contre il existe des mois quasiment secs (janvier, avril, juin, juillet, septembre et décembre). Le cumul des précipitations annuelles est de 30 mm/an.

- **Vents :**

Le vent est l'un des éléments les plus caractéristiques du climat (Seltzer, 1946). Selon Dajoz (1996), il a une action indirecte en modifiant la température et l'humidité. Il accroît la transpiration des plantes (Elhai, 1968). Les vents les plus forts, sont ceux de l'Est soufflent principalement pendant la période de Février à Août. Ces vents violents chargés de sable, peuvent produire des effets préjudiciables sur les cultures de la région, et engendrer une dynamique érosive éolienne intense (DSA El Oued, 2019). Les données notées concernant les vitesses maxima des vents de chaque mois en 2018 dans la région d'étude sont mentionnées dans le tableau 03.

Tableau 03 : Valeurs maxima de la vitesse des vents de chaque mois en 2018 dans la région de Souf (TUTIEMPO, 2019).

Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	mai	Juin	JT	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
V (Km/h)	18,3	18,2	26,9	25,3	26,2	23,2	25,8	23,3	20,3	19,2	17,8	12,9

V (Km/h) : Vitesses moyennes des vents exprimées en kilomètres par heure.

Selon le tableau 03, nous remarquons que les vents sont fréquents durant toute l'année. Les vitesses les plus élevées sont enregistrées durant la période allant de mars jusqu'à août, avec un maximum de 26,9 km/h durant le mois de mars.

I.2.2.2- Synthèse des données climatiques :

La classification écologique des climats est faite le plus souvent en utilisant essentiellement les deux facteurs les plus importants et les mieux connus : la température et la pluviosité (Dajoz, 1971).

Pour classer le climat de souf, nous avons illustré le degré d'aridité par le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen et déterminé l'étage bioclimatique selon le Climagramme d'Emberger (1955, in Steward, 1969).

I.2.2.2.1- Diagramme ombrothermique de Gaussen :

Le diagramme ombrothermique de Gaussen (figure 14) montre que la sécheresse est permanente durant toute l'année à cause des faibles précipitations et des températures élevées.

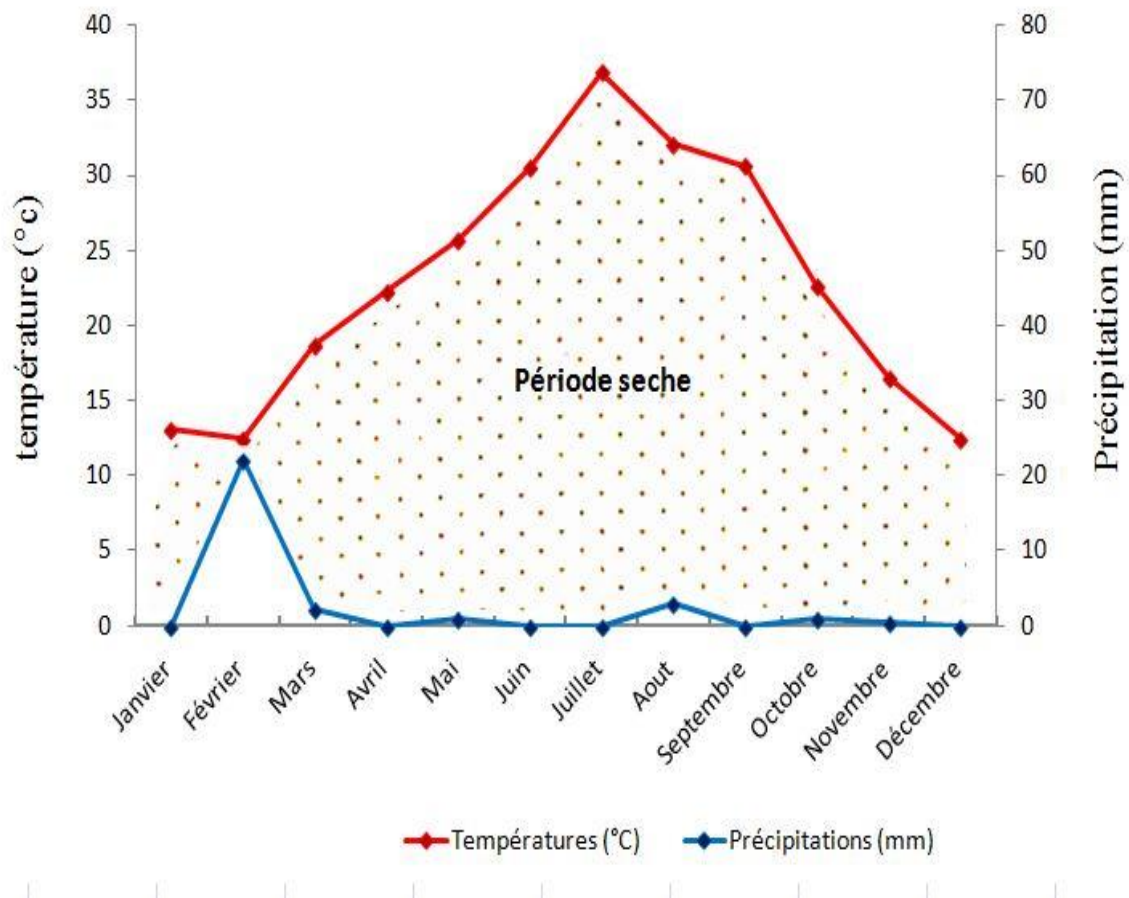


Figure 14 : Diagramme ombrothermique de " Bagnouls et Gaussen" de la région du Souf (2018).

I.2.2.2.2- Climagramme pluviométrique d'Emberger :

Emberger classe les climats méditerranéens en faisant intervenir les deux facteurs essentiels qui sont la sécheresse et la température du mois le plus froid par le calcul du quotient pluviothermique (Q3) adapté pour l'Algérie selon la formule de Steward (1969).

$$Q_3 = 3,43 \times P / (M - m).$$

Avec :

Q_3 : Quotient pluviothermique d'Emberger.

P : Pluviométrie moyenne annuelle en mm.

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud en °C.

m : Moyenne des minima du mois le plus froid en °C.

Le quotient pluviothermique de la région du Souf calculé sur une période de 10 ans allant de 2009 jusqu'à 2018, est égal 5,7. En rapportant cette dernière valeur sur le Climagramme d'Emberger avec la température des mois les plus froids ($m = 5,6$ °C), il est à constater que la région du Souf se situe dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux (figure 15).

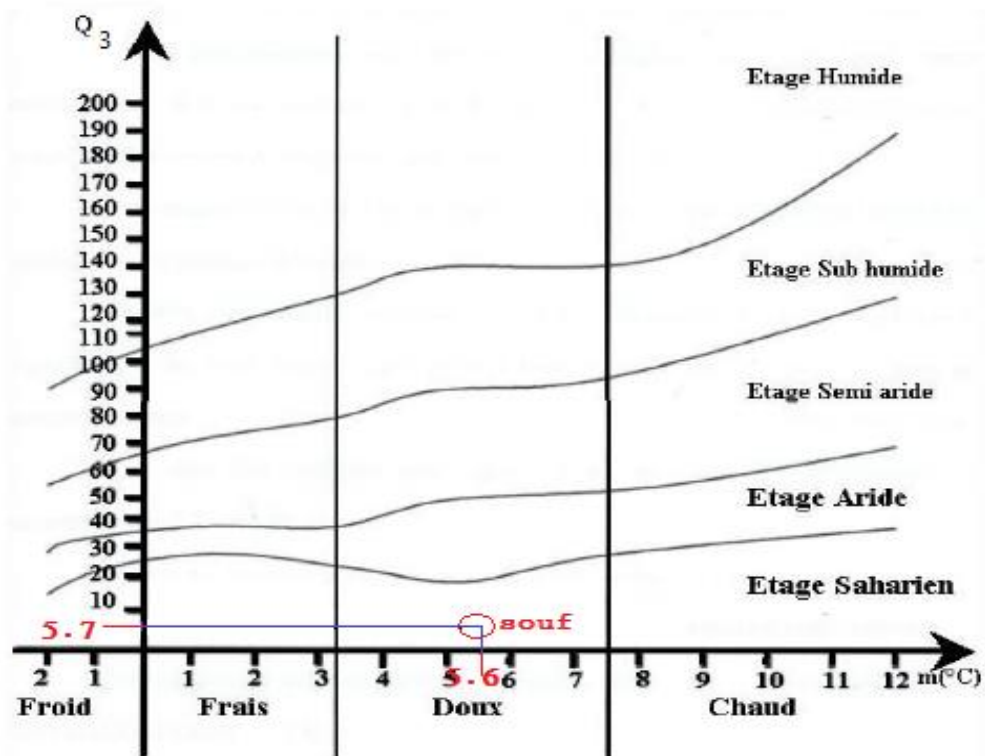


Figure 15 : Localisation de l'étage bioclimatique de Souf sur le climagramme d'Emberger

I.2.2.3- Facteurs biotiques :

I.2.2.3.1- La flore :

La flore du Souf est représentée par des arbustes et des touffes d'herbes espacées croîtront au pied des dunes. Les plantes spontanées sont caractérisées par la rapidité d'évolution, l'adaptation au sol et au climat. Ces plantes sont représentées par des Poaceae, des Cistacées, des Fabaceae, des Cypéracée, des Asteraceae et des Liliacée (Hlisse, 2007).

Généralement Près de 51 espèces réparties en 24 familles (Nadjah 1971 ; Voisen 2004 ; Hlisse 2007), parmi ces espèces les plus connues, les plantes spontanées : *Aristida pungens*, *Cyperus conglomeratus* et *Ephedra alata*, et pour les plantes cultivées : *Solanum tuberosum*, *Lycopersicum exulentum* et *Phoenix dactylifera*.

1.2.2.3.2- La faune :

Voisin (2004), déclare que le peuplement animal du Souf est presque essentiellement composé d'articulés ou des mammifères d'origines méditerranéennes et soudanaises. D'une manière globale, les deux principaux groupes d'animaux peuplant les différents milieux de la région d'étude sont les invertébrés (insectes, arachnides) et les vertébrés (mammifères, oiseaux et reptiles).

a – Invertébrés :

Les invertébrés ont été traités par plusieurs auteurs notamment, Beggas (1992) ; Mosbahi ; Naam (1995) et Alia et Ferdjani (2008). Ces derniers auteurs mentionnent près de 129 espèces d'arthropodes appartenant de 14 ordres différents dans la majorité sont des insectes. Les ordres les plus riche en espèces sont Coleoptera (48 espèces) comme *Oryzaephilus surinamensis*, *Apate monachus* , Orthoptera (25 espèces) comme *Acrida turrita* et *Ochrilidia kraussi* .

b -Les vertébrés :

D'après Isenmann et Moali (2000) ; Mosbahi et Naam (1995), la région d'étude compte près de 28 espèces d'oiseaux répartis en 13 familles. La famille la plus riche en espèces est Sylviidae (08 espèces) notamment avec *Sylvia nana* et *Sylvia atricapilla*.

Selon Le Berre (1989,1990) ; Kowalski et Rzebikkowska (1991) et Voisin (2004). La classe de Mammalia compte près de 4 ordres et 5 familles, dont les rongeurs sont les plus riches en espèces notamment *Rattus rattus* et *Psammomys obesus*. Alors que la faune reptilienne regroupe 15 espèces, la plus connue est *Scincus scincus*.

I.3- Choix et description des stations d'étude :

I.3.1-Choix des stations d'enquêtes :

Pour assurer la représentativité de l'échantillon dans la région d'étude nous avons travaillé sur 100 exploitations réparties dans cinq stations agricoles importantes : Hassi Khalifa, Trifaoui, Reguiba, Ourmes et Taghzout (figure 16).

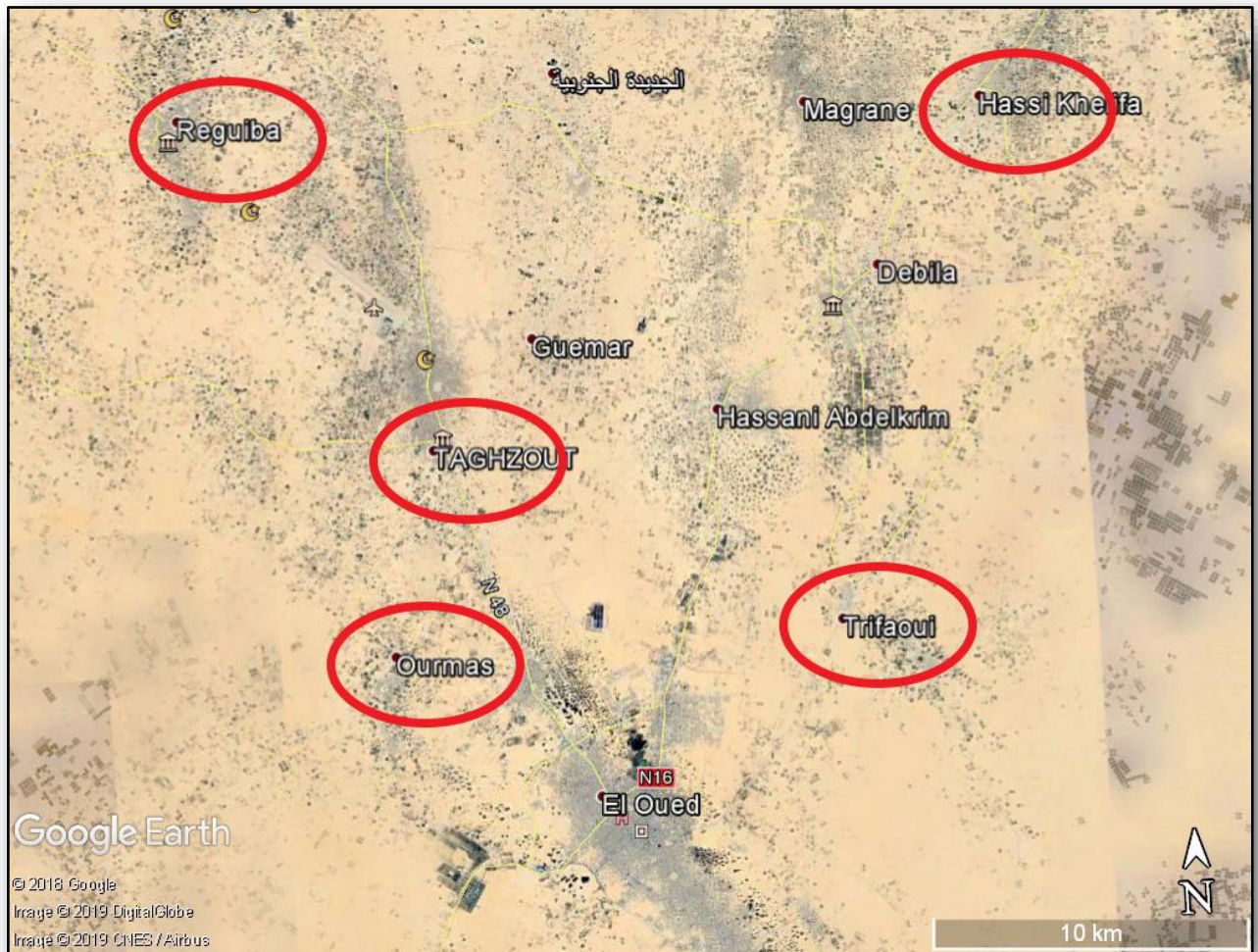


Figure 16 : Situation des stations d'étude dans la région du Souf (Google Earth, 2019).

I.3.2-Critères de choix des stations :

Le choix des stations d'étude s'est basé sur :

- L'accessibilité facile aux sites et sécurité.
- Les exploitations sont réparties dans les zones potentielles de la production de la pomme de terre de la wilaya.

I.3.3- Stations d'étude :

❖ Station de Hassi Khalifa :

La station de Hassi Khalifa est située à 30 km au nord-est du centre-ville de la Wilaya, dont ses coordonnées spatiales sont 33° 33' 43" N ; 06° 59' 23" E. Elle occupe une place privilégiée comme la première station productive de la pomme de terre dans la région de souf avec une production de 2039000 qx sur une superficie de 6530 hectares. (DSA, 2019).

❖ Station de Trifaoui :

La station de Trifaoui est située à 10 km au nord- est de centre-ville, dont ses coordonnées spatiales sont 33° 25' 24" N ; 06° 56' 09" E. Elle est caractérisée par les plasticultures et la culture de la pomme de terre avec une superficie de 4578 hectares et une production de 1428400 qx. (DSA, 2019).

❖ Station de Reguiba :

Cette station est située à 35 km au nord- ouest de la ville d'El Oued, dont ses coordonnées spatiales sont 33° 34' 14" N ; 06°43' 6" E. Elle est caractérisée par la phoeniciculture et la culture de la pomme de terre dont la superficie est de 5500 hectares avec une production 1739450 qx (DSA, 2019).

❖ Station de Taghzout :

La station de Taghzout est située à 12 km au nord- ouest du centre-ville, dont ses coordonnées spatiales sont 33° 28' 26" N ; 06° 48' 3" E. La superficie affectée à la culture de la pomme de terre est de 2200 hectare avec une production de 691000 qx.

❖ Station d'Ourmes :

La station de Ourmes est située à 18 km à nord-ouest de centre-ville, dont ses coordonnées spatiales sont 33° 24' 19" N ; 06° 46' 23" E. Sa production en pomme de terre est de 1733700 qx sur une superficie de 5529 hectares.

I.3.4 -Questionnaire et déroulement de l'enquête :

En prenant en considération la spécificité de la région et la vie socio-économique et culturelle des agriculteurs, le recueil d'information se déroule sur place, habituellement à la résidence du répondant ou en milieu de travail, même si elle peut avoir lieu dans un endroit public (p. ex., subdivision de l'agriculture). Une durée de 20 à 30 minutes a été consacrée, ceci dépendra de la collaboration des agriculteurs interrogés. De plus, dans chaque exploitation, on s'adresse toujours au propriétaire ou à son représentant. Des difficultés sont parfois rencontrées

par l'enquêteur, les données sont parfois incomplètes, dès fois absentes parce que l'agriculteur ne veut pas donner toutes les informations de son exploitation. Certaines réponses ont fait l'objet de vérification par l'observation directe sur l'exploitation. Cependant, les questions de cette partie de l'enquête sont faciles dans leur formulation et conduit à des réponses précises et de qualité régulière.

Les enquêtes combinent souvent deux formes de questionnaire, avec une dominance de questions fermées et quelques questions ouvertes, plus riches mais aussi plus difficiles à traiter statistiquement. Les entretiens ont été menés en arabe, mais le questionnaire a été écrit en français (Annexe 01). Pour l'importance et la diversité des cultures dans la région d'étude, l'entretien a été réalisée le mois de janvier jusqu'à la fin d'avril 2019, et basée sur trois sections essentielles :

- a) Présentation de l'exploitation** : localisation, type d'exploitation, superficie de l'exploitation ainsi que la superficie totale de la pomme de terre et le niveau de la technicité du gérant.
- b) Mode de conduite de la culture** : cette partie prend en considération la culture en place et les précédents culturaux et toutes les techniques culturales (système de culture, variété, type d'irrigation...) qui peuvent avoir une influence sur le développement de ces parasites.
- c) Connaissance des nématodes à kystes** : la connaissance de nématodes par les agriculteurs et les différentes méthodes de lutte pour protéger ce type de culture (rotation, désinfection du sol, utilisation des nématicides, pesticides, amendement...).

I.3.5 - Composition et taille d'échantillon :

Pour avoir l'homogénéité de l'échantillonnage nous avons mené notre enquête sur 20 sites à chaque station (Tab 04). La population interrogée des agriculteurs est âgée de 25 à 60 ans avec un niveau d'étude variant entre primaire et étude supérieure.

Tableau 04 : Stations enquêtées dans le cadre de notre travail.

Stations d'étude	Questionnaire par station	Total
Reguiba	20	100
Taghzout	20	
Ourmes	20	
Trifaoui	20	
Hassi khalifa	20	

I.3.6 - Traitement et analyse des données :

Les données collectées ont été traitées sous Excel® en fonction des variables notées sur le terrain. Les paramètres statistiques (les moyennes et les pourcentages) ont été calculés et présentés sous forme d'histogrammes et des diagrammes.

I.4-Analyse nématologique :

Pour confirmer que les symptômes observés sur terrain (figure 17), lors de notre enquête sont causés par les nématodes à kystes, il est nécessaire d'accomplir une analyse nématologique.

L'analyse constitue le seul diagnostic fiable et permet d'avoir une estimation quantitative des populations de nématodes présentes dans le sol, ainsi que leur identification. Cette analyse comprend trois étapes (Georges et Michel,1969) :

- L'échantillonnage du sol.
- L'extraction.
- Prélèvement et comptage des kystes.



Figure 17 : Symptômes observés sur terrain (originale, 2019).

I.4.1-Choix des sites :

Après l'enquête et recueil d'informations, nous avons choisi 15 parcelles possédant des symptômes de contamination par les nématodes à kystes, dans les 05 stations d'études afin de prélever des quantités de sol. (Tab 05).

Tableau 05 : Données recueillies sur les sites prospectées.

Zones d'études	Parcelles	Superficies réservées pour PDT (ha)	Précédent Cultural des parcelles étudiées	Variétés cultivées de PDT	Type d'irrigation	Etat des parcelles pendant l'enquête
Hassi Khalifa	P 01	04	P.terre/arachide/orge/arachide/ail	<i>Spunta</i>	Aspersion	PDT en place (A/saison)
	P 02 (Figure 18)	03	p.terre/p.terre/p.terre/p.terre/jachère	<i>bartina</i>	Goutte à goutte	PDT en place (Saison)
	P 03	06	Jachère/jachère/jachère/p.terre.	/	Aspersion	Jachère
Trifaoui	P 01	29	p.terre/jachère/arachide/blé/jachère/p.terre	<i>Désirée</i>	Aspersion	PDT en place (A/saison)
	P 02	04	p. terre /p. terre/p.terre	<i>Spunta</i>	Aspersion	PDT en place (Saison)
	P 03 (Figure 19)	04	Arachide/jachère/arachide/ jachère/arachide/ jachère	/	Aspersion	Rotation
Reguiba	P 01	15	Jachère/jachère /jachère/jachère/p.terre	/	Aspersion	Jachère
	P 02 (Figure 20)	09	p. terre /p. terre/p.terre	<i>Spunta</i>	Aspersion	PDT en place (Saison)
	P 03	06	p.terre/Blé/jachère /blé/jachère	<i>kuroda</i>	Aspersion	PDT en place (Saison)
Ourmes	P 01	20	p. terre/ jachère /p. terre jachère/p.terre/jachère	<i>Spunta</i>	Aspersion	PDT en place (A/saison)
	P 02 (Figure 21)	15	p. terre/ jachère /p. terre jachère/p.terre/jachère	<i>Spunta /bartina</i>	Aspersion	PDT en place (A/saison)
	P 03	04	p. terre /p. terre/p.terre	<i>Spunta</i>	Aspersion	PDT en place (A/saison)
Taghzout	P 01	05	p. terre/ jachère /p. terre jachère/p.terre/jachère	<i>Spunta</i>	Aspersion	PDT en place (A/saison)
	P 02 (Figure 22)	05	Jachère/p.terre/p.terre/p.terre/p.terre	/	Aspersion	Jachère
	P 03	03	Jachère/oignon /jachère/oignon/p.terre	/	Aspersion	Jachère



Figure 18 : Symptômes observés sur culture de saison en goutte à goutte, zone Hassi Khalifa (originale, 2019)



Figure 19 : Parcelle en rotation cultivée par l'arachide, zone Trifaoui (originale, 2019).



Figure 20 : Symptômes observés sur culture de saison sous pivot, zone Reguiba (originale, 2019).



Figure 21 : Symptômes observés sur culture d'arrière-saison sous pivot, zone Ourmes



Figure 22 : Pivot en jachère, zone Taghzout (originale, 2019).

I.4.2-L'échantillonnage :

L'échantillonnage consiste à prélever à l'aide d'une binette à partir de la parcelle étudiée des petites prises de sol dans la zone de la croissance des racines, à des profondeurs allant de 10 à 30 cm. De nombreuses prises élémentaires (50 prises) sont effectuées selon le modèle zigzag (Coyne et *al.*, 2010), et rassemblés en un échantillon global à raison de 2 à 2,5 kg par parcelle (un hectare) (figure 23).

Les prélèvements sont effectués en deux périodes, l'une au mois de janvier (culture d'arrière-saison) et l'autre au mois d'avril (culture de saison, parcelle en jachère ou en rotation).

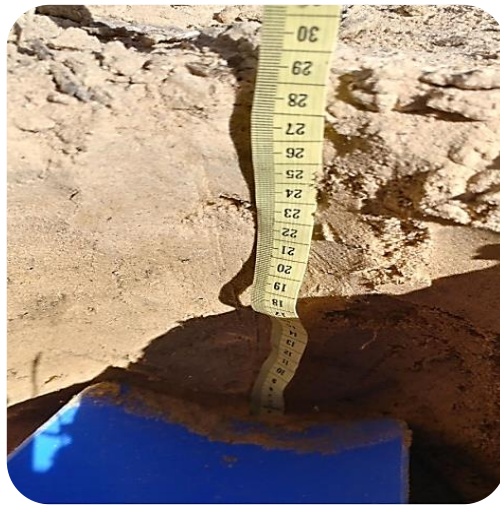


Figure 23 : Prélèvement de sous échantillons (original, 2019).

L'échantillon de sol est déposé dans un sac en plastique portant la date du prélèvement, le lieu, le précédent cultural, la variété cultivée et le numéro de la parcelle ainsi que toutes les informations susceptibles d'expliquer l'importance de ce genre de nématode (figure 24).



Figure 24 : Conditionnement des échantillons (originale, 2019).

Le sol est étalé à l'ombre sur du papier dans un endroit bien aéré pour permettre son séchage qui dure de 2 à 3 jours (figure 25).



Figure 25 : Séchages d'échantillons (originale, 2019).

I.4.3.- Extraction des kystes :

Au niveau du laboratoire de l'INPV de Biskra, Le sol préalablement séché est pesé à l'aide d'une balance de précision. A partir de chaque échantillon global, un sous échantillon de 200 g représentatif de la parcelle est analysé (figure 26).



Figure 26 : Sous échantillon de 200 g (originale, 2019).

I.4.3.1-Principe d'extraction :

Afin d'extraire les kystes *Globodera* des autres matériaux, nous avons utilisé la méthode classique décrite par FENWICK en 1940, qui est basée essentiellement sur le principe de flottaison des kystes (basé sur la densité des kystes par rapport à celle de l'eau). Les kystes pleins de *Globodera* ont une densité qui varie avec leur contenu et leur état d'humidité, l'on retiendra que cette densité est toujours inférieure à 1,18. En revanche, les kystes secs, quel que soit leur contenu, ont une densité inférieure à 1. Ainsi, les kystes pleins et humides sédimentent très vite alors que les kystes secs flottent à la surface de l'eau, ce qui permet de les récupérer. C'est pourquoi, l'opération nécessite un dessèchement préalable du sol contenant les kystes (Nakachia et Jacqemont, 1971 in Djebroune ,2013).

▪ Description de l'appareil de FENWICK :

L'appareil de FENWICK (figure 27) est un récipient en forme de cône tronqué. Le fond est constitué d'un plan oblique incliné vers un orifice qui permet la vidange. La partie supérieure est aménagée d'une gouttière périphérique qui oriente l'écoulement quand le récipient déborde. L'écoulement est orienté vers un tamis de 250 μm . Selon Southey et *al.*, (1959), l'efficacité de l'appareil de FENWICK peut être considérée en général comme satisfaisante, sauf que quelques pertes de kystes restent un des inconvénients majeurs de cette technique.

L'appareil de Fenwick est très utilisé dans l'extraction des kystes. Sa capacité d'extraction est de 72% pour le sable, 62% pour le sol sableux, 42% pour le sol argileux et 35% pour le sol limoneux avec un grand pourcentage de matière organique (Bellvert, 2008).

• Matériel

- Appareil de Fenwik.
- Entonnoirs.
- Passoire avec des mailles de 1 mm.
- Tamis de 250 μm de mailles.
- Papier filtre.
- Boites de Pétri.



Figure 27 : Appareil de Fenwick (originale, 2019).

I.4.3.2 - Mode opératoire :

L'extraction consiste à entraîner le sol séché à travers une passeoire ménagère de 1 mm de mailles dans le corps de l'appareil par un jet d'eau. Les particules fines et les kystes passent tandis que les grosses particules minérales et végétales sont retenues. Les éléments légers qui flottent à la surface de l'eau sous l'action du trop-plein tels que les graines de mauvaises herbes, la matière organique et les kystes vont être entraînés dans la gouttière pour s'écouler sur un tamis de 250 µm (figure 28).

Le contenu du tamis est récupéré à l'aide des jets d'eau d'une pissette sur papier filtre soutenu par un entonnoir (figure 29). Le filtre et son contenu sont mis dans une boîte de Pétri qui porte une étiquette numérotée indiquant : la parcelle, la variété, la date d'échantillonnage, la date d'extraction. Et sont déposés pour se sécher naturellement à température ambiante pendant 24 heures.



Figure 28 : Procédé d'extraction des kystes (originale, 2019).



Figure 29 : Récupération des kystes sur papier filtre (originale, 2019).

I.4.4. Prélèvement et comptage des kystes :

Après séchage de l'extrait, l'examen et le tri des kystes se font sous une loupe binoculaire ($G : \times 2$ ou $G : \times 4$) (figure 30). L'utilisation d'une épingle est indispensable pour séparer les kystes pleins des kystes vides, en prenant le soin de distinguer entre les kystes de *Globodera* et ceux des autres genres (figure 31a). En effet, les kystes pleins sont reconnus grâce à leur aspect turgescent et leur couleur foncée ou parfois claire (figure 31b), alors que, les kystes vides sont identifiés par leur couleur claire et l'aspect ridé de la cuticule. Ces kystes sont alors comptés et conservés dans des boîtes de Pétri.



Figure 30 : Loupe binoculaire pour l'examen et le tri des kystes (originale, 2019).

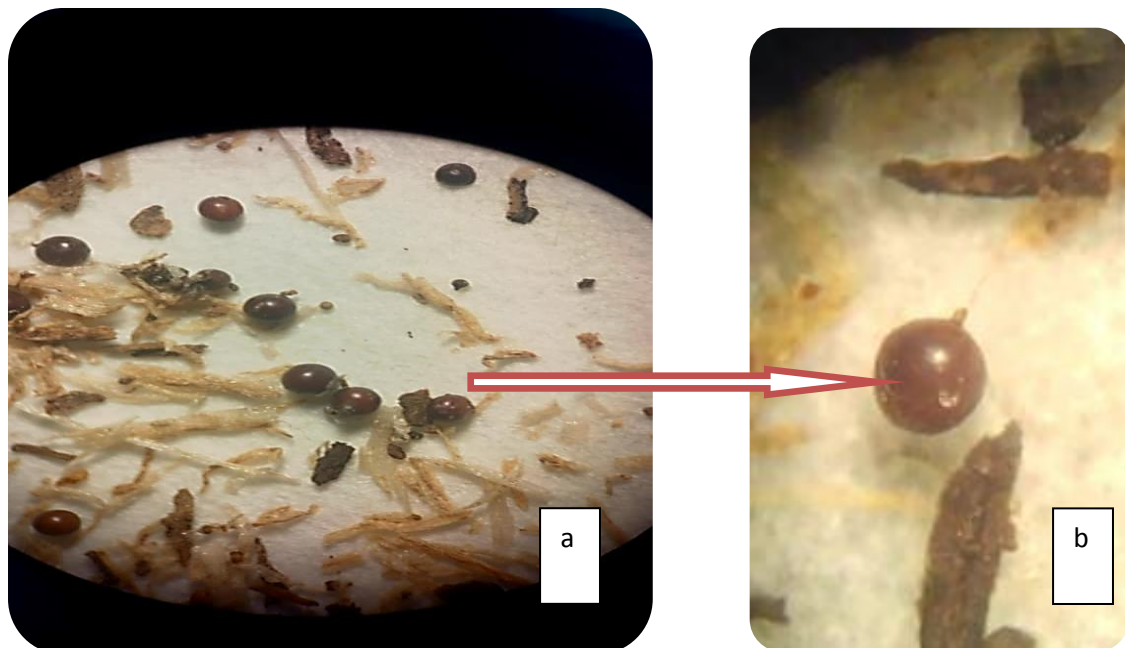


Figure 31 : kystes de *Globodera* pleins et vides mélangés avec la matière organique (originale, 2019).

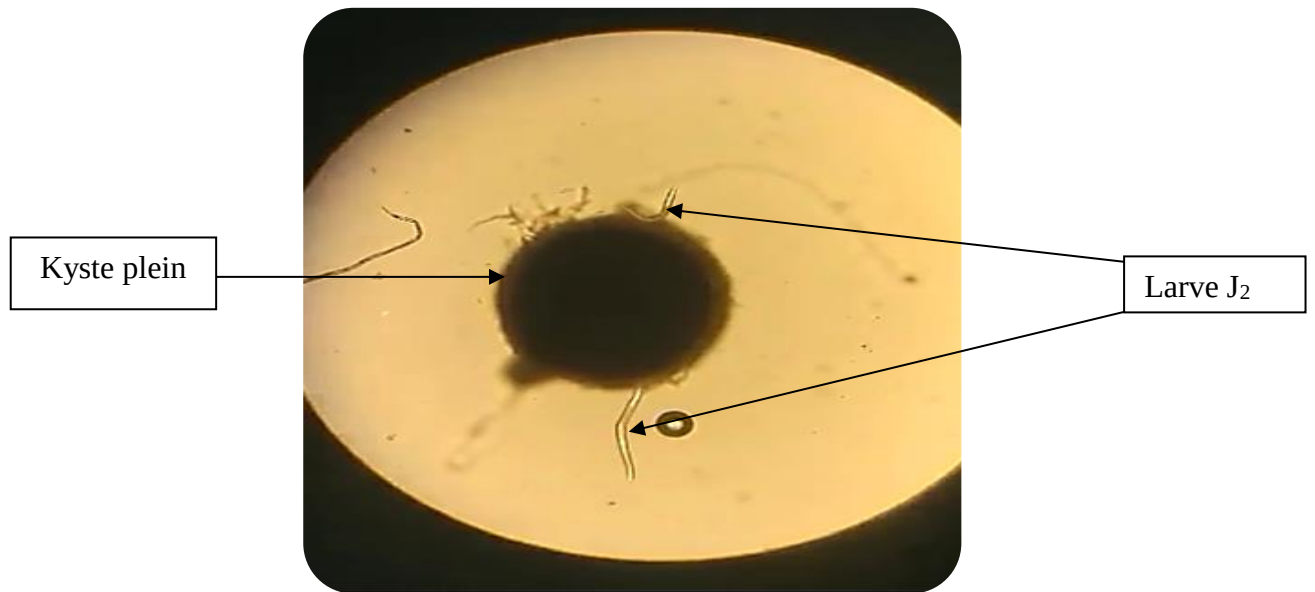


Figure 32 : Larves J₂ qui sortent de kyste de Globodera (originale, 2019).



Figure 33 : Œufs et Larves J₂ de Globodera sous microscope optique G x100 (originale, 2019).

Partie II

Partie Expérimentale

Chapitre II

- *Résultats et discussion*

II.1- Résultats des enquêtes auprès des agriculteurs :

Dans ce chapitre, nous présentons les résultats des principaux facteurs qui ont un impact majeur sur le développement et la propagation de nématodes à kystes de la pomme de terre (*Globodera*). (Annexe :02).

II.1.1-Niveau de technicité du gérant :

Les résultats indiquent que 17 % des agriculteurs enquêtés sont qualifiés, 4 % sont des ingénieurs agronomes et 7% sont des techniciens. Cependant, 72 % des agriculteurs n'ont acquis aucune formation agricole (figure 34).

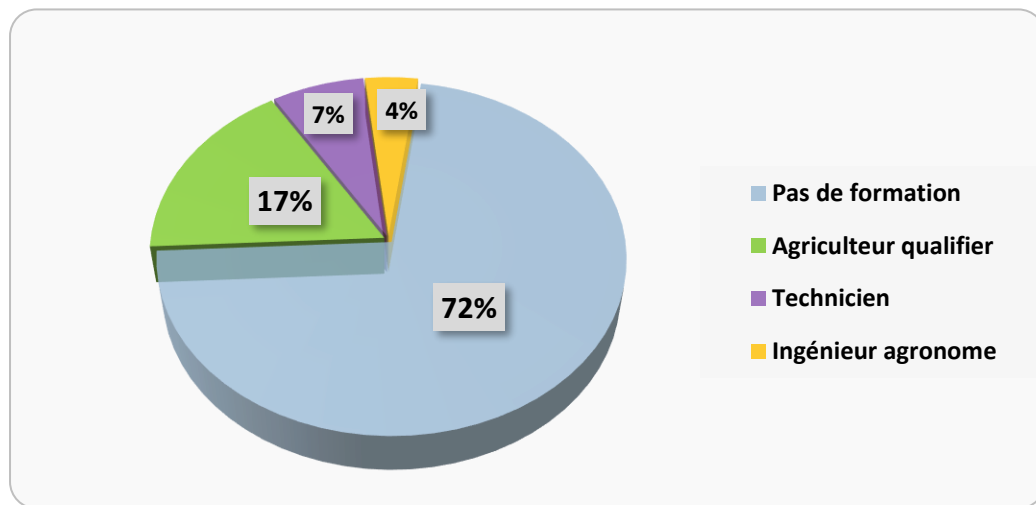


Figure 34 : Niveau de technicité de gérant

II.1.2- La superficie occupée par la pomme de terre :

L'enquête a montré que la superficie destinée à la culture de la pomme de terre représente 76 % de la superficie totale des exploitations, alors que les 24% sont occupées par d'autres cultures (figure 35).

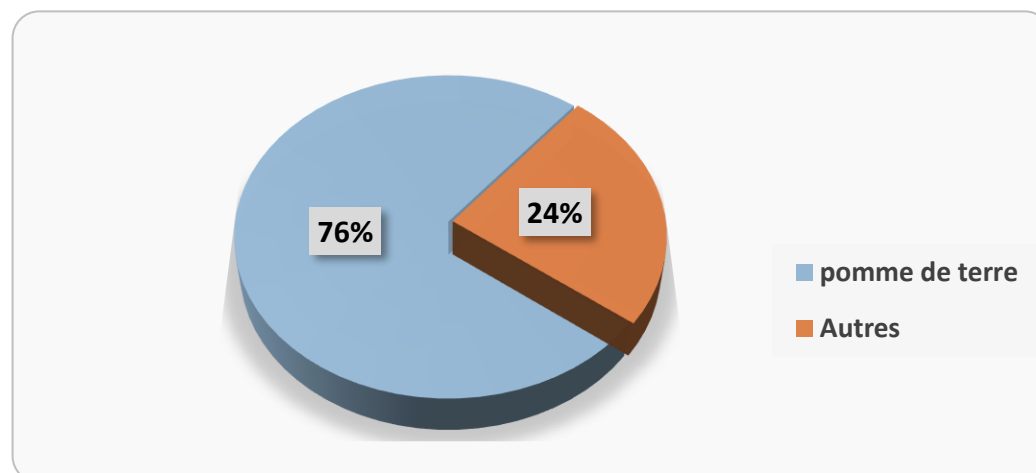


Figure 35 : Superficie occupée par la pomme de terre

II.1.3- Type de culture :

D'après les résultats obtenus, 42 % des agriculteurs se limitent à la culture d'arrière-saison et presque 58% des agriculteurs combinent entre les deux périodes de plantation. (figure 36).

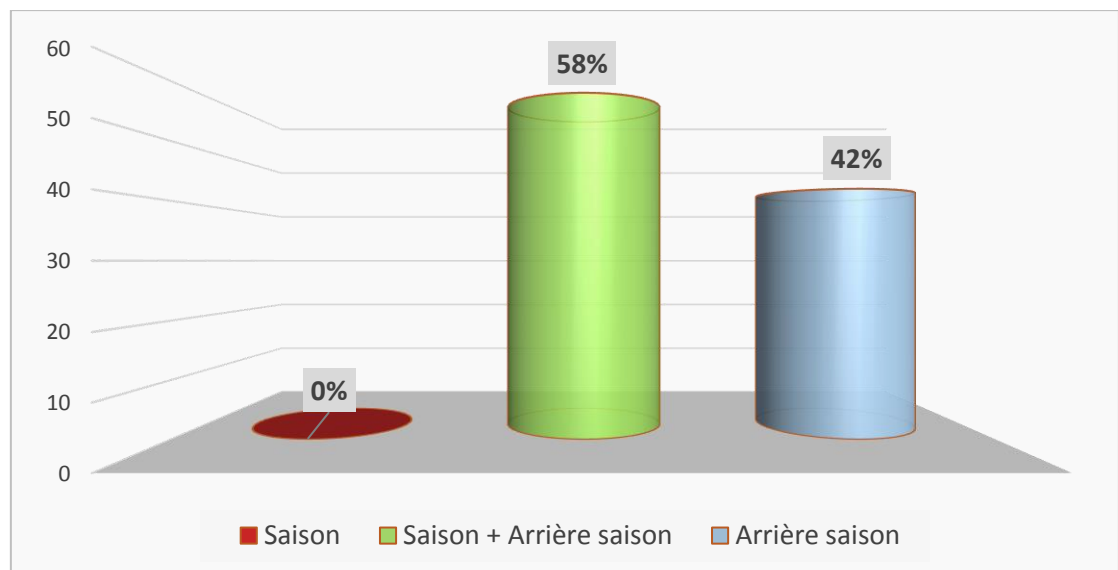


Figure 36 : Type de culture

II.1.4- Pratiques Culturelles et mode de conduite de la culture :

II.1.4.1- Variétés cultivées :

La variété la plus cultivée dans les exploitations étudiées est celle de Spunta (chair Blanc). Cette dernière est cultivée dans 42% des parcelles, elle est suivie de la variété Bartina 26% et Kondor (chair rouge) 19%, et en fin la variété Fabula et Autres variétés (7% et 6%) respectivement (figure 37).

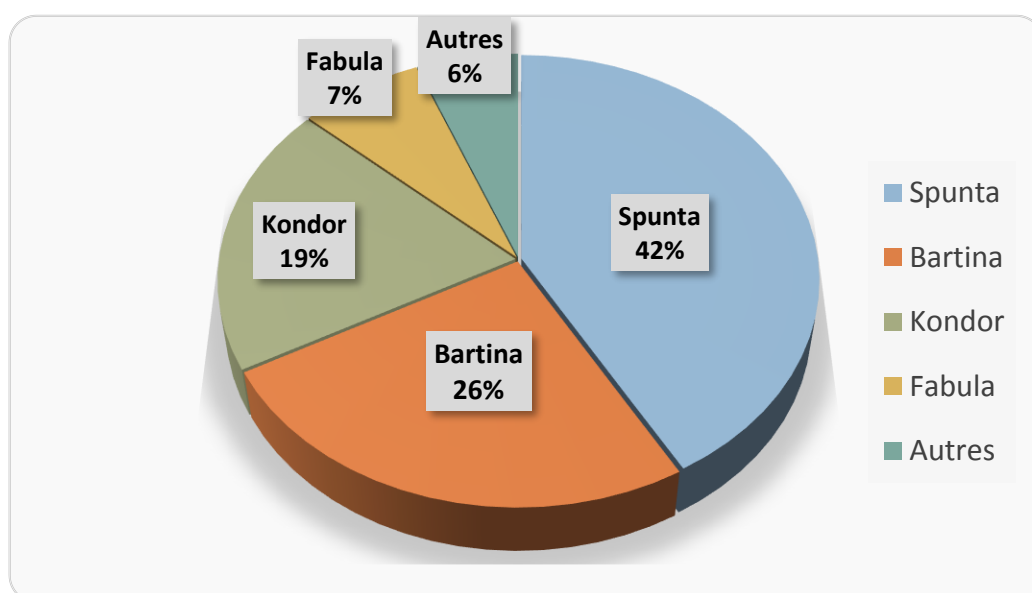


Figure 37 : Variétés cultivées

II.1.4.2- Irrigation :

Dans les parcelles enquêtées, l'aspersion (pivot) est le moyen le plus utilisé pour irriguer les parcelles cultivées en pomme de terre avec un pourcentage de 96 % tandis que l'irrigation localisée (goutte à goutte) ne représente que 4 % des parcelles irriguées de la pomme de terre (figure 38).

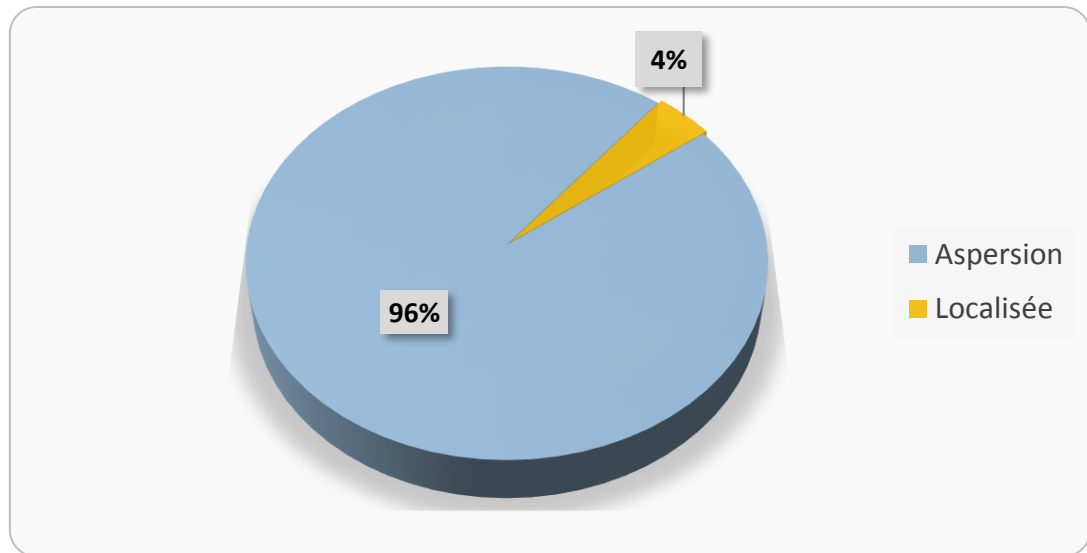


Figure 38 : Type d'irrigation

II.1.4.3- Rotation et jachère :

D'après les résultats obtenus par l'enquête, 74 % des agriculteurs ne pratiquent pas la rotation, seul 26 % qui les pratiquent (figure 39).

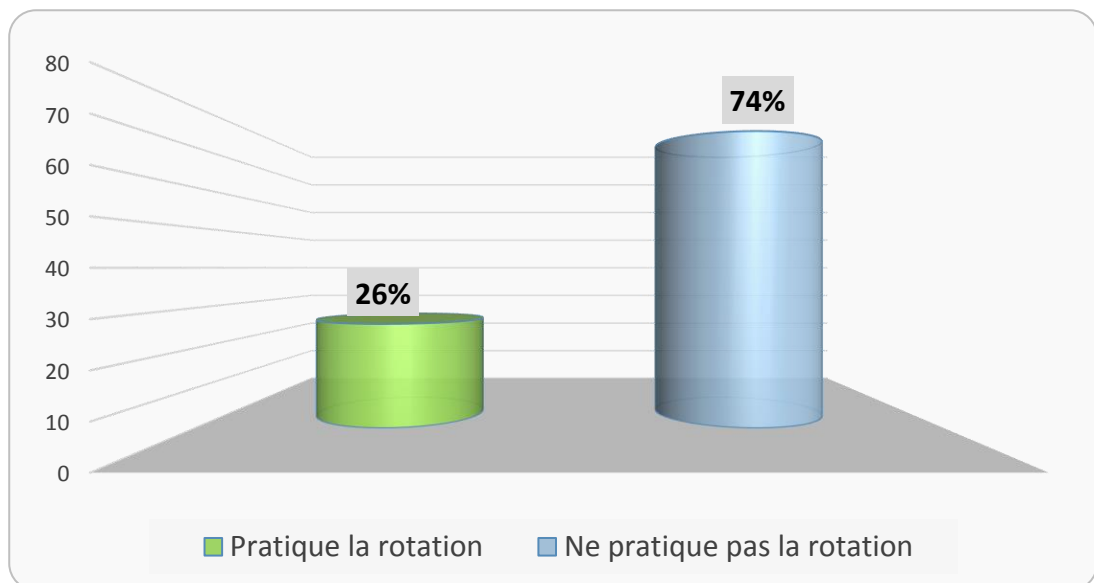


Figure 39 : Rotation culturale

La rotation dominante est la rotation ; pomme de terre-céréale ou celle PDT /oignon. Parfois, d'autres cultures maraîchères sont également introduites tel que les (Ail, pastèque). La pomme de terre revient, généralement, chaque année dans la même parcelle et parfois elle est cultivée deux fois successivement sur la même parcelle.

Cependant, l'aspect intéressant est que 74% des agriculteurs pratiquent la jachère (figure 40).

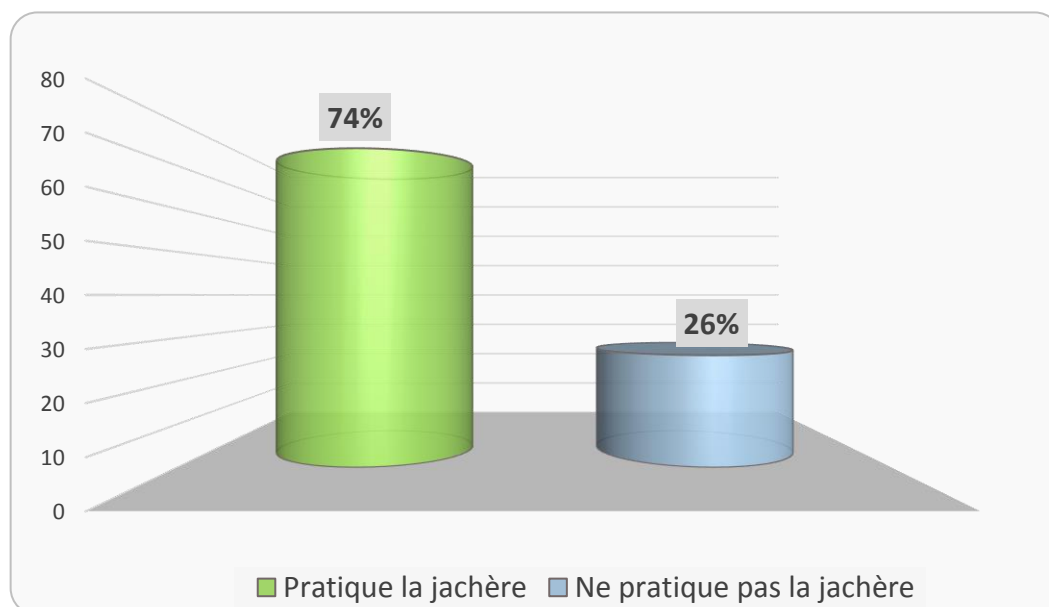


Figure 40 : Jachère

II.1.5- Connaissance des Nématodes :

La figure 41 indique que les agriculteurs répartissent en deux catégories :

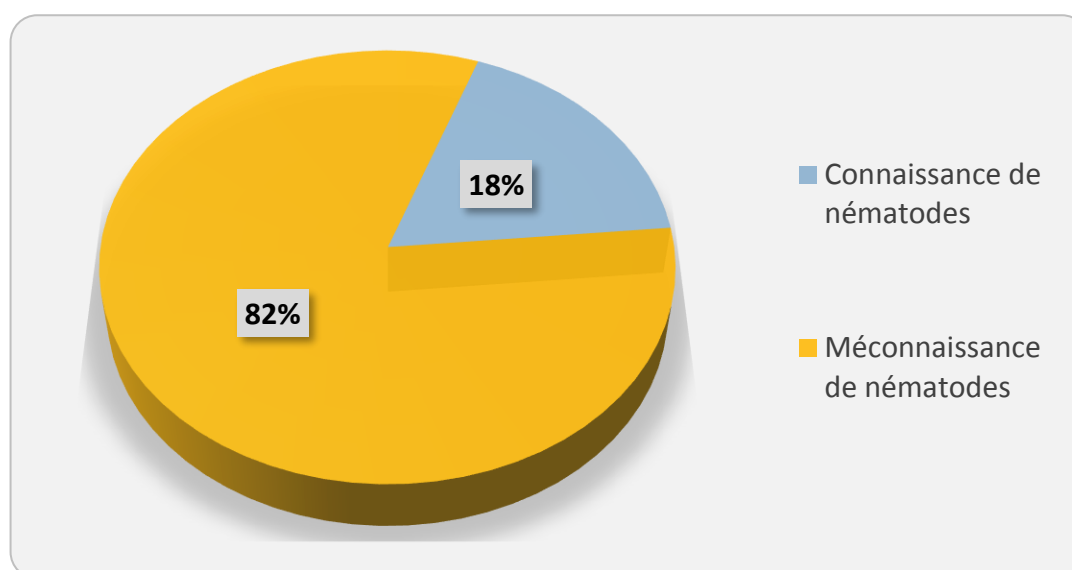


Figure 41 : Connaissance des nématodes.

- Les agriculteurs ne connaissent pas les nématodes représentent 82%.
- Les agriculteurs qui connaissent les nématodes Globodera et leurs symptômes la plupart sont des ingénieurs ou des techniciens, ils représentent 18%.

II.1.6- Analyses nématologiques dans les exploitations enquêtées

La totalité des agriculteurs enquêtés 100% ne réalisent pas les analyses nématologiques (figure 42).

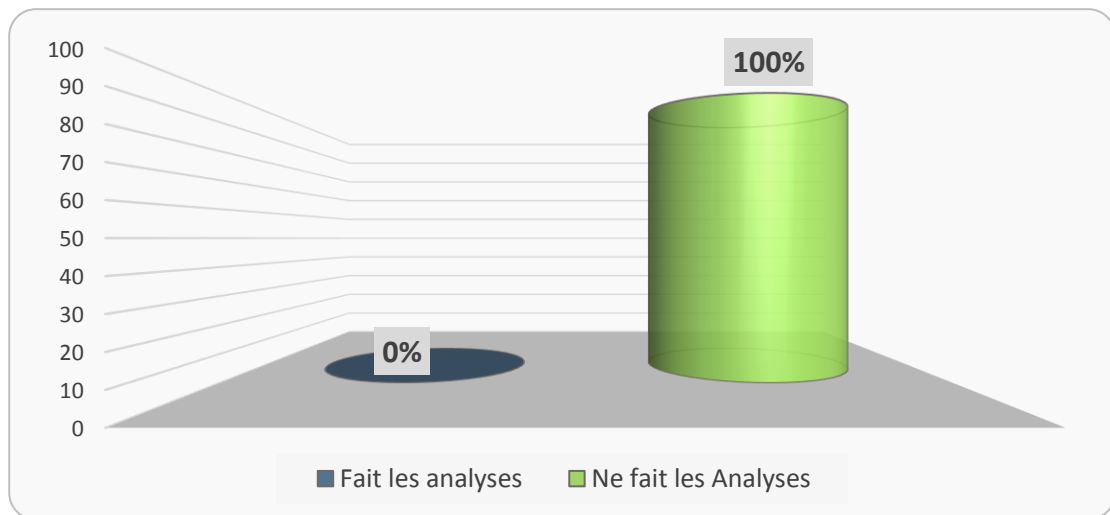


Figure 42 : Analyse nématologique

II.1.7- Parcelles touchées par les nématodes :

D'après les résultats obtenus par l'enquête, 38% des parcelles sont touchées par les nématodes à kystes de la pomme de terre, les parcelles indemnes de la maladie représentent 62% (figure 43).

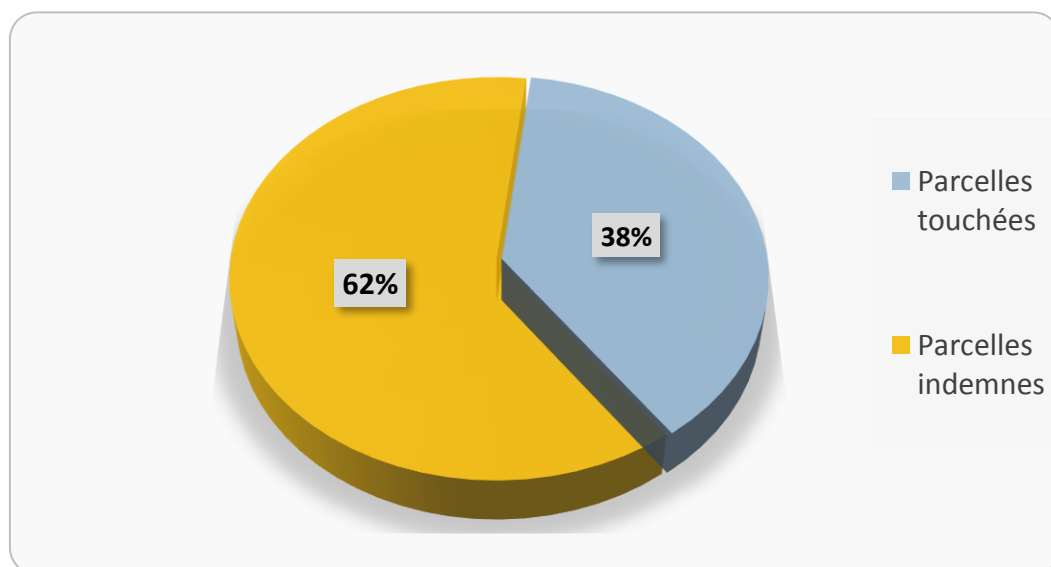


Figure 43 : Parcelles touchées par les nématodes

II.1.8- Désinfection du sol :

Les résultats obtenus par l'enquête ont révélé que pour 38 % des sites infectés uniquement 24 % des agriculteurs désinfectent le sol contre ce ravageur avec des nématicides, par contre 76 % ne désinfectent plus leur sol (figure 44).

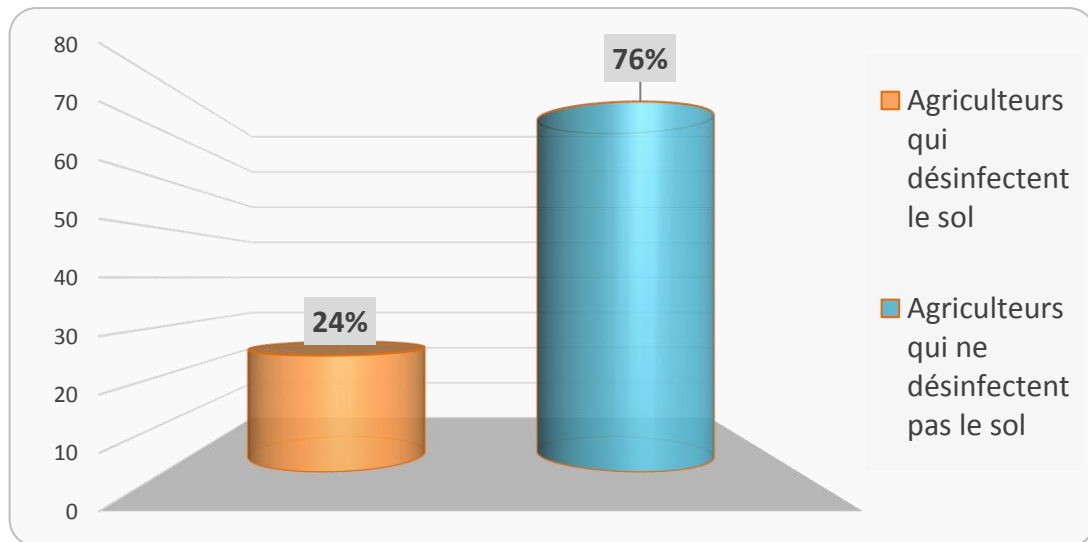


Figure 44 : Désinfection du sol

II.1.9- Origine de semence de la pomme de terre :

La figure 45 montre que 63% des agriculteurs achètent des semences certifiées de la pomme de terre tandis que 37 % ne s'intéressent pas à l'origine de cette semence.

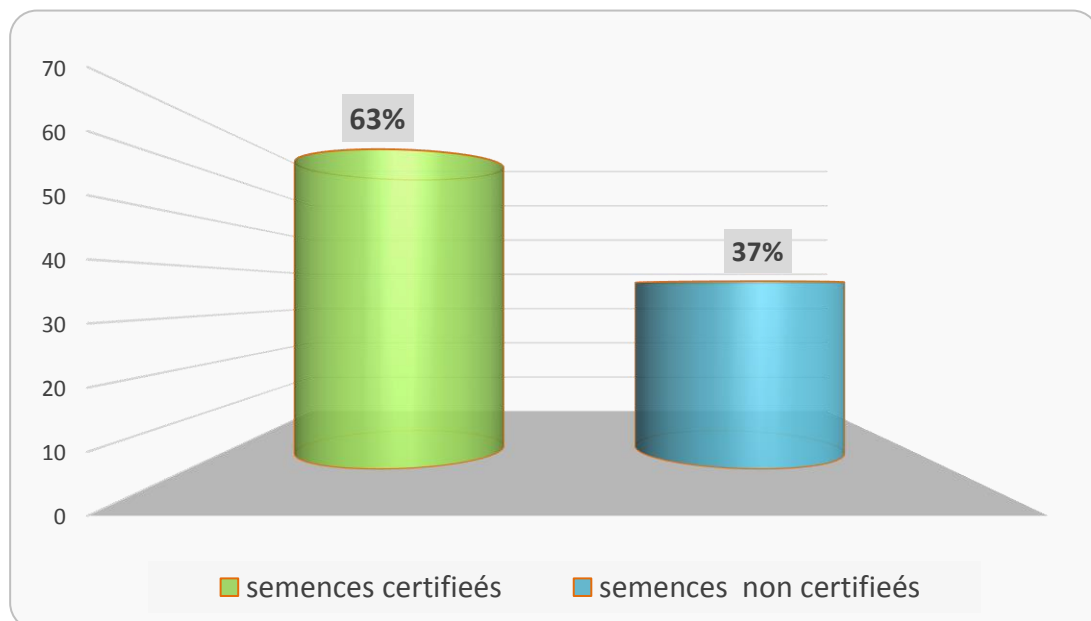


Figure 45: Origine de la semence de la pomme de terre

II.1.10- Désinfection du matériels agricoles :

D'après La (figure 46) nous constatons que 89% des agriculteurs ne désinfectent pas leur matériel agricole utilisé, et seulement 11% des exploitants le désinfecte.

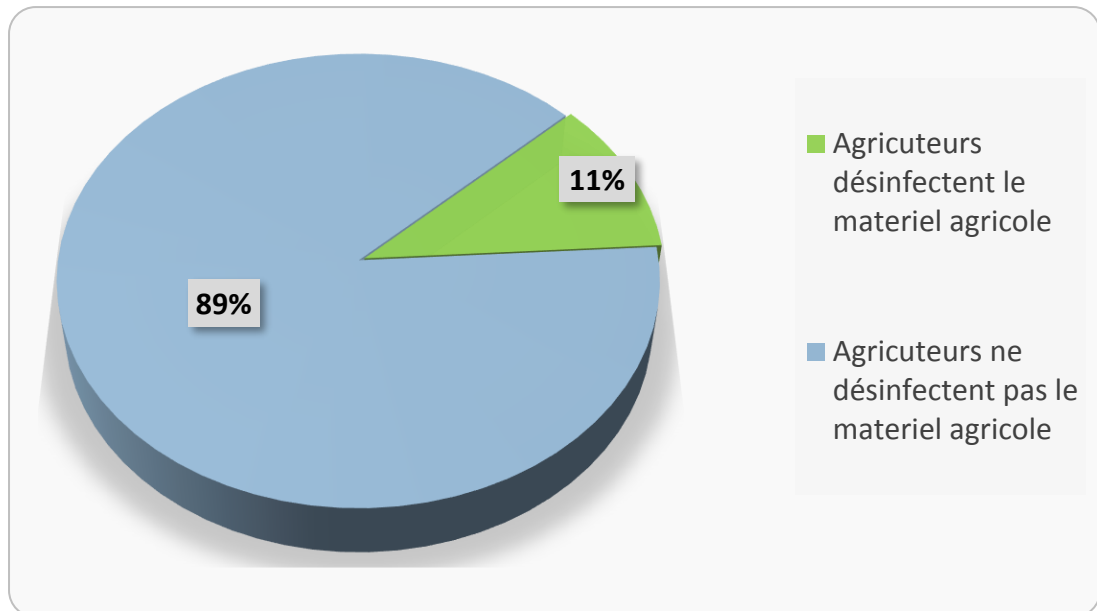


Figure 46 : Désinfection du matériel agricole

II.1.11- Elimination des déchets :

Selon les résultats obtenus (figure 47), la plupart des agriculteurs 78% éliminent les déchets de la pomme de terre en les jetant sur les (tabia) juste à proximité de la parcelle cultivée. Par contre 22 % d'eux brûlent ces résidus après élimination.

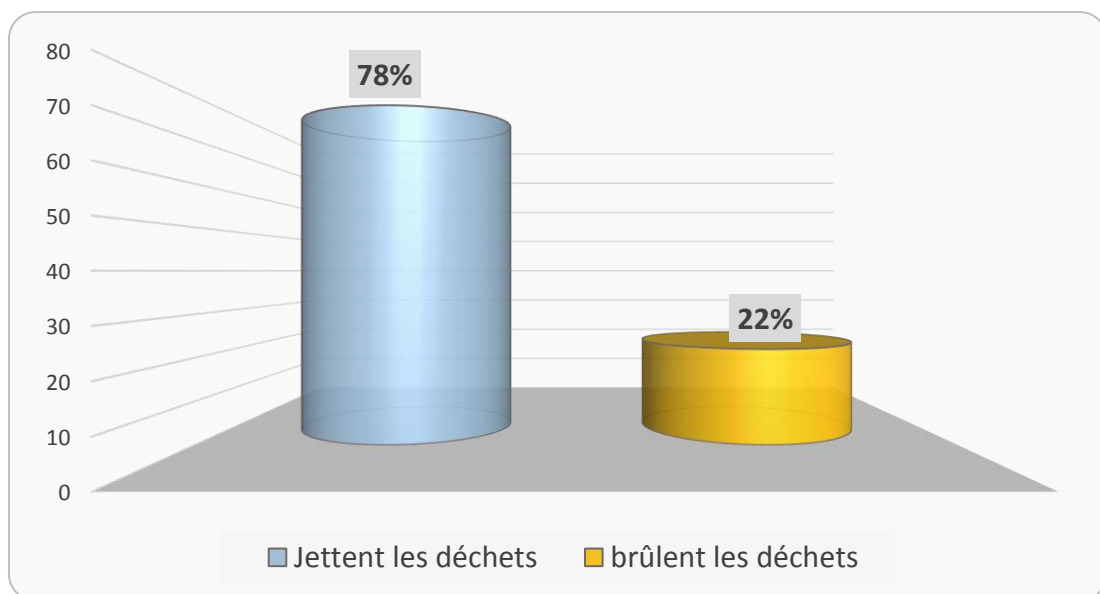


Figure 47 : Elimination des déchets

II.2- Analyse nématologiques des échantillons :

L'analyse nématologique des échantillons au laboratoire a confirmé la présence des kystes de Globodera dans toutes les parcelles prospectées, le nombre moyen des kystes comptés relatifs aux différentes parcelles sont présentés dans l'Annexe 03.

La figure 48 montre que le nombre le plus élevé des kystes pleins est celui enregistré dans la parcelle P02 de la zone de Taghzout (52 kystes pleins/200 g de sol), le nombre le plus faible est noté à la même zone au niveau de la parcelle P03 (04 kystes pleins/200g de sol). Cependant le nombre moyen le plus élevé des kystes vides est perpétuellement enregistré à Taghzout dans la parcelle P01 (15 kystes vide/200g de sol), toutefois la parcelle P02 de la zone Reguiba représente le nombre le plus faible des kystes vides à savoir (04 kystes vide/200g de sol).

Les résultats de calcul de nombre moyen des kystes (pleins, vides et totaux) des trois parcelles pour chaque zone (figure 49), ont révélé que :

Le nombre moyen de kystes pleins le plus élevé est obtenu dans la zone de Trifaoui avec 32 kystes/ 200g de sol. Néanmoins, les échantillons prélevés de la zone de Reguiba contiennent le nombre moyen le plus faible des kystes, soit, kystes pleins ou vides (15 kystes pleins/200 g de sol) et (05 kystes vides/200 g de sol).

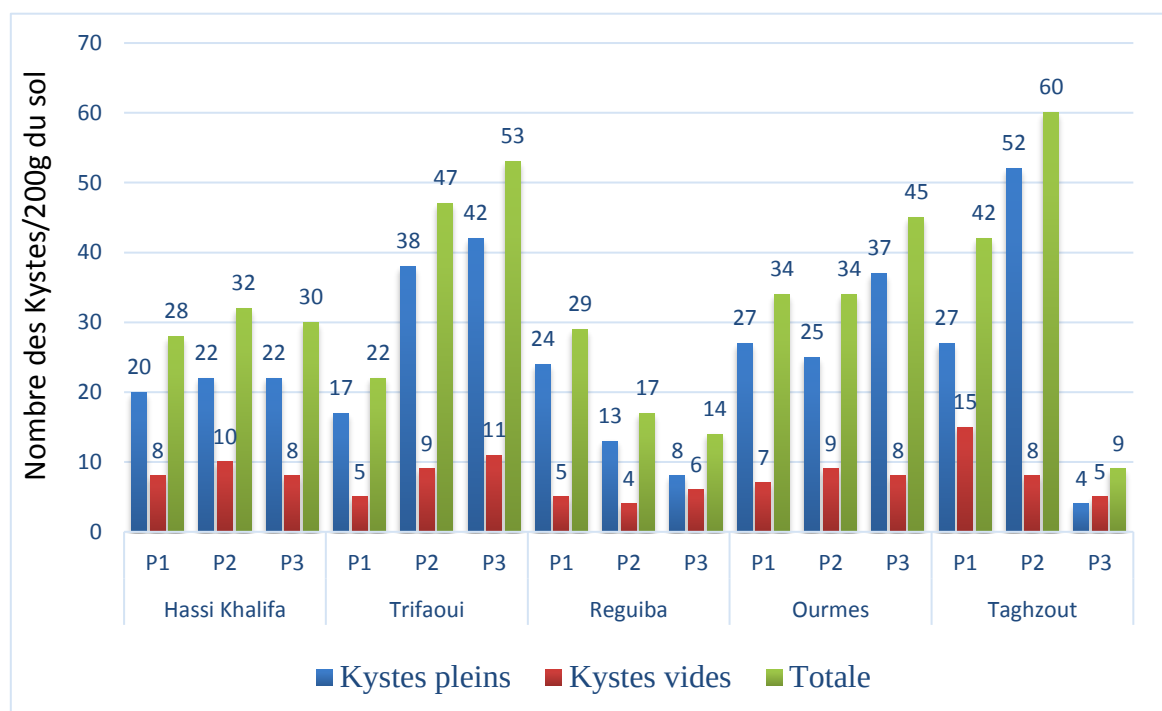


Figure 48 : Nombre de kystes trouvées (pleins, vides et totaux) dans chaque parcelle.

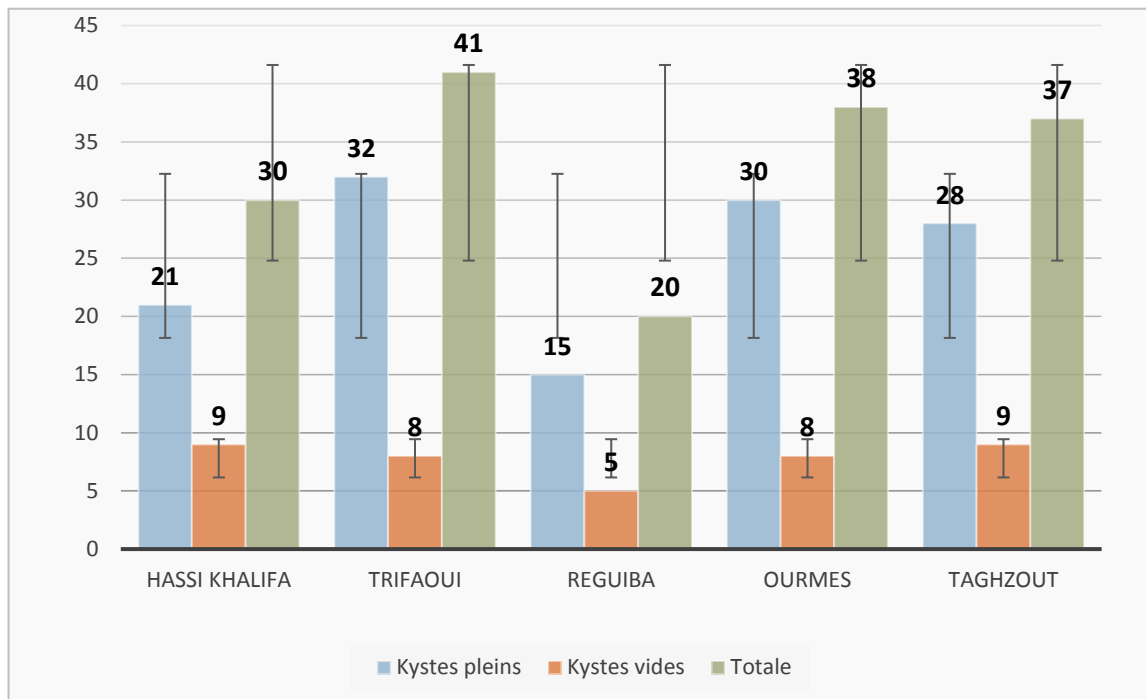


Figure 49 : Nombre moyen des kystes trouvées (pleins, vides et totaux)

▪ Analyse de la variance :

Tous les résultats obtenus des parcelles (variables), kystes pleins, kystes vides et kystes totaux, sont soumis à une analyse de la variance (Anova), par le logiciel statistique SPSS version 21.

Le test de normalité Shapiro–Wilk montre que tous les échantillons suivent la loi normale, (Annexes 04, 05, 06 et 07).

Les résultats de test Anova a montré qu'il n'existe pas de variations significatives de nombres des (kystes pleins, vides et taux) entre les régions prospectées $p\text{-value} > 0.05$ (Annexes 08 ,09 et 10).

II.3- Discussion :

II.3.1- Résultats d'enquête :

Les résultats de l'enquête indiquent l'importance accordée à la culture de la pomme de terre dans la région d'étude. En effet, elle occupe 76 % de la superficie totale enquêtée. Parmi ces exploitations on a enregistré 38 sites touchées par les nématodes à kyste particulièrement celles localisées dans les zones de Taghzout, Ourmes et Trifaoui. Le malheur que la majorité (82%) des agriculteurs ne connaissent pas ces nématodes ni les mesures de prévention et de protection contre ces parasites, ceci est le résultat de l'interaction de plusieurs facteurs particulièrement :

✓ Niveau de formation des agriculteurs :

La méconnaissance et le manque de formation des agriculteurs vis-à-vis les maladies notamment les nématodes à kystes qui sont appelées et connus localement sous le nom de la maladie de « tâches jaunes », confondues généralement avec des symptômes d'autres maladies peut avoir un effet négatif sur l'itinéraire technique de la culture appliquées (choix des variétés, type de rotation, méthodes de lutte.....etc.).

✓ Type du sol :

Toute l'exploitations enquêtées avaient des sols sableux légers dont les travaux de Schneider et Mugniery, 1971 affirment que, les nématodes se multiplient bien dans les sols légers. En effet, La totalité des agriculteurs ne font pas les analyses qui sont nécessaires à la détection du parasite précocement et le maintenir sous le seuil de nuisibilité. Par conséquent, Djebroune (2013) a prouvé que, plus l'effectif des larves de ces nématodes augmente plus que le rendement de la culture de la pomme de terre diminue.

✓ Le choix variétal :

Nous remarquons que la variété Spunta est la plus cultivée dans la région, ce choix n'est pas judicieux, de même, les travaux de Greco et *al.*, (2007) ont montré que la variété Spunta est très sensible à l'attaque des *Globodera*. De même, 37 % d'agriculteurs utilisent des semences non certifiées probablement contaminées par les nématodes, en constituant une source d'infestation du sol.

✓ Type d'irrigation :

D'après les résultats de notre enquête le mode d'irrigation par aspersion (Pivot) est pratiqué dans 96% des parcelles irriguées, ce mode d'irrigation est probablement responsable de la prolifération de population du nématode. Dans le même contexte, Reddy 1983 in Belhadj Ben Yahya, 2007 affirme que ce type d'irrigation favorise le développement et la prolifération des nématodes.

✓ La rotation et la jachère male appliquée :

D'après les résultats obtenus de notre enquête le $\frac{3}{4}$ des exploitants ne pratiquent pas la rotation et ceux qui l'appliquent le font d'une manière inadéquate : des rotations courtes répétées pendant plusieurs années successives dans les parcelles cultivées en pomme de terre permettent le développement de ces parasites. Une rotation judicieuse des cultures basée sur les céréales ou les fourrages, en évitant soigneusement de répéter la même famille (INPV, 2017). En outre, Buisson et *al.*, (2011), mentionnent que la lutte culturale, comme la rotation des cultures avec des plantes résistantes non hôtes, permet de maintenir les populations de NKPT sous le seuil d'apparition des dégâts. Effectivement, cette technique permet d'exploiter le déclin naturel des populations de NKPT par l'éclosion spontanée en absence de plantes hôtes (Den Ouden, 1960).

Par ailleurs, la monoculture permet aux nématodes de se maintenir dans le temps et dans l'espace alors que la rotation des cultures qui est considérée comme une méthode de lutte efficace contre les nématodes réduit nettement la densité de ces parasites (Ritter, 1971 ; Schneider et Mugniery, 1971). Dans le cas des nématodes à kystes qui se conservent longtemps dans le sol, de longues rotations sont préconisées (Belair et Laplante, 2007). Par contre plus que la moitié des agriculteurs appliquent la jachère mais se limitent au repos de la terre à une saison ou un an sans réalisés les pratiques culturales nécessaires comme le labour d'été et le désherbage.

Globalement, la présence des nématodes dans 38 % des sites prospectés est probablement due à l'utilisation des semences non certifiées, aux matériaux agricoles non désinfectés et la mauvaise gestion des déchets poste récoltes. Alors que, la principale cause réside essentiellement sur la méconnaissance des agriculteurs aux ravageurs par conséquent, l'incapacité de trouver et d'appliquer des moyens de lutte appropriés et dans des moments opportuns.

II.3.2- Résultats d'analyse nématologique :

Les résultats des analyses nématologiques des parcelles étudiées ont confirmé la présence du nématode de *Globodera* dans toutes les parcelles. L'analyse des échantillons de sol indique que le nombre maximal des kystes pleins est noté dans la parcelle p 02 dans la zone de Taghzout avec 52 kystes /200g du sol, en raison que l'agriculteur de cette parcelle n'a jamais pratiqué la rotation et cultive seulement deux variétés spunta et bartina. Tandis que, le nombre le plus faible est enregistré à la parcelle p03 de la même zone 04 kystes /200g du sol, à partir de résultats d'enquête l'agriculteur propriétaire de cette parcelle a pratiqué une rotation culturale oignon /jachère/ oignon /jachère pendant 02 ans. Toutefois, l'effectif des kystes vides le plus élevé est marqué à la parcelle p 01 à Taghzout avec un nombre moyen de 15 kystes /200g du sol, par contre, le nombre minimal des kystes vides est enregistré dans la parcelle p 02 de la zone Reguiba de 04 kystes/200g du sol. En parallèle, des travaux semblables, de Remani en 2016 dans la zone de Maghnia a noté une présence maximale de 41 kystes pleins/200g du sol et un effectif minimal de 04 kystes/200 g du sol. Alors que le nombre le plus élevé des kystes vides est de 47 kystes /200g du sol, et le plus bas de 01 kyste vide /200g du sol.

II.3.3- La vulgarisation agricole dans la wilaya :

L'efficacité de la vulgarisation dépend d'abord du degré de formation (générale et technique) et d'information des agriculteurs (Bédrani, 1993). Malgré le travail des services de protection des végétaux au sein du DSA d'El Oued pour faire face à la dissémination de ces nématodes, il reste beaucoup à faire quant à la collaboration entre ces services, les agriculteurs et les chercheurs dans toutes les démarches pour prévenir l'introduction de ces parasites et pour limiter leur développement. Ainsi pour bien contrôler ces ravageurs, il est recommandé d'intervenir à différents niveaux :

- Planifier des formations périodiques des agriculteurs pour leur fournir les connaissances techniques et les informations pouvant améliorer leurs conditions de travail et leur production. Ils doivent respecter toutes les mesures d'hygiène au sein de leurs exploitations et adopter un mode de conduite de culture adéquat qui limite le développement de ces parasites en accordant plus d'intérêt aux méthodes alternatives aux pesticides.

- Les services agricoles doivent accorder plus d'importance à ces parasites et améliorer la performance des services de vulgarisation en assurant aux Agent Chargé de Vulgarisation et délégués communaux des cours permanents en méthodologie de communication afin qu'ils

puissent communiquer aisément avec les agriculteurs et accomplir leur mission bonnes conditions.

- Enfin, les chercheurs doivent contribuer en diffusant les résultats de leur recherche en termes sélection de variétés résistantes et de modèles de rotation adéquats ou toute autre méthode.

Conclusion

Conclusion

L'enquête menée sur les nématodes de genre *Globodera* dans la région de Souf, nous a permis de donner une idée générale sur la situation sanitaire des exploitations cultivées de la pomme de terre vis à vis ce ravageur, ainsi de connaître les causes susceptibles d'être responsable de sa propagation. En effet, nous avons décelé que :

- Environ 38 sites sont touchés par ce parasite sur 100 sites prospectés, notamment ceux localisés dans les zones de Taghzout, Ourmes et Trifaoui.
- Plus que 52 % des agriculteurs n'ont pas acquis aucune formation agricole.
- La variété Spunta est cultivée dans 42% des parcelles étudiées, et considérée comme une variété sensible au nématode par plusieurs auteurs.
- L'irrigation par aspersion (pivot) est appliquée dans 96 % des parcelles enquêtées
- Presque 91% des Agriculteurs ne désinfectent pas leur sol contre ce ravageur.
- 74 % des agriculteurs ne pratiquent pas la rotation agricole.
- La totalité des exploitants enquêtés ne réalisent pas les analyses nématologiques.

De ce fait, il nous avéré impératif de procéder à des analyses servant à identifier l'agent causal, nous avons choisi 15 parcelles dans les zones (Hassi khalifa, Trifaoui, Réguiba, Ourmes et Taghzout) pour l'échantillonnage du sol et l'analyse nématologique au laboratoire. Les résultats obtenus confirment notre problématique par la présence des kystes pleins et vides dans toutes les parcelles analysées. Bien que, le nombre des kystes varie d'une parcelle à une autre, dont le plus élevé est noté dans la parcelle P2 commune de Taghzout avec 60 kystes partagés entre 52 kystes pleins et 08 vides, et le plus bas dans la parcelle P3 commune de Réguiba avec 14 kystes à savoir 08 pleins et 06 kystes vides.

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

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

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

Il est judicieux de multiplier les prospections dans les différentes communes de cette wilaya afin de récolter les informations nécessaires sur ces parasites et leur distribution géographique.

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

Références

bibliographiques

Références bibliographiques :

1. **Adoutte, A., Balavoine, G., Lartillot, N., Rosa, R. 1999-** Animal evolution : the end of the intermediate taxa? Trends Genet. 15:104-108.
2. **Aguinaldo, A.M., Turbeville, J.M., Linford, L.S., Rivera, M.C., Garey, J.R., Raff, R.A., Lake, J.A, 1997-** Evidence for a clade of nematodes, arthropods and other moulting animals. Nature. 387:489-493.
3. **Alia, Z ; Ferdjani, B., 2008** - Inventaire de l'entomofaune dans la région d'Oued Souf. (Cas de deux station Dabadibe et Ghamra). Mém. Ing. Univ. Ouargla. 160 p.
4. **ANRH., 2005** – (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, Direction Régionale Sud-Ouargla). Inventaire des forages d'eaux de la wilaya d'El Oued.
5. **Bamouh., 1999** -Technique de production de la pomme de terre au Maroc, fiche technique, N° 52. PNTTA.4P.
6. **Beggas. Y., 1992** - Contribution à l'étude bioécologique des peuplements orthopterologiques dans la région d'El oued – régime alimentaire d'*Ochilidia tibilis*, Mémoire Ing. Agro. Insti. nati. Agro. El Harrach, 53 p
7. **Behrens, E., 1975-** Problemen der Phytoneumatologie N 01, pp. 12-26.
8. **Bellabaci, H., Cherfouh, R., 2004** - Développement de la culture de pomme de terre dans la région saharienne, séminaire sur la culture de pomme de terre, wilaya d'El- Oued du 11 au 13 janvier 2004, PP. 7-8.
9. **Belair, G., Laplante, G., 2007-** Le nématodes à kyste de la pomme de terre, *Globodera rostochiensis* : Mise au point sur la situation au Québec. CRDH, St-Jean-sur- Richelieu; ACIA, Québec.
10. **Bellvert, J., Crombie, K., Horgan, F.G., 2008-** Comparative efficiency of the Fenwick can and Sculling centrifuge in extracting nematode cysts from different soil types. Journal of Nematology , n° 40, 30-34.
11. **Bernhardes., 1998** -La pomme de terre *Solanum tuberosum* L. Monographie institut National Agronomique.
12. **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*. Biochimie [q-bio.BM]. Université Rennes 1. 09 P
13. **Boumlik, M., 1995** - Systématique des spermatophytes. Edition Office des Publications Universitaires. Ben Aknoun (Alger). 80p.
14. **Brodie, B.B., Mai ,W.F., 1989-** Control of the golden nematode in the United States. Annual Review of Phytopathology 27:443-461
15. **Belhadj ., Ben Yahia, F., 2007** -Variation de l'infestation de quelques parcelles de pomme de terre par le nématode doré du genre *Globodera*. Test de sensibilité de deux

- variétés (Désirée et Spunta) au laboratoire. Mémoire d'ingénieur en Agronomie, Institut National Agronomique El-Harrach, Alger, 57 p
16. **Bedrani, S., 1993-** La vulgarisation agricole au Maghreb : essai de synthèse d'un séminaire Cahiers Options Méditerranéennes CIHEAM **2(1)**: 3-11.
 17. **Blumenthal, T., Davis, R.E., 2004** - Exploring nematode diversity. *Nature Genetics*, 36: 1246-1247.
 18. **Cannon, O.S.1941-***Heterodera schachtii* found in a Long Island potato field. *Plant. Dis.*
 19. **Cayrol, J.C., 1992-** La lutte biologique contre les Nématodes phytoparasites , *Courrier de la Cellule Environnement de l'INRA* n° 17, 31 p.
 20. **CEE-ONU., 2014-** Guide de la CEE-ONU sur les maladies, parasites et défauts des plants de pomme de terre. Designed and printed at the United Nations, Geneva 1421074(F) — August 2014 — 200 ECE/TRADE/416.
 21. **Chaumeton ,H., Jutier, S., Fragnaud ,C., 2006-**La culture des pommes de terre. 93 p.
 22. **Chitwood, D.J., Hutzell, P.A., Lusby, W.R., 1985-** Sterol composition of the corn cyst nematode, *Heterodera Zeae*, and corn, *J. Nematol.* Vol 17, pp.64-68.
 23. **Clement ,J. M., 1989-** Larousse agricole. Librairie, Paris, 874-879 p.
 24. **Coyne, D.L., Nicol, J.M., Claudius-Cole, B., 2010** - Les nématodes des plantes :Un guide pratique des techniques de terrain et de laboratoire. Ed. IITA, Nigeria,93 p.
 25. **Cutter, E.G., 1978-** Structure and development of potato plant. In: *The Potato Crop*.
 26. **DPAT., 2000** - Annuaire statistique 2007 de la wilaya d'El oued. Ed. Mini Fin. Direct. Budget, Alger ;192 p.
 27. **Dajoz, R., 1996** - Précis d'écologie. 7 -ème édition, Ed. Dunod, Paris, 615 p
 28. **Dajoz, R., 1971** – Précis d'écologie. Ed. Bordas. Paris. «434 p ».
 29. **Darpoux, R., Dubelley, M., 1967-** Les plantes sarclées. Edition. J.B. Baillière et fils France. Collection d'Enseignement Agricole. 307p.
 30. **Djebroune, A., 2013-** Contribution à l'étude de la bioécologie des nématodes à kystes (*Globodera* sp.) inféodés à la culture de la pomme de terre. Thèse Magister en Sciences Agronomiques, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El-Harrach, Alger. pp 29, 195 p.
 31. **Dore, T., Le Bail, M., Martin, P., Ney, B., Roger-Estrade, J., 2006-**l'agronomie aujourd'hui.' (Quae : Paris).
 32. **DSA., 2019-** (Direction du Service Agricole d'El Oued). Bilan statistiques 2018.
 33. **Elhai.,1968-** La végétation, la vie animale et les sols dans les montagnes. *Biogéographie*. Coll." U", A. Collin, 304, 333.

34. **Evans, K., Stone, A.R., 1977-** A review of the distribution and biology of the potato cyst-nematodes *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. Trop. Pest Manage. 23,178-189.
35. **Faurie, C., Ferra. C., Medori, P., Devaux. J., 1980-** Ecologie approche scientifique et pratique. Ed. Lavoisier. Paris. P «43 à 46 ».
36. **FAOSTAT., 2015-** Food and Agriculture Organisation, Annuaire statistique de la FAO.
37. **Ferraz, Lccb., Brown DJF., 2002.** An introduction to nematodes: plant nematology. Derek JF, Brown BA. Eds. 21p.
38. **Fundam. appl. Nematol., 1996-** Hybridations naturelles entre *Globodera rostochiensis* et *G. pallida*. Vol. 19, n° 5,pp 437-442.
39. **Georges, M., Michel, L.,1969-**les technique d'échantillonnage des peuplements de nématodes dans le sol chapitre VII,in probleme décoloogie :l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres.publ.sous la dir.de m .lamotte et F.Bourlière.-paris,Masson et cie,1969.
40. **Greco, N., Di Vito, M., Parisi, B., Ranalli ,P., Brandonisio, A., Catalano, F., 2007-** Resistance of new Italian potato breeding clones to cyst and root- knot nematodes. Nematol. medit., 35: 227-235.
41. **Grisson, C., 1983-** La pomme de terre caractéristiques et qualité alimentaire. Ed. CSTA, Rue de général Fay, 75008. Paris, 88p.
42. **Haverkorte, L., Moussaoui, R., 1994 -** L'irrigation de la culture de la pomme de terre. Ed. Centre de Recherche Agrobiologique, Pays Bas, 18p.
43. **Hawkes, J.G., 1990 -** The potato, Evolution, Biodiversity and genetic resources. London, Belhaven Press, 259p.
44. **Helisse, Y., 2007-**L'encyclopédie végétale de la région du souf. Edition El-Walid, El Oued,252p. (حليس يوسف، 2007. الموسوعة النباتية لمنطقة سوف. إنتاج الوليد للطباعة، الوادي)
45. **INPV., 2017-** Bulletin d'informations phytosanitaires n° 45, Mesures de lutte contre les nématodes de la pomme de terre de multiplication. 4 p.
46. **Isenmann,P ., Moli,A., 2000 -** Oiseaux d'Algérie. Ed. Buffon, Paris.
47. **ITCMI, 2012-** (Institut Technique Des Cultures Maraichères Et Industrielles). Carte variétale de la culture pomme de terre en Algérie.
48. **ITCMI, 2008-** (Institut Technique des Cultures Maraîchères et Industrielles).
49. **ITCMI., 2002-** Institut Technique des Cultures Maraîchères et Industrielles. La culture de pomme de Terre.
50. **Kowalski,K., Rzebik-Kowlaska, B., 1991 -** Mammals of Algeria. Ed Ossodineum, Wroclaw, 370 p

51. **Laumonier, R., 1979-** Les cultures légumières et maraîchères. Tome 2. Ed. J.B., Paris, Pp. 209-230.
52. **Le Berre, M., 1990** - Faune du Sahara. Mammifères. Ed. Rymond Chabaud, T. 2, Paris, 359 p.
53. **Le Berre, M., 1989** - Faune du Sahara « Poisson ; Amphibiens et Reptiles » tome I. Ed : Rymond Chabaud, T. 2, Paris, 359 p.
54. **Lownsbery, B.F., Lownsbery, J.W.. 1954-***Heterodera tabacum* new species, a parasite of Solanaceous plant in Connecticut. Proc Helminth Soc Wash. 21:42-47.
55. **Madec, P., 1966** - Croissance et tubérisation de la pomme de terre. Bull. soc. Fr. Physio. Veg. (12), PP.159- 173.
56. **Madec, P., Perennec., 1962-** Les relations entre l'induction de la tubérisation et la croissance chez la pomme de terre. Ann. Physio. Veg., pp 05-83.
57. **MADR., 2018-** Statistiques du Ministère de l'Agriculture et du développement rural.
58. **Moule, C., 1972-** Plantes sarclées et déverses. J-B. Ballière et Fils, Editeur, Paris. 246 p.
59. **Mugniery, D., 1975-** Importance des dégâts provoqués par les nématodes à kyste de la pomme de terre : *Globodera pallida* et *Globodera rostochienisis* (Wooll). Ext. Pro. Agro. France, pp. 636-644.
60. **Mugniery, D., 1996** - Nématodes. in: Rousselle P, Robert Y, Crosnier JC (eds) La pomme de terre. INRA Editions (Paris), pp 164-171
61. **Mugniery, D., Phillips, M., 2007** ; Sous presse. The nematodes parasites of potato. Dans: Potato biology and biotechnology. D.Vrengdenbil Eds. Elsevier B.V. publisher
62. **Mulvey, R.H., 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*. Can. J. Zool. 54, 772-785.
63. **Minnis, S.T., Haydock, P.P.J., Ibrahim, S.K., Grove, I.G., Evans, K., Russell, M.D., 2002-** Potato cyst nematodes in England and Wales - Occurrence and distribution. Ann. Appl. Biol. 140, 187-195.
64. **Marché, L., Valette, S., grenier, E., Mugniéry, D., 2001-** Intra-species DNA polymorphism in the tobacco cyst-nematode complex (*Globodrea tabacum*) using AFLP. Genome. 44 :941-946.
65. **Mosbahi, L., Naam, A., 1995** - Contribution à l'étude de la faune de la palmeraie du Souf et synthèse des travaux faunistiques effectués au Sud algérien. Mémoire Ing. Agro., Inst. nati. form. sup. agro. sah., Ouargla, 153 p.
66. **Nadjah, A., 1971** - Le Souf des oasis. Edition la maison du livre Alger, 174p.
67. **Nedjar, H., 2000-** Contribution à l'estimation des besoins en eau de la culture de la

- pomme de terre dans le périmètre de haut Chélif. Mém. Ing., Centre Universtaire de Khemis Miliana. 83 p.
68. **Neggaz, N., 1991** - L'influence de cinq doses d'azote sur la croissance et le rendement de la pomme de terre variété claustra. Thèse d'ingénieur de Chélif.
 69. **Orchard, W.R., 1965.** Occurence of the golden nematode on Vancouver Island, British Columbia. Can. Plant Dis. Surv. 45, 89-91.
 70. **ONRGM., 1999-** Office National de Recherche Géologique et Minière Ouargla.
 71. **Quezel ., Santa., 1963** - Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales (No. 581.965 Q8).
 72. **Rajinchapel, M. J., 1987-** la pomme de terre fait peau neuve. Biofutur, Pp. 25-33.
 73. **Rousselle, P., Rousselle, B., Ellisseche, D., 1992** - La pomme de terre in Amélioration des espèces végétales cultivées. Gallais A, Bammerot H.
 74. **Rice, S.L, Leadbeater, B.S.C., Stone, A.R 1985-** Changes in cell structure in roots of resistant potatoes parasitized by potato cystnematodes. 1. Potatoes with resistance gene H1 derived from *Solanum tuberosum* spp. andigena. Physiol Plant Pathol 27:219–234
 75. **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. 828p.
 76. **Rousselle, P., Robert, Y., Crosnier.J.C., 1996-** La pomme de terre production, Amélioration, Ennemis et maladies Utilisations,. INRA.ITCF.ITPT.Paris. 278p.
 77. **Richard, L., Sawyer., 1972-** Nématode à kyste de la pomme de terre, PP : 57-64in : la pomme de terre : bulletins d'information technique 1 à 19.
 78. **Seltzer, P., 1946.** Le climat de l'Algérie. Ed. Institut de météorologie et de physique du globe. Alger. 218 p.
 79. **Southey, J. F., Church, B. M., Gough, H. C., 1959** - Soil sampling procedures for potato root eelworm cysts. Plant pathology, 8(4), 146-151.
 80. **Stewart, P., 1969** – Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. Quelques réflexions. Bull. Doc. Hist. natu. agro. : 24 – 25.
 81. **Skarbilovich, T.S., 1959-** On the structure of the systematics of nematode, order Tylenchida Thorne, 1949. Acta Parasitologica Polonica 7, 117-132.
 82. **Soltner, D., 1979-**Les grandes productions végétales. Collection Scientifique des Technologies Agricoles. 16ème édition, 494p.
 83. **Soltner, D., 2005-** Les grandes productions végétales céréalières, plantes sarclées- prairies. 20èmeEd, collection sciences techniques agricoles.464p
 84. **Soltner ,D., 1999-** Les grandes productions végétales. Ed. CSTA (Collection Sciences

- et Technique agricoles), 20^{ème} édition, Angers, 472 p.
85. **Soltner, D., 1988-** Les grandes productions végétales. Collection Scientifique des Technologies Agricoles. 16^{ème} édition, 494p.
 86. **Stone, A.R., 1973-** *Heterodera pallida* and *Heterodera rostochiensis*. CIH Descriptions of Plant-parasitic Nematodes No. 16 and 17. CAB International, Wallingford, UK.
 87. **Schluter, K., 1976-** The potato cyst eelworm *Heterodera rostochiensis* Woll. in Morocco: its distribution and economic importance. Z.Pflanzenkr,Pflanzenschutz, pp 401- 406.
 88. **Schnieder, J., Mugniery, D., 1971-**Les nématodes parasites de la pomme de terre in Les nématodes des cultures. Ed .ACTA, Paris, pp.327-348.
 89. **Scholte, K., 2000.** Screening of non-tuber bearing Solanaceae for resistance to and induction of juvenile hatch of potato cyst nematodes and their potential for trap cropping. Annu Appl Biol 136:239-246.
 90. **Thiery, M., 1996-** Etude du polymorphisme biologique et moléculaire des nématodes à kyste des Solanacées. Thèse de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes. 116p.
 91. **Tria, M., Chehat, F., 2013-** typologie des producteurs de pomme de terre dans la région d'Ain defla les cahiers du CREAD n°103-2013.
 92. **Toutain. G., 1979 :** Eléments d'agronomie saharienne. De la recherche au développement. Edition la maison neuve, Paris, 276p.
 93. **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.
 94. **Turner, S.J., Fleming, C.C., Moreland, B.P., Martin, T.J.G., 2009-** Variation in hatch among pathotypes of the potato cyst nematodes, *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*, in response to potato root diffusate from solanum spp. I. preliminary assessments to establish optimal testing conditions. Nematology 11, 749-756.
 95. **Turner, S.J., Evans, K., 1998-** The origins, global distribution and biology of potato cyst nematodes (*Globodera rostochiensis* (Woll.) and *Globodera pallida* Stone). Dans Potato cyst nematodes biology, distribution and control, R.J. Marks et B.B. Brodie, éd. (Royaume Uni: CAB International), pp. 7-26.
 96. **Voisin, A.R., 2004-** Le Souf monographie, Edition El-Walid, El Oued Algérie. 319 p.74p.
 97. **Wollenweber, H.W., 1923-** Krankheiten und beschädigungen der kartoffeln. Abr Forschungsinst Kartoffelbau Heft. 7, Berlin, 56 p.
 98. **Yu, Q., Ye, W., Sun, F., Miller, S.,2010-** Characterization of *Globodera rostochiensis* (Tylenchida: Heteroderidae) associated with potato in Quebec, Canada. Can. J. Plant Pathol. 32, 264-271.

Sites internet consultés :

- **ACIA.,2019-** Agence Canadienne d'Inspection des Aliments (2012). Nématode à kystes pâles - *Globodera pallida* (online) , <http://www.inspection.gc.ca/vegetaux/phytoravageurs-especes-envahissantes/nematodes-autres/nematode-a-kystes-pales/fra/1337002354425/1337002587229>. (Page Consulté le : 28/03/2019).
- **Agronomie Info., 2019-** Economie de la pomme de terre. Disponible sur : <https://agronomie.info/fr/économie-de-la-pomme-de-terre/> (Page consulté le : 31/03/2019).
- **CABO/EPPO., 2019-** Data Sheets on Quarantine Pests: *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*, Bulletin de l'Alliance Globodera, Décembre 2018, numéro7; (online) <https://www.globodera.org/sites/default/files/newsletters/Globodera%20Alliance%20Issue%207%20French%20December%202018.pdf>; (Page consulté le: 26/05/2019).
- **Eloued_Souf., 2009-** Géographie du Souf Disponible sur : <http://alouadesouf.canalblog.com/archives/2009/01/21/12608030.html> (Page consulté le :20/03/2019).
- **Flickr.,2019-**<https://www.flickr.com/photos/141760766@N08/28529191834> (Page consulté le :24/04/2019).
- **Google Earth.,2019-**(Page consulté le :27/05/2019).
- **julius-kuehn.de.,2019-** Weibchen des Kartoffelzystennematoden (*Globodera pallida*) ((c) James Mwangi/JKI) (© James Mwangi/JKI) <https://www.julius-kuehn.de/pflanzenschutz/phytonematologie/> (Page consulté le :24/04/2019).
- **julius-kuehn.de.,2019-***Globodera pallida*: Eier und J2-Larve (100x) ((c) Claudia Aukamp-Timmreck/JKI) (© Claudia Aukamp-Timmreck/JKI) <https://www.julius-kuehn.de/pflanzenschutz/phytonematologie> (Page consulté le :24/04/2019).
- **idahopcn.wordpress.,2019-** UI Pale Cyst Nematode Project <https://idahopcn.wordpress.com/photos/> (Page consulté le : 24/04/2019).
- **Mindenpictures.,2019-** Potato Cyst Eelworm, https://www.mindenpictures.com/search/preview/pale-or-yellow-potatocyst-nematode-heterodera-pallida-cysts-on-a-young/0_80114261.html (Page consulté le :24/04/2019).
- **Tutiempo., 2019-** Base de donner climatique. Disponible sur : <http://fr.tutiempo.net/climat/ws-605300.html> (Page consulté le : 04/04/2019).

Annexes

Annexe :01

Fiche d'enquête sur les nématodes à kystes Globodera
de la culture de pomme de terre

Date :

Enquête n° :

1. Identification de l'exploitation :

- Wilaya : Commune : Région
- Superficie totale de l'exploitation :
- Type de l'exploitation :
- Etes-vous : propriétaires ☐ locataire ☐

2. Niveau de technicité de Gérant :

- Pas de formation ☐
- Agriculteur qualifié ☐
- Technicien ☐
- Ingénieur Agronome ☐
- Avez-vous des ouvriers spécialisés dans la culture de pomme de terre ?
Oui ☐ Non ☐

3. Quelles sont vos principales cultures ?

.....

- Quelle est la surface réservée pour la pomme de terre de cette campagne ☐
- A-t-elle augmenté ☐ diminuée ☐ stagnée ? ☐
- Pourquoi ?
- Pratiquez-vous les analyses du sol avant la plantation ? Oui ☐ Non ☐
- Quel type de labour ? Labour profond ☐ Labour Superficiel ☐
- Quel matériel utilisez-vous ? charrue à disques ☐ Charrue à socs ☐
- Quelles sont les variétés que vous cultivez ?
Bartina ☐ Spunta ☐ Kondor ☐ Fabula ☐ Autre ☐
- Quel est l'origine de votre semences:.....
- Quel type de plantation pratiquez-vous ? Manuel ☐ Mécanique ☐
- Plantez-vous : Saison ☐ Arrière-Saison ☐

- A quelle date vous avez planté votre culture ?
.....

4. La plantation est-elle exploitée en rotation ?

Oui ☐ Non ☐

- Quel type de rotation pratiquez-vous ?
- Avec quelle culture ?
- Fréquence de retour de la PDT dans la rotation ☐

5. Utilisez-vous la fumure organique sur vos terres ?

Oui ☐ Non ☐

- Quel type de fumure organique utilisée ?

Volaille ☐ Bovin ☐ Ovin ☐

- Est-ce que vous avez utilisé les fumures minérales ? Oui ☐ Non ☐

- NPK ☐ Qx/ha
- Urée ☐ Qx/ha
- MAP ☐ Qx/ha
- Potasse ☐ Qx/ha

6. L'irrigation :

- Mode d'irrigation : Pivot ☐ localisé ☐

- A Quelle fréquence irriguées vous la pomme de terre ?

7. Pratiquez-vous le désherbage ?

Oui ☐ Non ☐

- Le quel ?

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

Fongiques ☐ Insectes ravageurs. ☐ Acariens. ☐ Nématodes ☐

Autres ☐

9. Origine des connaissances des dégâts sur cultures ?

Agent de vulgarisation. ☐ Instituts techniques ☐ Votre entourage (agriculteur voisin) ☐

Autres (à préciser). ☐

10. Lutte contre ces maladies et insectes (ravageurs).

Oui ☐ Non ☐

- Quand ?
.....

- S'agit-il de traitement préventif ou curatif ?

- Combien de fois traitez-vous ?

.....

- Produits utilisés :

11. Connaissance des nématodes à kystes :

- Connaissez-vous les Nématodes à kystes ? Oui ☐ Non ☐
- Comment vous les appelez ?
- En arabe.....
- En Dialecte local (Derdja).....
- Quelle est leur forme ?
- Quelle est leur couleur ?.....
- Quels sont les symptômes de ces nématodes ?
- Sur feuilles
- Sur racines

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

- Qui a fait l'analyse ?.....
- Quant ?.....
- Résultat de l'analyse Positif ☐ Négatif ☐

13. Traitements utilisés contre les nématodes :

-Lutte préventive

Rotation culturale ☐ Monoculture ☐ Polyculture ☐ Jachère ☐
Labour d'été ☐

- Désinfection du sol avant culture Oui ☐ Non ☐
- Nématicide utilisé :
- Nom commercial :
- Matière active :
- Dose :
- Mode d'application :
- Plante nématicide : Oui ☐ Non ☐
- Biofumigation : Oui ☐ Non ☐
- Traitement du sol en cours de culture Oui ☐ Non ☐
- Produit utilisé :
- Nom commercial.....

- Matière active. Dose

Annexe 02 : Paramètres étudiés par zones :

Zones Paramètres étudiés		Reguiba	Hassi Khalifa	Trifaoui	Ourmes	Taghzout
Superficie totale de l'exploitation (ha)	Superficie	230,4	239,4	335,25	191,15	142
Niveau de technicité de Gérant	Pas de formation	12	14	15	12	19
	Agriculteur qualifié	3	4	2	5	3
	Technicien	2	2	2	1	0
	Ingénieur Agronome	1	1	1	1	0
La surface réservée pour la pomme de terre de cette campagne	Superficie	180,35	147,65	242,5	164	125,5
Variétés cultivée	Variétés à peau rouge	6	11	10	8	9
	Variétés à peau blanche	8	11	11	16	10
	Spunta	5	10	6	13	8
	Bartina	4	6	3	7	5
	Kondor	2	5	7	1	4
	Fabula	1	0	3	2	2
	Autre	2	1	2	1	0
Contrôle de semences	Contrôle de semences	12	14	12	16	9
Culture	Saison	0	0	0	0	0
	Arrière-Saison	9	7	10	9	7
	Saison + Arrière-Saison	11	13	10	11	13

Rotation	Oui	8	6	4	5	3
	Non	12	13	18	14	17
Jachère	Jachère	16	8	12	14	24
L'irrigation	Pivot	19	19	20	19	19
	Localisé	1	1	0	1	1
Connaissance des nématodes à kystes	Oui	1	7	3	2	5
	Non	12	20	19	13	18
Parcelles touchées par les nématodes	Oui	7	8	8	8	7
	Non	13	12	12	12	13
Analyse nématologique	Oui	0	0	0	0	0
	Non	20	20	20	20	20
Désinfection du sol	Oui	1	4	2	0	2
	Non	19	16	18	20	18
Elimination des déchets	Bruler	4	3	6	8	1
	Jeter	21	16	9	14	18
Désinfection du matériel	Oui	3	4	2	2	0
	Non	17	16	18	18	20

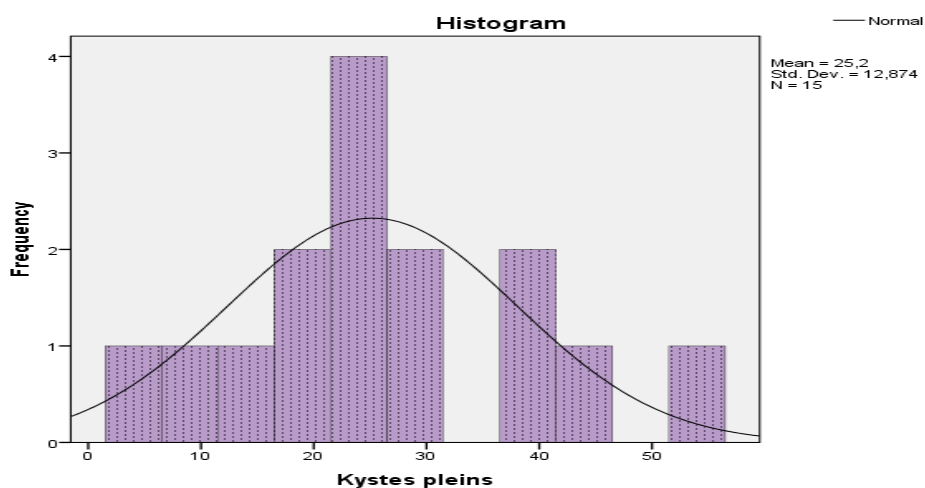
Annexe 03 : Résultats portant sur l'analyse nématologique :

Communes	Parcelle	Kystes plaints	Kystes vides	Totale
Hassi Khalifa	P1	20	8	28
	P2	22	10	32
	P3	22	8	30
Trifaoui	P1	17	5	22
	P2	38	9	47
	P3	42	11	53
Reguiba	P1	24	5	29
	P2	13	4	17
	P3	8	6	14
Ourmes	P1	27	7	34
	P2	25	9	34
	P3	37	8	45
Taghzout	P1	27	15	42
	P2	52	8	60
	P3	4	5	9

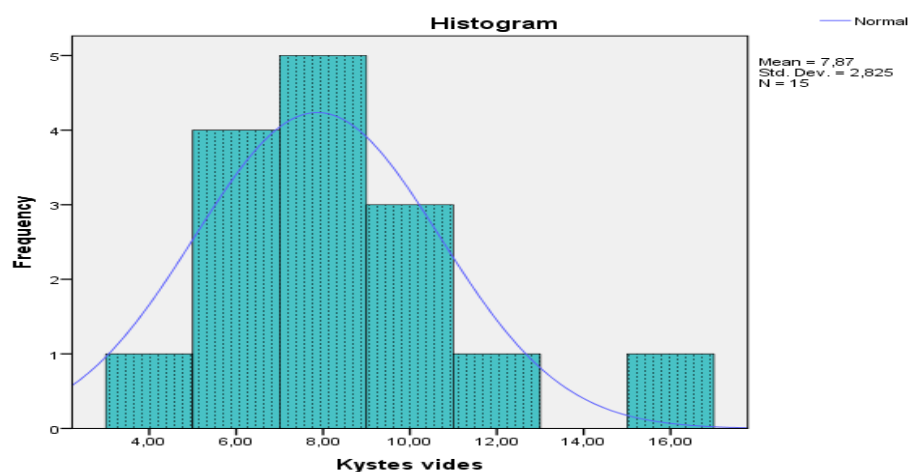
Annexe 04 : Test de normalité (Shapiro-Wilk) :

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Kystes pleins	,178	15	,200*	,971	15	,875
Kystes vides	,148	15	,200*	,920	15	,196
Kyste totaux	,141	15	,200*	,980	15	,971
*. This is a lower bound of the true significance.						
a. Lilliefors Significance Correction						

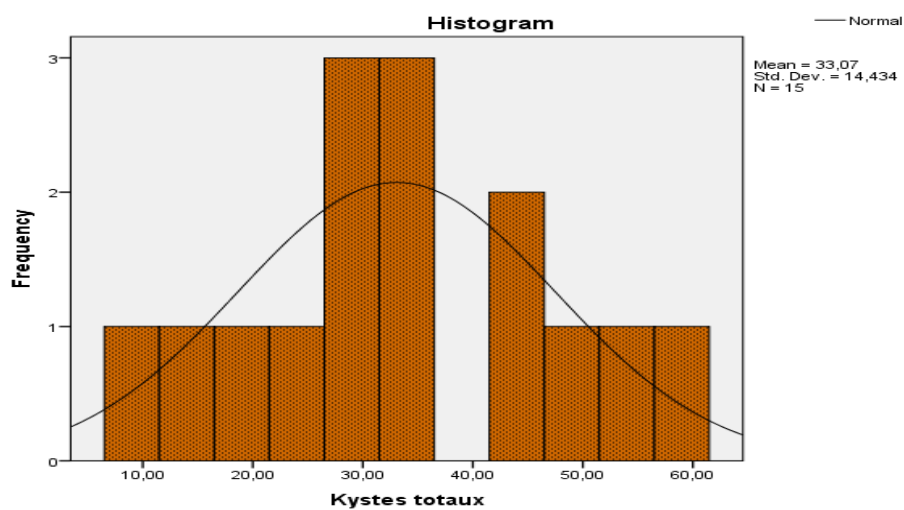
Annexe 05: Kystes pleins



Annexe 06 : Kystes vides



Annexe 07 : Kystes totaux



Annexe 08 : Test Anova kystes pleins :

ANOVA					
Kystes pleins					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	587,733	4	146,933	,848	,526
Within Groups	1732,667	10	173,267		
Total	2320,400	14			

Annexe 09 : Test Anova kystes vides :

ANOVA					
Kystes vides					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	33,733	4	8,433	1,081	,416
Within Groups	78,000	10	7,800		
Total	111,733	14			

Annexe 10 : Test Anova kystes totaux :

ANOVA					
Kyste totaux					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	823,600	4	205,900	,984	,459
Within Groups	2093,333	10	209,333		
Total	2916,933	14			

Résumé :

La présente étude vise de mettre en évidence la présence et la distribution des nématodes à kystes de pomme de terre (*Globodera*), en étudiant et en analysant les différentes pratiques culturales des agriculteurs. A cette fin, une enquête sur le terrain a été menée auprès de 100 agriculteurs répartis dans les cinq premières régions productrices de pommes de terre de la wilaya d'El Oued (Hassi Khalifa, Trifaoui, Reguiba, Ourmes, Taghzout), dont on a rempli un questionnaire individuel. Nous avons également sélectionné 15 échantillons de sol à partir des différentes stations agricoles afin de réaliser des analyses de laboratoire. Les résultats de l'étude ont affirmé la présence de ces nématodes dans tous les échantillons sélectionnés. En revanche, le traitement de donné a montré que 38% des exploitations étaient infectées. Quoique, les principales causes contribuant à la pullulation de nématode sont entre autres, le faible niveau de formation des agriculteurs, le manque de conseils et de campagnes de sensibilisation agricoles, les pratiques agricoles aléatoires et à l'absence de cycles agricoles appropriés, à l'acquisition de semences de sources peu fiables.

Mots clé : Pomme de terre, enquête, nématode à kyste (*Globodera*), analyse nématologique , El Oued.

Abstract:

The aim of this work is to highlight the presence and spread of potato nematodes by studying and analyzing the agricultural practices and applications of farmers. For this purpose, field survey were conducted for 100 farmers distributed through the first five regions in the potato production of El Oued province (Hassi Khalifa, Tarifaoui, Reguiba, Ourmes, Taghzout) and fill out an individual questionnaire. We also selected 15 soil samples for different agricultural stations to conduct laboratory analysis. The results of the study showed the presence of these nematodes in all selected samples. On the other hand, treatment of results showed that 38% of farms were affected. The most important reasons contributing to the spread are the low level of farmers ' training, the lack of agricultural guidance and awareness campaigns, random agricultural practices and the absence of appropriate agricultural cycles, the acquisition of seeds from unreliable sources.

Key words: Potato, Survey, Nematoda (*Globodera*), Nématological analysis, El Oued.

ملخص

ان الهدف من هذا العمل هو تسليط الضوء حول تواجد وانتشار نيماتودا البطاطس الحويصلية (غلوبوديرا)، وذلك من خلال دراسة وتحليل الممارسات والتطبيقات الزراعية للفلاحين، لهذا الغرض تم اجراء مقابلات ميدانية لعينة شملت 100 مزارع موزعة عبر خمس مناطق الاولى في انتاج محصول البطاطس لولاية الوادي (حاسي خليفة، الطريفواي، الرقية، ورماس، تغزوت) وملأ استبيان فردي، كما قمنا باختيار 15 عينة تربة لختلف المحطات الزراعية لإجراء التحليل المخبري. اظهرت النتائج، الإصابة بهذه الآفة لجميع العينات المختارة، في المقابل بينت الدراسة إصابة 38 % من المجموع الكلي للمستغمرات. وتعد أهم الأسباب التي ساهمت في العدوى والانتشار الى: نقص تكوين المزارعين، نقص الإرشاد الفلاحي والحملات التحسيسية، الممارسات الزراعية عشوائية وغياب دورات زراعية ملائمة، اقتناء بذور من مصادر غير موثوقة.

الكلمات الدلالية: البطاطس، استبيان، النيماتودا الحويصلية (غلوبوديرا)، تحليل نيماتولوجية، الوادي.